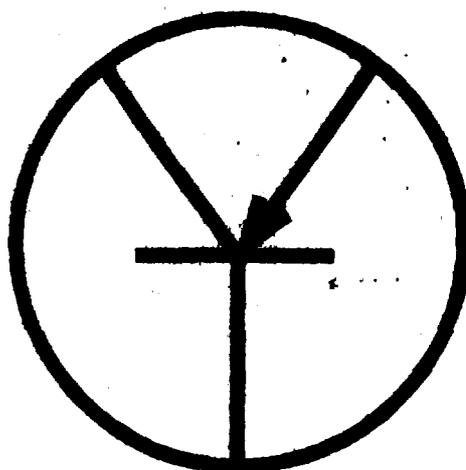


1N1S-02-043



UZ9700811 - 855

ЎЗБЕКИСТОН ФИЗИКА ЖАМИЯТИ
МИРЗО УЛУҒБЕК НОМЛИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
УНИВЕРСИТЕТИ



Ярим ўтказгичлар ва диэлектриклар физикаси
кафедрасининг 25 йиллигига бағишланган
“ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛАР ВА ДИЭЛЕКТРИКЛАР
ФИЗИКАСИНИНГ ҲОЗИРГИ ЗАМОН
МУАММОЛАРИ “
номли Халқаро илмий анжуман тезислари.
(20 - 22 декабрь)

27

Тошкент - 1995 йил.

□ 29-04

**We regret that
some of the pages
in this report may
not be up to the
proper legibility
standards, even
though the best
possible copy was
used for scanning**

УМ - 44
6/12
09.01.96и

**“ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛАР ВА ДИЭЛЕКТРИКЛАР
ФИЗИКАСИНИНГ ҲОЗИРГИ ЗАМОН МУАММОЛАРИ “**

Ҳалқаро илмий анжумани.

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ.

1. ЗАЙНОВИДИНОВ С.З. - раис, Ўзбекистон Физика жамияти президенти
ф.м.ф.д., профессор.
2. МУМИНОВ Р.А. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси,
3. ЮНУСОВ М.С. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси,
4. ТЕЩАБОВ А.Т. - ф.м.ф.н., профессор
5. ВЛАСОВ С.И. - ф.м.ф.д., профессор
6. АКРОМОВ Х.Т. - ф.м.ф.н., доцент
7. САИДХАНОВ О.С. - ф.м.ф.н., доцент
8. ЗАУГОЛЬНИҚОВА В.Г. - ф.м.ф.н., доцент
9. ТУЛАНОВ В. - ф.м.ф.н., доцент
10. ДАЛИЕВ Х.С. - ф.м.ф.н., доцент
11. ТУРАЕВ А.Р. - ф.м.ф.н., доцент
12. НАЗИРОВ Д.Э. - ф.м.ф.н., доцент
13. НОСИРОВ А.А. - ф.м.ф.н., доцент
14. МАМАТКАРИМОВ О.О. - ф.м.ф.н., доцент

ДАСТУРИЙ ҚЎМИТА.

1. САИДОВ М.С. - академик, - раис
2. ХАВИБУЛЛАВВ П.К. - академик, - аъзо
3. ЖУРАВВ Т.Ж. - академик, - аъзо
4. РАСУЛОВ У.Х. - академик, - аъзо
5. АШУРОВ М.Х. - академик, - аъзо
6. ЗАХАРЧЕНЯ Б.П. - РФА академиги, - аъзо
7. МУСАХАНОВ М.М. - академик, - аъзо
8. ГУЛОМОВ Қ.Ғ. - академик, - аъзо
9. ДАЛИМОВ Т.Н. - академик, - аъзо
10. МЎМИНОВ Т.М. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси - аъзо
11. ЮЛДАШЕВ В.С. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси - аъзо

ТАШКИЛИЙ ҚЎМИТА.

1. ЗАЙНОВИДИНОВ С.З. - ф.м.ф.д., профессор, - раис
2. МЎМИНОВ Р.А. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси, раис муовини - аъзо
3. ВЛАСОВ С.И. - ф.м.ф.д., профессор раис муовини - аъзо
4. МАМАТКАРИМОВ О.О. - ф.м.ф.н., доцент, илмий котиб - аъзо
5. ЮНУСОВ М.С. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси, - аъзо
6. МАМАДАЛИМОВ А.Т. - Ўз.ФА муҳбир аъзоси, - аъзо
7. ТИШАВОВЕВ А.Т. - ф.м.ф.н., профессор, - аъзо
8. ВАХАДЫРЖАНОВ М. - ф.м.ф.д., профессор, - аъзо
9. АБДУРАХМАНОВ К.П. - ф.м.ф.д., профессор - аъзо
10. ОТАЖОНОВ Ш.О. - ф.м.ф.д., профессор - аъзо
11. АБДУРАХМОНОВ У. - ф.м.ф.д., профессор, - аъзо
12. РАХИМОВ Н. - ф.м.ф.д., профессор, - аъзо
13. МИРЗАМАХМУДОВ Т. - ф.м.ф.д., профессор - аъзо
14. ЮНУСОВ А.Х. - ф.м.ф.н., доцент. - аъзо
15. ТАТВОСОВ В.Ғ. "Фотон" ИИЧБ бош директори - аъзо
16. ДАЛИЕВ Х.С. - ф.м.ф.н., доцент - аъзо

О Г Л А В Л Е Н И Е

I	-СЕКЦИЯ "ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ "	. . . . . 4.
II	-СЕКЦИЯ "СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ "	. . . . . 39.
III	-СЕКЦИЯ "ПРИМЕСИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ "	. . . . . 65
IV	-СЕКЦИЯ "ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ "	. . . . . 96
V	-СЕКЦИЯ "РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ И ДИЭЛЕКТРИКАХ "	. . . . . 121
VI	-СЕКЦИЯ "ПРИБОРЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ "	. . . 146.

Кафедра физики полупроводников и диэлектриков за 25 лет

А. Тешабаев, С. Зайнабидинов

Создание и развитие электронной промышленности в Узбекистане к началу 60 годов выдвинуло задачу подготовки специалистов в этом направлении. Выполнение этой ответственной и важной задачи ваяло на себя САГУ. В 1960 году на базе кафедры теоретической физики под руководством проф. Г. М. Авакьянца была организована проблемная лаборатория полупроводников и начата подготовка специалистов по физике полупроводников и полупроводниковых приборов. В 1960-70 годах были проведены теоретические и экспериментальные исследования: реактивных свойств полупроводниковых приборов (Г. М. Авакьянц, В. И. Мурыгин, П. М. Карагеоргий-Алкилаев, Е. Г. Заугольяникова), особенностей прохождения сильных токов в полупроводниковых приборах (А. Тешабаев, Б. А. Атакулов, А. В. Кровский, А. С. Сандлер) условия возникновения отрицательного дифференциального сопротивления (Г. М. Авакьянц, В. А. Сабликов, А. В. Павликов), проблемы создания переключателей СВЧ мощности на р-и-п структурах (А. Тешабаев, Р. Маматкулов, С. Е. Кумеков, Г. Дадамирзаев), получение компенсированных полупроводников и создание фотопреобразователей (М. К. Бахадирханов, Х. Т. Акрамов), органических полупроводников (М. А. Магруппов, И. Гафуров и др.)

Успехи научно-исследовательских работ и подготовки специалистов явились основой организации в 1970 году кафедры физики полупроводников и диэлектриков. Организатором и первым заведующим кафедрой был А. Тешабаев. В период 1970-80 годов были созданы учебные планы и программы спец. курсов, организованы учебные лаборатории, открыта аспирантура, укреплены связи с учебными и научными центрами России, Украины, Прибалтики.

За этот период подготовлено около 500 специалистов и 20 выпускников аспирантуры, соискатели защитили кандидатские диссертации. Продолжены научные исследования по важным направлениям: проблема глубоководных примесей в полупроводниках (А. Тешабаев, М. К. Бахадирханов, К. П. Абдурахманов, С. Зайнабидинов, Т. С. Камиллов), фотоэлектрические явления и преобразование солнечной энергии (Х. Т. Акрамов, О. Саидхонов, Б. Юлдашев, Т. Ро-

зиков), физические процессы в многослойных структурах (С. И. Власов, Т. Умаров, Ш. Мирахмедов), физические свойства диэлектрических материалов (Е. Г. Заугольников, Ш. Ибрагимов, А. Ногай).

На базе кафедры и проблемной лаборатории выполнялись хозяйственные НИР, имеющие важные народнохозяйственные значения в объеме несколько сот тысяч рублей в год. Преподаватели и сотрудники кафедры участвовали во многих международных совещаниях, конференциях с докладами. В 1980 году успешно проведена II Всесоюзное совещание по проблеме "Глубокие уровни в полупроводниках".

В начале 1981 года заведующим кафедрой избран Зайнабидинов С.З. В связи с организацией НИИ Прикладной физики в 1980 году проблемная лаборатория полупроводников передана в состав этого института. НИР на кафедре продолжалось на основе хозяйственных и договоров о сотрудничестве. Были организованы научные исследования по направлению: исследование остаточных эффектов влияния внешних воздействий в полупроводниках, полупроводниковых приборах и диэлектриках (рук. С. Зайнабидинов). В период 1981-1985 гг. сотрудниками кафедры были получены важные результаты, имеющие большое научное и практическое значение. В том числе: была разработана технология получения компенсированного кремния и исследованы поведение ряда глубоководных примесей в кремнии, предложены ряд технологических способов получения компенсированного кремния с принципиально новыми свойствами, определены механизмы физических процессов, обеспечивающие уникальных особенностей компенсированного кремния (термическая и радиационная стойкость параметров, высокая фото термо- и тензочувствительность, ИК и температурное гашение ФД) (С. Зайнабидинов, А. Тешабаев, Х. Далиев, А. Абдураимов, Г. К. Азимов, А. Саидханов, А. Р. Тураев, Б. Маматкулов, О. Маматкаримов, О. Хаматкулов, В. Туланов, М. Ахмадхайхов, Д. Назиров, Т. Назаров). Исследования физических процессов в многослойных структурах позволили выявить важные характеристик этих изделий при внешних воздействиях, установить технологические условия оптимизации их параметров (С. И. Власов, Х. Т. Акрамов, И. Н. Каримов, А. А. Насиров, О. М. Мазинов, П. Парчинский, Г. Халиков). Разработана технология получения и исследованы свойства керамических диэлектрических материалов на основе ванاداتов редкоземельных элементов (Заугольникова

Б. Г., Ш. Ибрагимов, Н. Мавланов, В. Сафина, А. Ногай). На основе полученных результатов опубликованы более 200 научных работ, 3 монографии, получены более 30 авторских свидетельств, 1 патент. В конкурсе НИР молодых ученых республики И. Каримов, А. Носиров, Г. Халиков стали призерами (1984 г.), О. Маматкаримов, И. Г. Турсунов, Р. Хамидов удостоены премии Союза молодежи Узбекистана (1985 г.) С. Зайнабидинов стал лауреатом Государственной премии им. А. Р. Беруни (1992 г.), аспирант Х. Х. Каримбердиев удостоен стипендии Президента Республики Узбекистан.

За этот период кафедра стала учебно-методическим центром республики по разработке учебных программ и учебно-методической литературы по специальности физика полупроводников и диэлектриков. Изданы более 20 учебников и учебных пособий оказывается методическая помощь вновь организованным университетам, организованы филиалы кафедры при НИУ "Физико-Солнце" Ю "Зенит", ИЯФ, НИУ "Фотон". В процесс подготовки специалистов и кадров высокой квалификации привлекаются ведущие ученые и специалисты АН и производственных предприятий республики, других стран: академики Саидов М. С., Хабибуллаев П. К., Рискиев Т. Т., чл.-корр. Муминов Р. А., Мамадалимов А. Т., Юнусов М. С., доктор наук Муратов А. Ф., Разинов Т. М., Салихов Т. П., Фистуль В. И., Котов Б. А., Лебедев А. А. и др.

В 1981-1995 годы защищены 5 докторских (М. К. Бахадирханов, С. Зайнабидинов, О. Власов, Э. Имамов, И. Каримов) и 15 кандидатских диссертаций. В настоящее время обучаются 4 докторанта и 10 аспирантов и старей-исследователей.

За истекшие 15 лет кафедрой подготовлено более 600 специалистов по физике полупроводников и диэлектриков и твердотельной микроэлектронике. Из них 28 получили диплом с отличием. В настоящее время студенты Абдукаримова Д., Тургунов Н. - лауреаты Республиканской стипендии им. Улугбека, Акбаров Ш. - им. А. Абдуравакова, Давлетова А. - им. С. Азимова. Среди выпускников кафедры около 20 докторов и более 100 кандидатов наук.

Все эти специалисты и высококвалифицированные кадры трудятся в различных отраслях народного хозяйства и вносят достойный вклад в развитие независимой республики Узбекистан.

І - С Е К Ц И Я

" ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И
ДИЭЛЕКТРИКОВ "

КАЧЕСТВЕННО НОВАЯ ОЦЕНКА СОВЕРШЕНСТВА ИСХОДНОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО МАТЕРИАЛА

Р. А. Муминов

НИО "Эмика - Солнце" АН РУз
ул. Мавлянова 2^б, 700084, Ташкент, Узбекистан

Фундаментальные и прикладные исследования, проводимые нами по оценке совершенства реальной кристаллической структуры кремния положили начало совершенно новому нетрадиционному пониманию роли флуктуации локальной концентрации дефектов кристаллической решетки в формировании эксплуатационных характеристик полупроводниковых приборов. В результате комплексных исследований в этом направлении установлена ранее неизвестная физическая природа и свойства локальных неоднородностей в объеме полупроводникового кристалла, созданы новые диагностические методы отбора и контроля исходного материала для обеспечения полупроводниковых приборов с заданными параметрами. Выявлены и объяснены новые физические явления в слаболегированном (высокоомном) кремнии, связанные с особенностями взаимосвязи свойств объемных и поверхностных электронных состояний. Установлена физическая природа локальных неоднородностей в объеме, на поверхности, границе раздела диэлектрик-полупроводник, вызывающие термополяризационные эффекты неустойчивости и межфазной поляризации, показаны технологические методы устранения этих явлений.

Впервые предложено и реализовано комплексное исследование отклика полупроводниковых материалов и приборов (детекторы ядерного излучения, солнечные элементы, поверхностно-барьерные и металл-диэлектрик-полупроводник структуры) на внешние воздействия: световое, неоднородное сильное импульсное магнитное поле, ультразвуковые волны. Результатом исследований явлений, возникающих в полупроводниках в этих условиях явились разработки новых способов проведения кинотемпературного процесса диффузии и отжига, способов устранения дефектов в полупроводниках и ускорения процессов ионной диффузии, способов улучшения спектротрических характеристик детекторов и энергетических параметров солнечных элементов.



ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗЦОВ $Si \langle Gd, Ni \rangle$.

С.З.Зайнабидинов, Абдураимов А., О.О.Маметкаримов
И.Г.Турсунов, Б.А. Мамадалиев, А.Т.Тешабоев
Ташкентский государственный университет

При рассмотрении тензопроводимости образцов $Si \langle Gd, Ni \rangle$ при импульсных воздействиях всестороннего гидростатического давления (ВГД) было показано, что проявление стимулированного давления связанное с этим, изменение температуры приводит к дополнительному изменению тензопроводимости.

В данной работе приводится исследование тензопроводимости компенсированных образцов $Si \langle Gd, Ni \rangle$ с $\rho = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Ом.см}$ в режимах импульсного воздействия ВГД.

Для характеристики динамических изменений проводимости в образцах $Si \langle Gd, Ni \rangle$ при импульсных воздействиях ВГД, можно ввести понятие коэффициента динамического тензочувствительности (ДТЧ) S_D , который с учетом скорости изменения давления P и температуры T можно представить в виде [1] :

$$S_D = \frac{\Delta \sigma}{\Delta P(t)} \exp \left[-\frac{E_i}{k} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + \Delta P / kT \right] \quad (1)$$

Расчеты производились по формуле (1) согласно экспериментальным результатам максимальных значениях I_{max} изменения тока $I = f(t)$ при импульсных воздействиях ВГД с амплитудой $P = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}$ при начальных температурах рабочей области $T_0 = 273 \text{ К}$. Из результатов видно, что в образцах $Si \langle Gd, Ni \rangle$ при $T_0 = 273 \text{ К}$, значения монотонно возрастают с ростом скорости импульсов ВГД, но при значениях скорости $\partial P / \partial t \approx 10^9 \text{ Па/с}$ в этой зависимости наблюдается плато т.е. ДТЧ уже не зависит от скорости изменения импульса давления. Наблюдаемое плато возможно связано с полной ионизацией атомов Ni в Si . Ис физических особенностей наблюдаемой ДТЧ в образцах $Si \langle Gd, Ni \rangle$ следует, что она связана в основном, с тепловым эффектом, стимулированного импульсным воздействием ВГД.



UZ9700814

7

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕМНЕВЫХ
МДП СТРУКТУР С ДИЭЛЕКТРИКОМ НА ОСНОВЕ
СВИНЦОВО-БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ**

**Насиров А. А., Олматов Б. А., Адилов Т. П.,
Ташкентский госуниверситет, г. Ташкент**

Свинцово-боросиликатные стекла широко применяются в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем в качестве изолирующих и пассивирующих покрытий. Высокая электрическая прочность, хорошие диэлектрические свойства и относительно низкая температура формирования таких стекол позволили использовать их в качестве подзатворного диэлектрика в структурах металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) и приборах на их основе.

В настоящей работе приводятся результаты исследований электрофизических свойств МДП структур типа $Al/SiO_2-PbO-B_2O_3-Al_2O_3/n-Si$. Основным методом исследования являлся высокочастотный (150 кГц) вольтемкостной метод. Статические C-V-характеристики измерялись в темноте, при комнатной температуре.

Измерения C-V-характеристик исследуемых МДП структур и применение теории ВЧ C-V-метода позволили:

- определить возможность применения ВЧ C-V-методики к данным структурам;
- выявить гистерезис C-V-характеристик и объяснить причину этого явления;
- определить значение плотности поверхностных состояний (N_{ss}) на границе раздела Si-стекло;
- построить распределение N_{ss} по ширине запрещенной зоны Si, которое имеет типичный U-образный вид;
- определить величину встроенного в стекло заряда;
- обнаружить наличие отрицательного заряда в слое диэлектрика и рассчитать его величину.

Исследование токов ограниченных
пространственным зарядом в гетеро- и варизонных
 $n^+(a-Si:H)-i(a-Si_{1-x}Ge_x:H)-n^+Si:H$ структурах

Ш.Н. Усмонов, Р.Р. Кабулов
ФТИ, НПО "Физика-Солнце" АН РУз, Ташкент

Исследование методом токов ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ) является одним из наиболее распространенных методов исследования широкозонных полупроводников, который дает сведения о локальных уровнях в запрещенной зоне.

В настоящей работе исследован токоперенос и симметричных гетеропереходных $n^+(a-Si:H)-i(a-Si_{1-x}Ge_x:H)-n^+(a-Si:H)$ структурах с $E_g(Si_{1-x}Ge_x:H, x=0,57)=1,35$ эВ и в структуре с варизонным $i(a-Si_{1-x}Ge_x:H)$ слоем в $n^+(a-Si:H)-i(a-Si_{1-x}Ge_x:H)-n^+(a-Si:H)$ структуре, где E_g слой меняется от $E_g(a-Si:H)=1,75$ эВ до $E_g(a-Si_{1-x}Ge_x:H)=1,35$ эВ. $n^+(a-Si:H)$ - слой, толщиной 300Å, создавался разложением в ВЧ-поле глещего разряда смеси газов $SiH_4 + PH_3$; $i(a-Si_{1-x}Ge_x:H)$ выращивался разложением смеси $SiH_4 + GeH_4$. Варизонный слой создавался путем изменения газового состава постепенным введением моносилена в исходную газовую смесь $SiH_4 + GeH_4$. Варизонный слой n^+i-n^+ структуре создает внутреннее встроенное поле $E_{стр} = \Delta E_g / (q \cdot \Delta x)$.

В [1] установлено, что в результате изменения x в $a-Si_{1-x}Ge_x:H$ в0/изменения в E_g приходится на зону проводимости $= 0,8 \cdot \Delta E_g$. В варизонных структурах изменение $= 0,4$ эВ. В варизонной n^+i-n^+ структуре возникает внутренний встроенный энергетический потенциал для электронов $E_{стр} = 0,32$ эВ. Дополнительное увеличение электрического поля, за счет $E_{стр}$, в варизонных слоях, приводит к увеличению ТОПЗ. Оно соответствует более крутому росту инкаптивированного тока в варизонной структуре по сравнению с неваризонной при 0,15 В. В области напряжений $V > 0,5-1,0$ В зависимость $J \sim V^m$ для всех n^+i-n^+ структур выполняется, так для симметричной структуры $m = 2,8$, для варизонной при прямом смещении $m = 3,6$ и при обратном $m = 1,3$.

[1]. Wronski C.R., et al. Appl. Phys. Lett. 49 (1985) 519.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЫРОЧНОГО ПЕРЕНОСА В α -Si:H

Голикова О.А., Бобохужаев У.С.

Наманганский Госуниверситет, г. Наманган

Данных о дырочного переноса в α -Si:H значительно меньше, чем о переносе электронов: в большинстве случаев $(\mu\tau)_p < (\mu\tau)_n$ и поэтому из обычных экспериментов по фото и темновой проводимости и из ВАХ недегированного α -Si:H получают информацию лишь о переносе электронов. В настоящей работе перенос дырок и зависимости дисперсионного параметра α от температуры исследован методом видикона. При этом ставилась задача получения информации о распределении плотности состояний $g(\epsilon)$ в цели подвижности μ и о дисперсионного параметра α . Для получения информации были использованы экспериментальные результаты полученные в работах [1,2].

Фототок видикона является исключительно дырочным, поэтому исследуя фото ВАХ видикона можно получить информация о дырок. Полученные фото ВАХ можно разделить на две участки в соответствии с характером зависимости тока от приложенного напряжения.

1 Низкое напряжение. Эта область обусловлена механизмом

$$\text{ТОПЗ: } T = U^2 \quad \alpha = T/\tau_2 + 1$$

Эта область содержит информацию о дырочных ловушках то есть, плотности состояний вблизи квазиуровня Ферми, а также информацию дисперсионного переносе дырок.

2. Высокое напряжение. В области высокого напряжения, когда длина дрейфа носителей намного превышает толщину пленки d . фототок определяется числом электронно-дырочных пар и не зависит от приложенного поля. По началу насыщения фототока можно определить $(\mu\tau)$

ЛИТЕРАТУРА

1. Сид Ш., Ташта Х., Шимизу И. / В кн. Аморфные полупроводники и приборы на их основе. Под. ред. Хаммаева И. - 1986 - М. Металлургия. с. 132



Перезарядка дефектных состояний в оляях
амфорного гидрированного кремния

Р.Р. Кабулов

ФТИ, НПО "Физика-Солнце" АН РУз, Ташкент

В оляях амфорного гидрированного кремния ($\alpha\text{-Si:H}$) основным дефектным состоянием определяющим рекомбинацию неравновесных фотогенерированных носителей является трехкратно-координированный уровень кремния с одной болтающейся олязью (\mathcal{D} -центр). В зависимости от зарядового состояния \mathcal{D} -центра, который может находиться в нейтральном \mathcal{D}^0 , положительном \mathcal{D}^+ и отрицательном состоянии \mathcal{D}^- , центр может являться эффективным рекомбинационным центром как для электронов (\mathcal{D}^0 и \mathcal{D}^+), так и для дырок (\mathcal{D}^0 и \mathcal{D}^-).

В данной работе проведены исследования спектральной зависимости фотопроводимости ($\mathcal{I}_{ph}(h\nu)$) в стационарном режиме освещения в области дефектного поглощения (0,6-1,5 эВ) $\alpha\text{-Si:H}$, толщиной $d = 0,5$ мкм. В экспериментах научалась $\mathcal{I}_{ph}(h\nu)$ при $T = 295$ К, после чего образец охлаждался до $T = 80$ К, исследовалась зависимость $\mathcal{I}_{ph}(h\nu)$, температура повышалась до 295 К и также снималась зависимость $\mathcal{I}_{ph}(h\nu)$.

Исследования показали, что наблюдаются две активных пика поглощения олязанные с генерацией электронов с \mathcal{D}^0 -центра ($E_c - E_{D^0}$) = 1,0 эВ и дырок с \mathcal{D}^+ -уровня ($E_v + E_{D^+}$) = 1,15 эВ. При $T = 295$ К, до охлаждения, пик на 1,0 эВ был выше: при $T = 80$ К пик на 1,15 эВ возрос и после нагревания при $T = 295$ К он стал выше по значению, чем пик на 1,0 эВ.

Наблюдаемые экспериментальные факты олязаны с тем, что при начальном состоянии $T = 295$ К уровень Ферми находился на $E_f = 1,0$ эВ, т.е. \mathcal{D}^- -центр находился в основном в \mathcal{D}^0 -состоянии. При охлаждении E_f смещается к валентной зоне и концентрация \mathcal{D}^+ возрастает. Наблюдаемый большой сигнал в конечном состоянии на уровне 1,15 эВ олязан с тем, что времена перезарядки \mathcal{D} -центров исчисляются несколькими часами.

ЭЛЕКТРОНИКА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ СВИНЦА С ВЫРОЖДЕННЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ГАЗОМ.

Осупова Д.А.

Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

В работе представлены методы установления потенциального рельефа поликристаллических пленок халькогенидов свинца в предположении о существовании на границе кристаллитов (ГК) поверхностных состояний (ПС), которые использованы для развития теоретического подхода при объяснении особенностей явлений переноса в пленках.

Приведены основные причины образования ПС на ГК, которые захватывают свободные носители.

Теоретически рассмотрено формирование потенциальных барьеров на ГК поликристаллических пленок халькогенидов свинца с вырожденным электронным газом. При вырождении электронного газа амплитуда изгиба зон на ГК определяется концентрацией ПС, их энергией и уровнем легирования. Когда концентрация ПС велика, они заполняются до "завязывания" их энергии с уровнем Ферми. При этом высота потенциального барьера задается выражением

$$\varphi = E_F - E_S,$$

где E_S - энергия ПС, и $E_F > 0$. В противном случае ПС полностью заполняются электронами, а энергия ПС остается меньше $E_F - E_S$. Тогда возможны две ситуации:

- 1) амплитуда изгиба зон у ГК меньше E_F ($\varphi < E_F$), т.е. зона проводимости у ГК не пересекает уровень Ферми;
- 2) зона проводимости у ГК пересекает уровень Ферми, но амплитуда изгиба зон меньше $E_F - E_S$.

Для указанных ситуаций найдены уравнения для определения высоты потенциального барьера и концентрации ПС.

Произведена численная оценка концентрации акцепторных ПС для случая пленки $p\text{-PbTe}$. Она следующая: $N_S > 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. Если ПС образованы оборванными связями дислокаций, то для того чтобы концентрация ПС на ГК была такой, как указанное значение N_S , необходима плотность дислокаций $D = N_S^2 a^2 > 10^{11} \text{ см}^{-2}$.

КОЭФФИЦИЕНТ НЕИДЕАЛЬНОСТИ И ГЕОМЕТРИЯ
Р - П - ПЕРЕХОДА

Г. Гулямов, М.Г. Даламирзаев

Наманганский индустриально-технологический институт,
г. Наманган Наманганский Государственный Университет,
г. Наманган

При исследовании коэффициента неидеальности диодов с р-п-переходами ее отклонение единицы связывается с рекомбинационными процессами в области объемного заряда и токами утечки. При этом предполагается, что геометрия образца не влияет на работу диода. Однако, последнее предположение не всегда оправдано. Дело в том, что при исследовании горючих носителей в р-п-переходе в сильных СВЧ полях изготавливаются специальные образцы с р-п-переходами нитевидной формы [1]. В таких образцах наблюдаются большие значения коэффициента неидеальности, даже в отсутствии СВЧ волны. Под воздействием сильного грейшера поля коэффициент неидеальности возрастает [2]. Существующие теории, не учитывавшие геометрию образцов, не могут объяснить такое аномально значение η .

В настоящей работе исследовано влияние геометрии образцов и топология токов на характеристики р-п-перехода. В частности показано, что длина и толщина образцов сильно влияет на токовые характеристики диода. Получены критерий применимости общепринятой теории. Исследовано влияние наклона напряженности электрического поля СВЧ волны к поверхности образца по которому идет рекомбинация носителей. Показано, что меняя угол между E и плоскостью поверхности по зависимости среднего тока от угла можно исследовать поверхностные состояния. Это может служить новым способом определения плотности поверхностных состояний с помощью СВЧ волн.

Литература

1. Вейнгер А.И., Парицкий Л.Г., Аюпян Э.А., Даламирзаев Г. ФТП, 1975, т.9, в. 2, с. 216-224.
2. Аблязимова Н.А., Вейнгер А.И., Питанов В.С. ФТП, 1988, т. 22, в. II, с. 2001-2007.

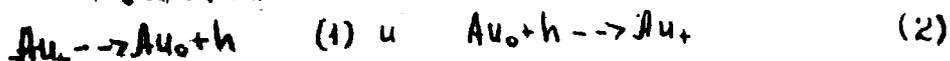
РАСЧЕТ ЗАПОЛНЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ГЛУБОКИХ
ПРИМЕСЕЙ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Атабаев И.Г., Матчанов Н.А.
ФТИ НПО "Физика-Солнце" АН РУз

В последнее время для описания свойств глубоких примесей (ГП) в полупроводниках используется модель Вагнера - Машкова.

В данной работе предложен новый метод расчета заполнения состояний ГП на примере $p\text{-Si}(Au)$.

Как известно, в $p\text{-Si}$ заполнение донорного состояния определяется реакциями:



где Au_+ и Au_0 - зарядовые состояния Au в Si ; h - дырка.

Вероятность реакции (1) $B n_+ N_v \exp(-E_1/kT)$

Вероятность реакции (2) $B n_0 p \exp(-E_2/kT)$

где B - неизвестный множитель, n_+ и n_0 - концентрации Au_+ и Au_0 ($n_+ + n_0 \approx N_t$, N_t - концентрация Au), N_v - плотность состояний в валентной зоне, $E_1 = I_0 + I_p - I_+$, $E_2 = I_+ - I_0 - I_p$ (I_0, I_+ - энергия ГП в зарядовых состояниях, I_p - энергия образования).

Из условия равенства вероятностей реакций (1) и (2) при термодинамическом равновесии получено соотношение

$$n_+ N_v \exp[2(I_+ - I_0 - I_p)/kT] n_i^2 = n_0 p^3; \quad I_{p0} = -kT \ln(n_i/N_s) \quad (3)$$

N_s - плотность узлов решетки полупроводника. Учитывая уравнение электронейтральности $n_+ + p \approx N_{s1}$ (N_{s1} - концентрация мелких акцепторов) по (3) были рассчитаны температурные зависимости заполнения Au_0 при различных N_t/N_{s1} . Для сравнения были рассчитаны обычно путем аналогичные зависимости. В обоих случаях зависимости качественно совпадают. Однако, переходная область - область соответствующая переходу от преимущественного заполнения Au_+ к заполнению Au_0 , в случае нашего подхода резко сужается, что согласуется с экспериментальными данными. Тогда как при обычном расчете преимущественное заполнение Au_0 происходит при 400 К.

Т.о. показана возможность применения нового метода расчета заполнения состояний ГП в полупроводниках.



UZ9700817

E-1

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ $Si < H_2 >$
НА ВЫСОТУ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА $Mo - Si < H_2 >$

Т. Назаров

ТашГУ им. М. Улутбека г. Ташкент

В настоящей работе приводятся результаты исследований влияния структурных дефектов кристаллического кремния на высоту потенциального барьера диодов Шоттки типа $Mo - Si < H_2 >$.

При помощи комплекса используемых методов (рентгено-структурный анализ, электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, Вольт-фарадные и Вольт-амперные характеристики) установлена эмпирическая зависимость высоты потенциального барьера от структурной неоднородности исходного полупроводника (КЭФ - 4, 5, 10, 15 Ом·см. с ориентацией [111]). Найдена взаимосвязь между числом ($10^1 + 10^3 \text{ см}^{-2}$) и размерами (1 + 15 мкм) структурных нарушений приповерхностной области кристаллической решетки кремния, выращенного методом бестигельной зонной плавки, и высотой потенциального барьера границы раздела $Mo - Si < H_2 >$.

Установлены закономерности формирования структурных дефектов по площади используемых пластин. Предложены режимы технологических термообработок, приводящих к уменьшению числа и размеров структурных дефектов и к уменьшению их влияния на высоту потенциального барьера диодов Шоттки.



ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Е. П. Таран, В. В. Старостенко, А. С. Мазинов

Симферопольский государственный университет, г. Симферополь

На работоспособность полупроводниковых приборов и микросхем оказывают влияние различные типы воздействий, однако воздействие электромагнитного поля на основные электрофизические характеристики исследовано достаточно слабо. Отсутствуют сведения об исследовании воздействия на микросхему в миллиметровом диапазоне, не проводилось исследований по влиянию формы огибающей радиопульса на развитие деградационных процессов в микросхемах.

Для исследования воздействия электромагнитного поля на интегральную микросхему был собран генератор на магнетроне МН-387 с длиной волны порядка 10 см. Модулятор задавал количество импульсов от 1 до 10^4 . Мощность регулировалась аттенуатором. Длительность импульса менялась от 2 до 4 нс с крутизной порядка 80...100 В/нс, частота повторений 100. Микросхемы помещались в волноводной секции, связь с внешними элементами и питание осуществлялось через экранированные микропроводы.

Эксперименты по воздействию электромагнитного поля на микросхемы проводились на наиболее распространенных сериях (155, 555, 561 и т.д.). Анализ полученных замеров показал, что соотношения между волнами сильно зависят от ориентации микросхемы относительно вектора электрического поля волны. Наиболее уязвимы интегральные микросхемы при напряженностях электрического поля 1...10 кВ/см в положении, когда вектор электрического поля перпендикулярен длинным граням микросхемы. Для данной ориентации микросхемы достаточно 1..5 импульсов для ее пробоя. В других положениях необходимо приложить мощность на порядок, а то и на два больше. Исследования показали, что одной из наиболее вероятных причин выгорания токопроводящих дорожек при воздействии электромагнитного поля является неоднородность их характеристик.



КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ Y_{B66} , Oy_{B66}

Таджиев А.А., Ачилов Б.А.

Ташкентский Государственный технический университет

Известно что, особенности свойства бора и его соединений связаны с спецификой их кристаллических решеток. Исследование свойств данного класса материалов и особенно соединений бора вида M_{B66} (M -р.в.э) представляет научный интерес и открывает новые возможности для управления свойствами этих веществ.

В данной работе исследованы электропроводность, термоэдс ($T=100-1500^{\circ}K$), теплопроводность, эффект холла изоструктурных соединений Y_{B66} , Oy_{B66} . Образцы получены методом бестигельной зонной плавкой, крупноблочные индивидуальность которых подтверждалось рентгенофазовым анализом. Однородность контролировалась микрозондовым и металлографическим анализом. Установлено, что термоэдс по своему температурному ходу отличается от термоэдс B - бора. Теплопроводность имеет весьма низкие значения. Холловской подвижность по порядку величины совпадает с оценочным значением подвижности вычисленной по формулам для аморфных полупроводников. Электрические свойства этих соединений объясняется на основе теории "аморфной" концепции. Повышенное значение подвижности по сравнению с B - бором, интерпретируется вкладом как локализованных, так и зонных носителей тока. Механизм проводимости хорошо согласуется в рамках ранее предложенной модели плотности состояний.

Указанные соединения относятся к системам с порогом подвижности E_c и локализаций носителей тока ниже E_c . В них за счет разности потока "горячих" ($E > E_c$) и "холодных" ($E < E_c$) носителей тока, можно добиться повышение параметра $\alpha^{5/2}$ термоэлектрического материала. Кроме этого, в прикладном отношении исследование этих соединений интересна с точки зрения изучения их эмиссионных свойств и радиационной стойкости.



ВЛИЯНИЕ СВЧ ВОЛНЫ НА РЕКОМБИНАЦИОННЫЕ ТОКИ В р-п-ПЕРЕХОДЕ

Г. Гулямов

Наманганский индустриально-технологический институт

Известно, что сильная электромагнитная волна разогревает носителей тока и в р-п-переходе возникают токи и ЭДС горячих носителей. Для упрощения расчетов обычно предполагается, что электрическая составляющая СВЧ волны параллельна к плоскости перехода. Однако, последнее предположение в реальных условиях не выполняется из-за искажения волны внутри образца. Целью работы является исследование непараллельности электрической составляющей волны на токи и ЭДС возникающей в р-п-переходе с горячими носителями тока. В работе показано, что непараллельность электрического поля волны на поверхность образца приведет к периодическому поочередному изменению концентрации основных и неосновных носителей на поверхности образца. Вследствии этого идет периодическая перезарядка поверхностных состояний которая увеличивает рекомбинационный ток через р-п-переход. Получено аналитическое выражение для ВАХ. Учет поверхностной рекомбинации и рекомбинации на р-п-переходе приводит к аномально большим значениям ЭДС и токов короткого замыкания. Исследовано влияние реальной геометрии образца на ВАХ и получено аналитическое выражение для коэффициента неидеальности диода. Полученные формулы полностью объясняют хорошо известно экспериментальные результаты работ А.И. Вейнгера с отруянниками.



РЕЛАКСАЦИОННОЕ ЯВЛЕНИЕ В МДП-СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ.

Таджибаев М., Каримов Е.Х., Хатамов С.О.
Ферганский политехнический институт, г.Фергана

МДП-структуры создавались термическим напылением окиси кремния на поверхность поликристаллического теллурида кадмия р-типа. Теллурид кадмий предварительно осаждался на молибденовую подложку газатранспортным методом.

Исследование ВАХ полученных структур $Al-Si-MDП$ показало, что токо-прохождение объясняется токами, ограниченными пространственными зарядами. Обратная ветвь ВАХ более светочувствительна, чем прямая. При обратном постоянном напряжении ИВ кратность фототока достигает 10^3 при освещенности 1000 лк.

После подключения к образцу прямого напряжения $V > 1,5В$ и обратного $V > 8 + 10В$ стационарное значение темнового тока устанавливалось не мгновенно. В пропускном направлении наблюдалась спадающая релаксация тока, а в обратном, возрастающая. Такой характер изменения тока сохранялся и при комнатной освещенности.

Спадающая релаксация тока может быть описана гиперболическим законом вида $y \sim t^{-n}$, где n - близко к единице. Возрастающая релаксация также описывается степенным законом вида $y \sim t^n$, где $n = 1,3 + 1,5$ и $n \approx 0,6$ для начального и конечного участка зависимости $y(t)$ соответственно.

При постоянном обратном напряжении $V > 10В$ наблюдается колебания тока с частотой $1 + 5$ Гц. Перед началом колебания наблюдается шумовая неустойчивость тока и при определенном значении напряжения и тока, возникает низкочастотный генерационно-рекомбинационный шум, в результате захвата носителей в ловушках.

При облучении монохроматичным светом, характер релаксации неравновесных носителей, зависел от длины волны света. При $\lambda > 0,81$ мкм наблюдалась возрастающая релаксация, а при $\lambda < 0,81$ мкм спадающая.



**ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ И ИЗОХРОННОГО ОТЖИГА НА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Si < E_2, Ni >$**

**Зайнобидинов С.З., Акбаров А.А., Ахмадхайхов М.,
Ишнов А.А., Назаров Д.З., Тонтемиров Т.М.**

Ташкентский Государственный Университет.

Как известно, взаимодействие примесей, особенно при наличии быстродиффундирующей и неконтролируемой примеси, существенно влияет на деградационные свойства материала при низкотемпературной обработке. На сегодняшний день в литературе отсутствуют данные о каких-либо взаимодействиях арбиа и никеля в кремнии. С точки зрения актуальности исследования свойств как отдельно редкоземельного элемента в кремнии, так и элемента переходной группы, также являющегося быстродиффундирующей и неконтролируемой, возникает необходимость исследования их взаимодействия и влияния этого процесса на свойства кремния.

В настоящей работе представлены результаты исследования свойств кремния, как отдельно легированного арбием при $T=1200^{\circ}C$, -5 час, так и совместно с никелем. Измерение параметров кремния осуществлялось с помощью четырехзондового метода определения удельного сопротивления материала и с помощью эффекта Холла как до и после термообработки, а также после низкотемпературного отжига. Термообработка проводилась при $450^{\circ}C$, а низкотемпературный отжиг от $100^{\circ}C$ до $1000^{\circ}C$ с шагом $100^{\circ}C$. Изохронный отжиг и термообработку проводили на воздухе в электрической печи.

Полученные результаты объясняются эффективным взаимодействием редкоземельного элемента арбиа с дефектами в кремнии, никелем, а также с кислородом.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БЕТОНА СОДЕРЖАЩЕГО ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД

Ш.Х. Комилов, А.А. Тулаганов, Т.Э. Худойберганов, М.А. Карабаева.
Ташкентский государственный университет г. Ташкент.

Растущая потребность современной техники в материалах с разнообразными свойствами обуславливает необходимость поиска и изучения неоднородных систем. К таким системам в частности относятся бетон содержащий электропроводящие наполнители [1]. Дальнейшие развития исследований и применений таких материалов задерживается из-за отсутствия более ясного представления их структуры.

Настоящее сообщение посвящено разработке и исследованию электрофизических свойств композиционных материалов на основе шлакощелочного бетона наполненного техническим углеродом и выяснению их структуры в рамках теории гетерогенных систем. В качестве объекта исследования использовали Бекабадский электросталеплавильный (БЭСП) шлак содержащий технический углерод. Композиции готовили перемешиванием частиц бетона и технического углерода в шаровой агатовой мельнице в течении 7 часов. Электрические измерения проводили на образцах цилиндрической формы \varnothing - 15 мм, высотой 2 мм.

Анализ зависимости композиции от объемного содержания наполнителя V_1 в рамках теории гетерогенных систем показывает, что в области $V_1 \leq 0,15$ существуют замкнутые области изолированных групп частиц углерода. Увеличение V_1 выше 0,15 приводит к образованию бесконечного кластера (БК) из частиц наполнителя о чем свидетельствует увеличение σ композиции. Значение V_c - критической объемной доли при которой впервые образуется (БК) из частиц наполнителя определена из зависимости $d \lg \sigma / dV_1$ от V_1 , значение которого была равна $V_c = 0,2$. Определены критические индексы t и q , $\Gamma(V_c)$ - плотность БК, V_1' - объемная доля БК, а также V_1'' - объемная доля скелета БК и V_1''' - объемная доля мертвых концов БК. Величина V_1' волнами порога протекания составляет ничтожную часть V_1 .

Заключено, что электрические свойства бетона содержащих технический углерод в основном определяются контактными явлениями между частицами наполнителя.

1. Пригожинский Л.Е., Зайцев Ю.В., Тихонов А.И.
Физические свойства. М.: Энергоатомиздат 1991. 288 с.



UZ9700823

21

ДИАГНОСТИКА И МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ТИПА A^3B^5 ИОННЫМИ ПУЧКАМИ

А. А. Джурагалов, У. О. Кутляев, И. И. Хафизов
Институт Электроники АН РУз, Ташкент

Развиваемые в последние годы исследования стимулированных ионной бомбардировкой изменения состава и структуры поверхностей полупроводниковых кристаллов является одним из наиболее перспективных. Цель настоящей работы является показать возможности применения ионных пучков для анализа и модификации состава и структуры поверхности монокристаллических полупроводников типа A^3B^5 . Полупроводниковые соединения типа A^3B^5 с тетраэдрическими связями кристаллизуются в структуре сфалерита (цинковой обманки ZnS), при котором атомы каждого сорта располагаются послойно в плоскостях (001). Для решения поставленной задачи методом компьютерного моделирования исследованы процессы рассеяния ионов и образования атомов отдачи на поверхности GaP (001) при скользящей бомбардировке ионами Ag^+ и Ne^+ с $E_0 = 5$ кэВ. Рассчитаны коэффициенты распыления, энергетические спектры и угловые распределения рассеянных ионов и выбиваемых атомов отдачи. На рис. 1 приведены энергетические спектры рассеянных ионов (а) и атомов отдачи (б) при бомбардировке поверхности GaP (001) в направлениях $\langle 110 \rangle$ и $\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$ ионами Ag^+ .

Видно, что в условиях скользящего вадения ($\psi < 15 - 20^\circ$) ионы рассеиваются с энергиями близкими к E_0 , а образуемые атомы отдачи обладают достаточно низкими энергиями (с основным максимумом в области $E < 10$ эВ). Кроме этого в этих условиях пучки рассеянных ионов и выбиваемых атомов отдачи пространственно разделены: падающие ионы рассеиваются вблизи плоскости падения (110), а атомы отдачи выбиваются в направлении примерно перпендикулярной осям плотноупакованных атомных рядов поверхности. Полученные результаты также показывают преобладание процессов преимущественного и послойного распыления поверхности в условиях скользящей бомбардировки

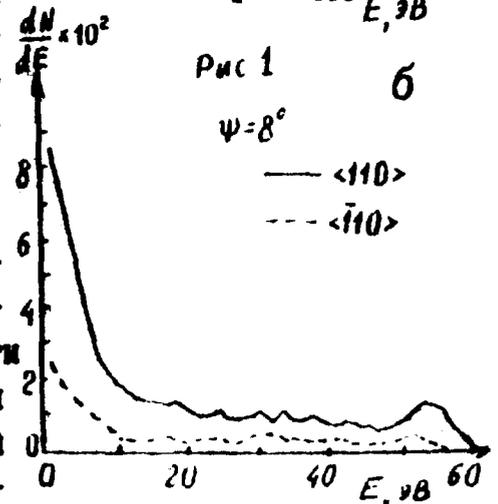
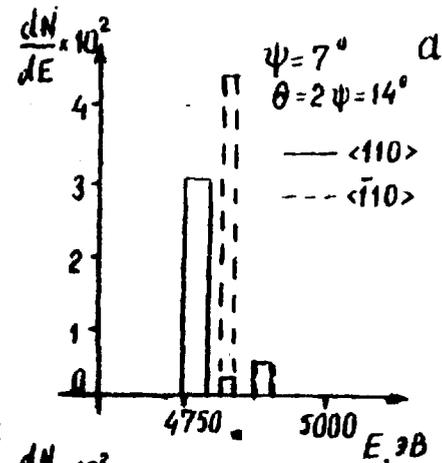


Рис 1

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПИРОЛИЗОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА С НЕКОТОРЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ (В, In, Bi).

А.Г. Даминов

Ташкентский Государственный Университет

Пиролизованные полимеры обладают уникальными как электрическими, так и магнитными свойствами /1/. Так недавно был обнаружен фазовый переход полупроводник-металл в пиролизованном поливинилхлориде (ПВХ) /2/.

Результаты наших исследований /2-3/ показывают, что вещества, полученные путем пиролиза полиакрилонитрила и ПВХ, представляют слабые органические ферромагнетики, имеющие намагниченность насыщения до 10 мГс. Как альтернативный метод для получения веществ, имеющих высокую намагниченность насыщения был выбран пиролиз композитов ПВХ с веществами (В, In, Bi), атомы которых имеют валентность 3 и 5. Этот путь поиска был выбран в соответствии с теоретическими результатами /4/, предсказывающими путь получения органического ферромагнетика с высокой намагниченностью насыщения.

Полученные нами экспериментальные результаты подтверждают эти теоретические предсказания о возможности получения органических ферромагнетиков с высокой намагниченностью насыщения путем введения в углеродную матрицу только трехвалентных атомов, например, In, В. При введении же пятивалентных атомов Bi получен диамагнетик. Возможно это связано со спецификой строения электронной оболочки Bi приводящей к тому, что полуметалл Bi является наиболее сильным диамагнетиком. Это должно сказываться на особенностях построения электронных связей с окружающими атомами С, Cl, Н в полученном композите ПВХ/Bi.

Литература

1. Н.А.Бах и др. Проводимост и парамагнетизм полимерных полупроводников // изд. Наука, Москва, 1971 (с.136)
2. Yu.A.Katulevskii, et.al. Semiconductor-to-Metal Transition in Pyrolyzed Polyvinylchloride //Phys.stat.sol.(a) 141,380,(1994)
3. Yu.A.Katulevskii, et.al. A New Magnetic Material: Organic Ferromagnet of Pyrolyzed Polyacrylonitrile // Phys. stat. sol.(a), 127, 273, (1991)
4. А.А.Орчинов. Мультиплетность основного состояния больших алтернирующих органических молекул с сопряженными связями // ДАН СССР, 1977, 241, 1177.

ОДП В $ZnSe - GaAs$ СВЕРХРЕШЕТКАХ

М.А. Абдикамалов, М. Дуйсенбаев, У. Насиров, М.И. Араузов

Каракалпакский госуниверситет, г. Нукус.

Отрицательная дифференциальная проводимость (ОДП) нами наблюдались в сверхрешетках (СР) на основе соединений $A^3 B^5$ и $A^2 B^6$.

В настоящем докладе излагаются результаты исследования $ZnSe - GaAs$ СР. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) имеет участки: $I \sim V$, затем наблюдается N -образные падающие участки где $I \sim 1/V$.

Отношение $I_{max}/I_{min} = 1,2 + 2$, а напряженность электрического поля при I_{max} $E = 8 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^4$ В/см. Для СР с большими числами слоев (150 + 200) при $E = 9 \cdot 10^4$ в/см наблюдались суперлинейная зависимость в ВАХ, затем 4 всплеска с ОДП. В ряде СР наблюдались сперва N , затем S -образная ВАХ. Определены $V_{top} = 145$ В и $V_{top}/V_{min} = 1,21 + 2,25$. Исследованы вольт-емкостные характеристики (ВЕХ) на частоте 1 МГц, которые в координатах $C \sim V$ имеют ступенчатый характер и $C = 2 + 6$ пкФ при нулевом смещении.

Спектральное распределение фоточувствительности показало, что он находится в диапазоне 0,46 + 1,7 мкм, с максимумами при 0,86 мкм, 1,1 мкм и 1,4 мкм.

N -образная ВАХ и зависимость $I \sim 1/V$ в области ОДП по видимому связано образованием миниэзоны в $ZnSe - GaAs$ СР. Всплески тока на ВАХ вероятно, связаны резонансным туннелированием электронов в соседнюю яму. По положению в спектре на ВАХ определена разность энергии $E_2 - E_1 = 0,1$ эВ.

N и S -образные ВАХ по видимому связаны с туннелированием электронов из одной миниэзоны в другую, а ступенчатый вид ВЕХ с периодичностью структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1 М. Дуйсенбаев. Тезисы докладов I международной научной конференции "Новые материалы и приборы", г. Ташкент-94, стр. 112.

2 М. Брежнев, М. Дуйсенбаев, У. Насиров, Ж. Жанабергенова, К. Турданов. Вестник Каракалпакского филиала АН УАССР, 1991, стр. 7 - 11.

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ВОРЦИТОВОЙ СИММЕТРИИ В КВАНТУЮЩИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ.

А.К. Амонзв, П.Х. Мусаев
Бухарский госуниверситет

Рассматривается случай рассеяния на ионизованных примесях, т.к. именно этот механизм является определяющим при низких температурах, где квантовые эффекты ($\hbar\omega \gg kT$; $\omega\tau \gg 1$) наиболее существенны. Энергетический спектр в состоянии \mathcal{L} (\mathcal{L} обозначает совокупность квантовых чисел K_y, K_z, N и номера зоны n) в нашем случае равна

$$E_{\mathcal{L}} = \hbar\omega \cdot \varepsilon_N + \frac{\hbar^2 K_z^2}{2m_2} - X_{\mathcal{L}} F$$

где

$$\varepsilon_n = N + (-1)^n \sqrt{\varepsilon^2 + \gamma^2 N}; \quad n=0,1.$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} - \frac{m_1}{2m}; \quad \gamma = 2\sqrt{\frac{\Delta}{\hbar\omega}}; \quad \omega = \frac{eH}{m_1 c}; \quad \Delta = \frac{\hbar^2 K_{z0}^2}{2m_1}$$

$F = -eE_x$ — сила действующая на электрон со стороны электрического поля.

Видно, что в энергетическом спектре электронов возможно пересечение термов. (И/02). Представляет интерес два предельных случая: а) $\Delta \ll \hbar\omega$. В этом случае система термов такая же как и в стандартной зоне и эффекты практически не отличаются от изотропного случая.

б) $\Delta \gg \hbar\omega$. Термы нелинейно зависят от поля. Этот случай особенно интересен, так как именно при $\Delta \gg \hbar\omega$ должно проявиться существенное отличие рассматриваемого энергетического спектра от изотропного.

Для последнего случая нами вычислен, по методу Адамса и Холстейна, поперечное магнитосопротивление. Результаты показывают, что зависимость магнитосопротивления от температуры и магнитного поля, в области достаточно далеких от точек пересечения энергетического спектра, совпадают с аналогичными зависимостями в полупроводниках со стандартной зоной. Различия появляются в окрестностях точек пересечения термов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО ЗАРЯДА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТЕКОЛ

Насиров А. А., Парчинский П. Б., Абдуазимов В. А.

Ташкентский госуниверситет, г. Ташкент

Перспективность использования многокомпонентных свинцово-боросиликатных стекол для пассивирующих и изолирующих покрытий в МДП структурах обусловлена относительно низкой температурой их получения и хорошими диэлектрическими свойствами. Однако широкое использование таких стекол сдерживается сильной зависимостью их электрофизических свойств не только от состава, но и от условий их получения.

Нами были исследованы электрофизические свойства диэлектрических слоев на основе многокомпонентных стекол, содержащих SiO_2 , PbO , B_2O_3 , Al_2O_3 , Ta_2O_5 , а также, в малых количествах, окислы щелочных металлов. Исследуемые покрытия наносились на кремниевую подложку путем электрофореза, а затем, для создания МДП структур на них наносился алюминиевый управляющий электрод.

Проведенные исследования показали наличие подвижного заряда в диэлектрике и вблизи границы раздела полупроводник-диэлектрик. Показано, что при понижении температуры увеличивается время релаксации подвижного заряда, но ширина петли гистерезиса в исследованном температурном интервале ($T = -20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ } \dots \text{ } +40 \text{ } ^\circ\text{C}$) остается практически неизменной.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что гистерезис $C-V$ зависимостей обусловлен наличием подвижных зарядов 2-х типов:

1 - Заряд подвижных ионов в объеме диэлектрика, подвижность которого слабо зависит от температуры;

2 - заряд электронов, инжектируемых в приграничный слой диэлектрика, который обуславливает увеличение времени релаксации с понижением температуры.

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ АВТОКОЛЕБАНИЙ

В $p^+ - p$ ($Si \langle Mn \rangle$) - p^+ СТРУКТУРАХот d - базы

Н.Ф. Зикрияев, К.С. Аюпов

В данной работе исследования проводились с образцами кремния легированного марганцем со структурой типа $p^+ - p - p^+$. Удельное сопротивление исходных пластин составляло $\rho \approx 10 \text{ Ом.см}$. Инжекционные контакты создавались по стандартной технологии в заводских условиях. После, эти структуры легировались марганцем с помощью диффузии при температурах от 900°C до 1050°C . получили структуры с разными удельными сопротивлениями. Диффузию марганца проводили из газовой фазы в отглаженных ампулах. Измерения вольт-амперной характеристики (ВАХ) контрольных структур $p - p - p$ при разных толщинах базы показывает, что с уменьшением толщины базы структур, график зависимости ВАХ сменялся в сторону высоких значений токов. В этих структурах, легированных марганцем при 10 Ом.см , наблюдается инжекционные автоколебания тока. Наши исследования влияния толщины базы структур на параметр неустойчивостей тока в этих структурах. С уменьшением толщины базы пороговое поле монотонно уменьшается, а амплитуда инжекционных колебаний уменьшается по экспоненциальному закону, частота с уменьшением толщины расчит в два-три раза.

Полученные данные дают возможность управлять параметрами инжекционных неустойчивостей не только напряженностью электрического поля, температурой, давлением, освещением, но и изменением толщины базовой области структуры. На основе этих явлений можно создать широкопрофильный многофункциональный полупроводниковый прибор, такие как т.т.ный генератор, работающий в темноте при комнатной температуре, датчики давления, датчики магнитного поля и т.д.



ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕНОСА ТОКОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

Дуйсенбаев М.

Каракалпакский госуниверситет, г. Нукус.

Излагаются результаты исследования многослойных р-р-п-м, р-р-р на основе гомогенных (SiC), п-п ($SiC-CdS$) гетерогенных и периодических полупроводниковых структур (ППС) на основе соединений A^3B^5 и A^2B^6 .

Рассматриваются особенности вольт-амперных (ВАХ), вольт-емкостных характеристик (ВЕХ) и оптоэлектронных свойств, а также способы создания структур.

В р⁺-р-п⁺ структурах наблюдается отрицательное дифференциальное сопротивление (ОДС) и излучение в Р-области, а в р⁺-р-р структурах оптическое и температурное гашение, суперлинейность люксамперных характеристик, а также статичная проводимость при $T = 300^\circ K$ и выше. Подсветка из примесной области $I, 05 + I, I$ эВ. и увеличение приложенного напряжения резко уменьшает время спада статичного тока.

В $nSiC-nCdS$ структурах наблюдается фотоэлектрический эффект, который изменяет знак при длине волны $\lambda = 0,5$ мкм.

N и S - образные ВАХ наблюдались в ППС с р-п- переходами на основе $GaAs$ и в ППС $CdS-CdTe$, $CdS-GaAs$, $GaP-GaAs$, $ZnSe-GaAs$, $nGaAs_{1-x}P_x$ р-п $GaAs$. S - образная ВАХ наблюдалась после N - образного участка. Изменение знака фото э.д.с. наблюдались в $ZnSe-GaAs$ и $nGaAs_{1-x}P_x$ р-п $GaAs$ ППС. Это видимо связано с образованием двойного барьера Шоттки, что подтверждает ступенчатый вид ВЕХ.

Построены энергетические диаграммы структур на основе которых объясняются электронные процессы и механизмы переноса токов в исследуемых структурах.



ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КВАРЦЕВЫХ СТЕКЛАХ

В. С. Куксенко, К. М. Мирджамолов, С. А. Лукьяненко, С. А. Станциц
ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН г. С-Петербург, ХГУ г. Худжанд

В настоящей работе электризация исследовалась на кварцевом стекле в области упругих деформации. Образцы изготовились в виде стержней круглого сечения. Измерения потенциала электрического поля /ЭП/, возникающего при воздействии механического поля, произвели бесконтактным способом с помощью электрометра /ЭМ/ собственной конструкции. Нагружение образцов производили двумя способами - в условиях одноосного сжатия и изгиба.

При воздействии на стекла механического поля возникает ЭП, причем параметры этого поля связаны с градиентом деформации. Установлено, что в упругой области деформации образца возникающая под действием нагрузки поляризация имеет обратимый характер и при этом линейно зависит от величины нагрузки. Знак потенциала зависит от напряженного состояния образца. В условиях изгиба образцов потенциалы на растянутых и сжатых участках всегда имеют одинаковую величину, но противоположны по знаку.

Для объяснения этого явления предложена модель, суть которой состоит в следующем. Существующие в структуре кварцевого стекла тетраэдрические кольца, состоящие из переменного числа тетраэдров /6, 4, 3/, что и нарушает дальний порядок, можно рассматривать как систему хаотически разориентированных диполей. Суммарное поле такой системы в исходном состоянии равно нулю. При неоднородном деформировании /в случае изгиба/ эти диполи ориентируются по-разному, что может вызвать появление отличного от нуля суммарного электрического момента вдоль градиента действующих сил. Поскольку носителями диполей являются структурные элементы сетки стекла, то изменение поля отслеживает упругую деформацию образца.

Релаксация ЭП происходит за счет направленной тепловой миграции ионов щелочных металлов /примесных / под воздействием возникшего внутреннего ЭП. Это подтверждается совпадением времен релаксации полей, возникших как при механическом, так и при электрическом воздействии.



UZ9700826

29

МДП СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ СВИНЦОВО-БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ

Власов С.М., Добромыслий Ю.М., Варламовский И.Б.
Ташкентский госуниверситет, г.Ташкент

При производстве полупроводниковых приборов свинцово-боросиликатные стекла используются в качестве диэлектрических покрытий.

В настоящей работе приводятся результаты исследований параметров структур металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), изготовленных на основе свинцово-боросиликатных стекол. При помощи статических и релаксационно-кинетических емкостных и токовых методик, рентгено-структурного анализа и растровой электронной микроскопии установлены: основные характеристики границы раздела Si-стекло (плотность поверхностных состояний (N_{ss}), ее распределение по ширине запрещенной зоны Si ($\Delta N_{ss}/\Delta E$); величина и знаки встроенных в стекло зарядов ($\pm Q_i$)).

Определены генерационно-рекомбинационные характеристики: поверхностные генерационные токи (j_g) и их температурные зависимости [$j_g(T)$]; диэлектрические потери ($tg\delta$) и гистерезисные явления.

Предложена физическая модель, объясняющая гистерезисные явления и их температурную зависимость в исследуемых стеклах, основанная на акцепторных свойствах PbO .

Найдены технологические режимы оплавления используемых покрытий, приводящие к уменьшению встроенных зарядов и к улучшению генерационно-рекомбинационных параметров границы раздела Si - свинцово-боросиликатное стекло.

Показаны возможные области применения изготовленных МДП структур.



UZ9700827

30

Электрические характеристики гетероструктуры
 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnSe-In}$

Х.А. Тошходжаев, Н.Р. Рабеджанов

Худжандский государственный университет

Целью настоящей работы является изучение процессов токопереноса в гетероструктуре (ГС) $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnSe-In}$ с субмикронным слоем селенида цинка, которые ранее в литературе не исследовались.

Исследованная ГС формировалась на стеклянной подложке, на которую методом катодного напыления наносился слой оксида индия толщиной 0,003-0,005 мкм. Слой селенида цинка синтезировался методом термического испарения и конденсацией в вакууме при температуре подложки 200°C. Толщина слоя составляла величину 0,09-0,05 мкм. На слой селенида цинка перед электрическими измерениями термическим напылением наносился слой индия.

Проводимость ГС зависела от полярности приложенного внешнего напряжения. Для случая, когда анодом являлся слой оксида индия, в условиях $I \rightarrow 0$, удельная проводимость составляла величину $0,4 \cdot 10^{-15} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Для обратной полярности внешнего напряжения (отрицательная ветвь ВАХ), в условиях, близких к дрейфо-диффузионному равновесию, проводимость ГС $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnSe-In}$ равнялась $1,1 \cdot 10^{-16} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

При комнатной температуре в указанных гетероструктурах исследовались темновые стационарные ВАХ. Диапазон исследованных напряжений составлял 0,03-30,00В.

Исследования показали, что проводимость ГС зависит от толщины слоя селенида цинка. В интервале толщин 0,05-0,1 мкм удельная проводимость возрастала с толщиной слоя.

На основе экспериментальной ВАХ предполагается возможным производить расчет модельных параметров образца: коэффициентов прозрачности электронных зазоров $D=5,1 \cdot 10^{-18}$ - $8,9 \cdot 10^{-8}$, величины при электродных зазорах $d=1-2 \cdot 10^{-8}$. На основе этих параметров можно сделать вывод, что для ГС $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnSe-In}$ границы носят рекомбинационно-генерационный характер.

Литература.

СВОЙСТВА n -GaP- n -GaAs МНОГОСЛОЙНЫХ ППС.

Б.А. Абдикамалов, Ш.К. Каниязов, М. Кан, М. Дуйсенбаев,
У.К. Ерназаров, М.А. Абдикамалов.

Кракалпакский госуниверситет имени Бердаха.

Исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) многослойных периодических полупроводниковых структур (ППС) n -GaP- n -GaAs. Подложки изготавливались из GaAs АГЧТ-40а или АГЧПХ. В качестве источников использованы монокристаллы GaP 360 ФГЭС-1А и GaAs АГЧТ-40а. Первоначально выращивались слои GaAs толщиной 0,5 + 2 мкм, который является буферным слоем. После этого выращивали ППС. Толщина периода изменялась в пределах от 80 + 250 Å. Температура подложки варьировалась от 500 до 650 °С. Общее число слоев равно 100.

ВАХ состоит из двух участков. При малых напряжениях U . За линейным участком наблюдается N -образные падающие участки. Отношение $I_{max}/I_{min} = 4$, а значение отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП) $G = 1,32 \times 10^{-3}$ сименс. При повторном измерении ВАХ (после 10-15 минутной паузы) зависимость тока от напряжения становится не линейным, а суперлинейным с показателем $n > 2$. При этом мощность соответствующая к началу ОДП меньше чем в предварительном измерении, т.е. наблюдается эффект аккумуляции носителей тока в n -GaP- n -GaAs ППС. Эти структуры обладают памятью. Освещением обычной лампой накаливания можно восстановить линейный закон, при этом I_{max}/I_{min} увеличивается.

В ППС, где точно выдерживались периодичность структур вместо ОДП наблюдается отрицательное дифференциальное сопротивление (ОДС). Для этих структур после линейного участка наблюдалась зависимость $I \sim U^{2.2}$ до самого участка ОДС. При этом $U_{min} = 4,8$ В, $I_{min} = 6,5 \cdot 10^{-4}$ А, а удельная мощность равна 0,6 Вт $см^2$. Отношение $I_{max}/I_{min} = 1,1$ и после ОДС ВАХ имеет степенную зависимость в виде $I \sim U^n$, где $n = 1,26$.

Предложена энергетическая диаграмма ППС позволяющая объяснить наблюдаемые явления.

НОВЫЕ ТОНКОСТИ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

А.С.Сафаров

Ташкентский государственный технический университет им.БЕРУИИ

Развитие планарной технологии привело к созданию пленочных структур типа металл-окисел-полупроводник и изготовлению на их основе приборов, такие как МОП-конденсаторов, интегральных схем с весьма высококачественными параметрами. С появлением субмикронных приборов, в настоящее время требования к параметрам диоксида кремния стали ещё жёсткими.

Цель работы заключается в выявлении закономерностей кинетики роста оксида кремния на начальной стадии процесса окисления кремния. Уделено внимание теоретическому обоснованию процесса окисления, начиная с первичного взаимодействия частиц окислительного газа с чистой поверхностью полупроводника.

В работе предложена методика обработки кинетических данных при помощи найденного уравнения. Теоретически выведенное уравнение описывающее кинетику процесса окисления кремния, применяется как методика для выявления электрофизических параметров, образованных окисных пленок и приборов на их основе. Установлено, что при стандартном технологическом режиме получения оксида кремния во всех случаях происходит десорбция частиц на поверхности кремния, которую необходимо учитывать для получения высококачественных пленок оксида кремния. Доказано, что на электрофизические свойства структур кремний - диоксид кремния влияют минимум три вида точечных дефектов. Показано, что на границе раздела кремний - диоксид кремния существует слой типа гетероперехода. Встроенный положительный заряд на границе и в окисной пленке на кремнии в основном связан с заряженными кислородными вакансиями, кислородными вакансиями, которые находятся в оксиде после её образования. В зависимости от их подвижности они могут мигрировать по объёму оксида и вдоль границы.

Предложено уравнение для расчета плотности состояния, т.е. концентрации зарядов в оксиде и на границе кремний-диоксида кремния, а также уравнение, описывающее образование и релаксацию точечных дефектов, которые ответственны за поверхностные состояния структур кремний - диоксид кремний. Кинетические параметры процесса окисления и электрофизические свойства оксида обусловлены одним и тем же механизмом точечными дефектами оксида.



Влияние сильного СВЧ поля на рекомбинационные токи
в р-п-переходе.

Г. Гулямов, С. Р. Бойдедаев

Наманганский индустриально-технологический институт,
г. Наманган.

Исследовано влияние сильной СВЧ волны на вольтамперную характеристику р-п-перехода. Показано, что электромагнитная волна сильно влияет на рекомбинационные процессы и приводит к резкому увеличению тока, генерируемой диодом. Это увеличение обусловлено как разогревом носителей зарядов, так и сильным возмущением концентрации носителей в области р-п-перехода, а также, при поверхностных областях образца. Установлено, что рекомбинационные токи сильно возрастают в тонких образцах, когда глубина залегания электронно-дырочного перехода меньше диффузионных длин неосновных носителей. Анализ полученных результатов показывает, что в таких образцах наблюдаются размерные эффекты, то есть параметры диодов начинают зависеть от размеров геометрии образцов. Исследовано влияние модуляции поверхностного потенциала и высоты барьера р-п-перехода СВЧ волной на рекомбинационные токи. Установлено, что модуляция барьеров сильно увеличивает токи, генерируемые диодом. Проанализировано влияние сильного электрического поля волны на вероятности захвата и выброса. Получено аналитическое выражение для ВАХ диода, когда рекомбинационные центры ионизируются по механизму Френкеля. Исследовано распределение поля волны внутри образца. Показано, что за счет изложения поля волны всегда возникает перпендикулярная составляющая к плоскости р-п-перехода. Проанализирован вклад емкостных и рекомбинационных токов на ЭДС, генерируемую диодом. Установлено, что емкостной ток не влияет на средний ток I и ЭДС, возникающая под воздействием сильной волны. Доказано, что средний ток полностью определяется только рекомбинационными процессами в объеме и на поверхности образца. Изучено неравновесная термодинамика р-п-перехода в сильном электромагнитном поле. Показано, что в этих системах только необратимые процессы могут привести к генерации токов и электродвижущих сил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ БИНАРНЫХ РАСПЛАВЛЯЮЩИХСЯ СИСТЕМ ТРИЭТИЛАМИН-ВОДА В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТИ.

К. А. Абдуллаев

Ферганский Государственный Университет, г. Фергана.

Целью данной работы является рассмотрение поведения теплоемкостных свойств в области критического состояния бинарных систем с нижней критической точкой расщепления (НКТР). Для этого нами выбран объектом исследования бинарная жидкая система триэтиламин-вода, имеющая НКТР в области комнатных температур.

Особенностью данной системы является то, что фазовая диаграмма в области НКТР пологая и графическое выражение χ_2 в T_c весьма затруднено, так как изменения концентрации от 20% до 50% массовых долей по триэтилмину температура расщепления изменяется незначительно. Для определения точки инвекции $T_{0-1}(\chi_0)$ требует проведения прецизионных измерений температур, соответствующих области фазового перехода. Однако, из поведения теплоемкостных свойств в области критической точки, т.е. по амплитуде или уменьшению пика теплоемкости ΔC_p критически весьма удобным является метод адиабатической калориметрии, обеспечивающая аналитическую точность.

Полученные результаты свидетельствуют, что не только значения теплоемкости не в над фазового перехода на состоянии гомогенного и гетерогенного сильно зависят от концентрации переменных. Проведенные исследования без переменных показали, что степень метастабильного состояния сильно от структуры исследуемой системы, а так же от глубины пересечения кривых от точки НК.

Измерения теплоемкости проводили на гомогенного состоянии в сторону гетерофазного в области критических температур и концентрации при различных концентрациях переменных.

Смесь триэтиламин-вода исследовали методом взвешивания на аналитических весах с точностью $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ г. Чистота образцов осуществилась трехкратной очисткой методом пергонки. Температуры расщепления фиксировались образцовым термометром ТСНН-3, имеющая высокую чувствительность к изменениям температур, с точностью 0,01К. Значения теплоемкости определялись с точностью 0,4% от абсолютной величины. Исследования были проведены в растворах с $X_1=0,2$; $X_2=0,25$; $X_3=0,34$; $X_4=0,4$; $X_5=0,5$ и $X_6=0,6$ масс. долей по триэтилмину.

СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРЕСТРУКТУР

Каниязов Ш., Тажибаев П., Аширбекова С.
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха
г. Нукус

Диодные структуры из многослойных периодических полупроводниковых гетереструктур при продольном приложении электрического напряжения к границе разделения слоев, обладает N -образной вольтемперной характеристикой (ВАХ) [1], причем до и после участка отрицательного сопротивления (ОДС) зависимость тока от приложенного напряжения определяется законом Ома [2]. Определен полный ход ВАХ при различных значениях технологических параметров диода.

Путем линеаризации интегрального уравнения баланса энергии в электронной подсистеме, состоящей из двух слоев, а также линеаризации электронейтральности и уравнения баланса "стеночных" токов в малосигнальном приближении, определена комплексная дифференциальная проводимость периодической гетереструктуры. Реальные и мнимые части комплексной проводимости кроме частоты приложенного напряжения зависят еще от одного параметра, куда входят технологические параметры диода, причем этот параметр легко определяется из статической ВАХ.

Частотные зависимости реальной и мнимой части комплексной проводимости рассмотрены в двух предельных случаях: а) когда на контактах сохраняется полная зарядовая нейтральность; б) когда внешние контакты являются омическими. Определена комплексная проводимость в зависимости от частоты на характерных точках ВАХ, а именно в областях положительного и отрицательного дифференциальных сопротивлений, в точках поворота N -образной ВАХ.

В области ОДС при $\omega\tau = 0,5$ реальная часть дифференциальной проводимости будет равно нулю, тогда как мнимая часть ее остается положительной величиной, а при больших частотах реальная часть комплексной проводимости переходит к насыщению, а мнимая часть ее продолжает возрастать с ростом частоты (ω - циклическая частота, τ - время релаксации энергии).

Диод обладает емкостными свойствами с большой добротностью. Возможно генерация электрических колебаний с частотой

Литература: [1] Грибников З.Т. "Отрицательная дифференциальная проводимость в многослойных гетереструктурах" СТП 1991, т. 25, в. 2.
[2] Каниязов Ш.К., Дубосенбаев М., Тажибаев П. "Влияние внутренних параметров на формирование ОДС в многослойных диодных структурах". Тезисы КСМН БУА. 1994. 9.4.

**ХОЛДОВСКАЯ ПОДВИЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛЕНКАХ α -SiC,
НАРАЩЕННЫХ НА КРЕМНИИ.**

Иамуратов Х.А., Агабаев И.С., Салмев Т.М.
Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУА
г. Ташкент

Зависимость Холдовской подвижности (μ_0) электронов от толщины пленки в ГП Si-SiC имеет область нарастания μ_0 при увеличении толщины от 0 до 2 + 3 нм. Затем величина μ_0 остается неизменной, если пленка получена в одном технологическом процессе, что подтверждает данные о толщине переходного слоя ГП Si-SiC полученными методами электронной микроскопии. Ялочная структура пленки на начальной стадии роста может на последующих стадиях привести к неоднородному распределению примесей, искажениям, дефектам; к флуктуациям рельефа зоны проводимости ΔE и к появлению дополнительного механизма рассеяния электронов. Исследованиями температурной зависимости μ_0 (80 - 300 К) показано, что рассеяние на флуктуациях рельефа Si не оказывает влияния на подвижность, что связано с большой концентрацией электронов в пленках, которые экранируют неоднородности распределения примесей. Омышение "стехиометрии" газовой фазы при росте карбида кремния в сторону кремния или углерода приводит к ухудшению структуры пленок карбида кремния и резкому снижению μ_0 (в два - три раза).

Исследованиями вольт-амперных характеристик ГП Si- α -SiC. Показано, что при малых напряжениях имеет экспоненциальный участок $I - I_0 \exp(A \cdot V)$, где A пропорционален μ_0 и зависит от температуры и говорит о туннельном характере переноса тока. На наш взгляд, это свидетельствует о наличии связей пленки окисла кремния между подложкой и пленкой карбида кремния. Исследование вольт-амперных характеристик и соответствия структур в гибридном режиме показало, что область объемного вклада переноса полностью расположена в подложке. То есть во время получения ГП происходит загерметизацию подложки неконтролируемыми примесями. Построена зависимость диаграмма ГП и оценена величина электронного среднего в Si карбида кремния $f=4,3$ эВ, которая согласуется с литературными данными.

ТЕОРИЯ АФН-ЭФФЕКТА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ С Р-П-Р-ПЕРЕХОДАМИ.

Г. А. Набиев

Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

Тонкие пленки ряда полупроводников генерируют аномально-большие фотонапряжения (АФН), величина, а в некоторых случаях и знак которых зависят от угла падения света. Считается, что решающим критерием позволяющим определить природу АФН-эффекта является вид зависимости АФН от угла падения света. Здесь конкурируют барьерная и фотодиффузионная модели. В работе приводятся результаты разработанной теории АФН-эффекта в полупроводниковых пленках с р-п-р-переходами.

Получено аналитическое выражение из которого следует, что в общем случае при освещении пленки слабопоглощаемым светом возникает АФН-эффект даже в случае, когда параметры обоих барьеров и квазинейтральных областей одинаковы. Угловая зависимость АФН в пределах $0+180^\circ$ имеет инверсию знака.

В частном случае, при выполнении определенных условий, также наблюдается АФН-эффект, но он не имеет инверсии знака в пределах $0+180^\circ$, т.е. наблюдается эффект, аналогичный эффекту Дембера в однородных полупроводниках.

Из полученного выражения следует, что при переходе к освещению сильнопоглощаемым светом АФН-эффект имеет инверсию в угловой зависимости, т.е. аномальный фотовольтаический эффект в р-п-р-элементе АФН-структуры становится нормальным.

Сопоставление полученных результатов по угловой зависимости для АФН-эффекта, основанного на дембер-эффекте в р-п-р-структуре показывает, что они аналогичны.

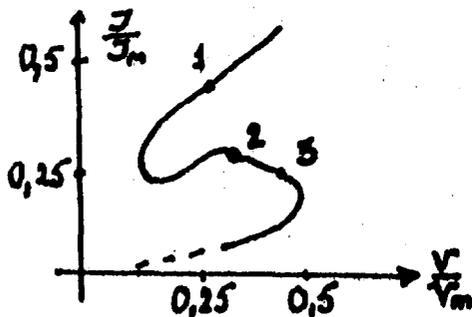
Полученные результаты сопоставляются с экспериментальными.

К ТЕОРИИ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В КОМПЕНСИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Каниязов Ш., Утениязов А., Тажибаев П.
Каракалпакский госуниверситет им. Бердаха. г. Нукус

Еще в 1959 году был предложен [1] τ -механизм отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС) в компенсированных полупроводниках. Последующие теоретические исследования свойств таких материалов подтвердил этот механизм и был получен ряд [2] результатов, описывающих статическую вольт-амперную характеристику (ВАХ). Однако до сих пор не изучена динамическая характеристика и поэтому в литературе отсутствуют формулы, описывающие частотные свойства прибора, работающего в области изменения времени жизни носителей. Эта задача решена в данной работе, рассматривая при этом одномерную задачу в дрейфовом приближении, когда сохраняется зарядовая нейтральность в полупроводнике при двойной инжекции с учетом рекомбинации и тепловых переходов на глубоких уровнях.

Принимая, что $\tau_p = \tau_{p0}(1 + \theta P/h)$ составлено уравнение для $\eta = \tau_p/\tau_{p0}$ где τ_p - времени жизни неосновных носителей - P , h - концентрация электронов θ - отношения коэффициентов захвата электронов и дырок. Флюктуация определен в виде $V = V_0 \exp(i\omega t)$. Приближенным решением определены напряжение вертикали и закон квадрата после участка отрицательного дифференциального сопротивления. Численным решением установлен полный ход ВАХ S-типа. При сильном асимметричном захвате электронов и дырок на глубоких ловушках, т.е. при $\theta = 100$ наблюдаются участки как с положительными, так и с отрицательными дифференциальными сопротивлениями. (см. рисунок).



В точках 1, 2, 3 рассмотрели процессы неустойчивости. В точке 1, т.е. в области положительного дифференциального сопротивления наблюдается усиление флюктуаций. Тогда как в точке 3 диод обладает индуктивными свойствами в точке 2 наблюдается абсолютная неустойчивость, что возможно генерации

электрических колебаний, частотой $\omega = 1/\tau_p$

Литература: [1]. Стефанов В.И. ФТТ, I. 841. 1959.

[2]. Каниязов Ш. Вестник ИКЭАН, № 4, 1960.

П - С Е К Ц И Я

" СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ "

**НЕПРЕРЫВНЫЕ ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ - ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

М.С. Саидов

ФТИ НПО "Физика-Солнце" АН РУв
ул. Мавлянова 2^б, 700084, Ташкент, Узбекистан

Основные свойства твердых тел определяются их составом и структурой. Изменение состава кристалла возможно только при наличии в нем растворимости других веществ. Хотя в бинарных металлических системах образования непрерывных твердых растворов имеет место не так часто, на основе полупроводников типа IV, III-V, II-VI имеются многочисленные твердые растворы во всем интервале концентраций компонентов. Дан краткий обзор экспериментальных результатов о выращивании объемных монокристаллов и эпитаксиальных слоев твердых растворов кремний-германий различными методами. Обсуждаются особенности и перспективы применения этого материала. Дан анализ экспериментальных данных о непрерывных твердых растворах замещения, содержащих новые химические индивиды. Качественно рассмотрено физико-химические и технологические условия образования новых химических индивидов. Предложена концепция, согласно которой при образовании твердых растворов возникают новые химические индивиды, представляющие собой молекулярные элементы и интерметаллические соединения, которые не проявляются на традиционных бинарных диаграммах состояний. Предсказано существование новых твердых растворов во всем интервале концентрации компонент на основе элементов и бинарных соединений типа IV, III-V, II-VI и I-VII.

Обсуждаются возможности использования твердых растворов содержащих новые химические индивиды в качестве буферных слоев, улучшающих адгезию материалов, гетероэпитаксию полупроводниковых пленок.

СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ УСТАЛОСТНОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

С. Х. Шамирзаев

Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУ,
г. Ташкент

Представлены теоретические основы расчета эффективных параметров многокомпонентных гетерогенных сред (ГС).

На основе анализа электронных свойств элементов таблицы Менделеева, а также некоторых соединений сделан вывод, что деформационный коэффициент многокомпонентных ГС формируется не только геометрической формой гранул и объемным содержанием исходных компонент, но и отношением эффективных масс электронов компонент к массе свободного электрона.

Сопутствующие деформации тепловые эффекты при найденных объемных содержаниях исходных компонент относительно слабо искажают выходные данные электронной подсистемы ГС.

При наложении необратимой циклической деформации меняется структура ГС. Ее изучение проводилось путем использования разработанных структурных моделей ГС, с привлечением методов синергетики, использующих временные ряды и анализ размерности их вложений. Это позволило также разработать новую высокочувствительную методику определения структуры электронных энергетических уровней в многокомпонентных полупроводниках.

Описаны некоторые составы гетерогенных материалов, электронная подсистема которых адекватно отражает связанные с усталостными циклическими процессами необратимые изменения их кристаллической решетки. Этот фундаментальный научный результат используется для разработки (на основе теллуридов висмута - сурьмы) чувствительных элементов датчиков накопления усталостной и повреждаемости ответственных элементов сложных конструкций.

МНОГОСЛОЙНЫЕ СТРУКТУРЫ -
ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

С.И.Власов

Ташкентский Государственный Университет

Улучшение функциональных параметров полупроводниковых приборов изготовленных на основе структур металл - диэлектрик - полупроводник и создание интегральных микросхем с уникальными характеристиками в значительной степени сдерживается не достаточно глубоким пониманием физических процессов, протекающих на межфазных границах различных материалов, входящих в состав многослойных структур. Межфазная граница полупроводник-диэлектрик формируется при длительных технологических обработках поверхности полупроводника в различных активных средах при повышенных температурах, что приводит к нарушению периодичности решетки в приповерхностных областях кристалла, формированию напряженных и оборванных валентных связей и к изменениям фазового состава как полупроводника так и диэлектрика. Переходной слой между полупроводником и диэлектриком можно определить как область разделяющую две объемные твердые фазы, в пределах которой физико - химическая структура и электрофизические характеристики полупроводника и диэлектрика отличаются от своих объемных значений. Межфазная граница образованная переходной областью кристаллический полупроводник - аморфный диэлектрик, обладая большой дефектностью оказывает существенное влияние на все основные характеристики многослойных структур и приборов на их основе. Так введение примеси Rh в переходную область $Si-SiO_2$ приводит к уменьшению сквозных токов через диэлектрик, увеличению напряжения пробоя и повышению термостабильности структур. Введение Zr в переходной слой повышает барьерную стабильность, а введение S и Cs приводит к повышению радиационной стойкости. Комплексное воздействие легирования электрически активными примесями и ионизирующим облучением приводит к формированию термически активированных поляризационно-релаксационным долговременным эффектам. Таким образом использование переходных областей межфазных границ многослойных структур позволяет существенно изменить и улучшить эксплуатационные параметры большинства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

АФН ЭФФЕКТ В АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ

Найманбаев Р., Султанов Н., Халилов Д.
ФерПИ, Фергана

Целью настоящей работы является получение и исследование аморфных пленок трехселенистой сурьмы генерирующих при освещении исключительно высоких фотонапряжений. Фотоэлектрические свойства полупроводниковых пленок в значительной степени зависят от методов их получения. Для получения аморфных пленок трехселенистой сурьмы использовалась вакуумная установка, в рабочем объеме которой, ограниченной кварцевым колпаком, давление остаточных газов поддерживалось в пределах 10^{-4} - 10^{-5} мм.рт.ст. Для испарения полупроводника и диэлектрика применены алунцовые тигли. Толщина пленок и степень ее дегидрирования управлялись никелевой шторкой, расположенной между подложкой и испарителями. Подогрев подложек производился с помощью пачки, надетой на колпак. Пленки наносились на стеклянную или кварцевую подложку, нагретую до 70°C . Угол напыления составлял 40° , толщина пленок 1,9 мкм. Скорость напыления $V = 0,1$ мкм/с. Пленки полученные при больших скоростях напыления ($V > 0,1$ мкм/с) имели поликристаллическую структуру. Аморфные пленки трехселенистой сурьмы, так и поликристаллические, генерируют фотонапряжения до 1000 В/см. Это связано с наличием кристаллических включений в аморфной фазе, где локализуются микротетеропереходы. Из анализа полученных экспериментальных результатов установлено, что при освещении пленки трехселенистой сурьмы посредством вакуумного испарения, чем выше температура подложки и чем меньше концентрации вещества в рабочем объеме, тем крупнее кристаллиты в пленках; и наоборот - при низких температурах подложки и высоких концентрациях вещества образуются аморфные или мелкокристаллические пленки.

Проведены фотоэлектрические и фотомагнитные измерения на этих аморфных пленках. Вольтамперные характеристики линейны до постоянной электрических полей $\sim 10^4$ В/см. Максимальные характеристики для пленки сублинейны, величина фотомагнитного напряжения линейно возрастала до $8 \cdot 10^4$ Э с чувствительностью к магнитному полю 3 мВ/Э.

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ ВНЕДРЕНИЯ НА ОСНОВЕ β - РОМБОУГРИЧЕСКОГО БОРА

О.А. Голикова, И. Аманжанов, И. Т. Улуканов, С. С. Нурикинов
Наманганский Государственный Университет

Кристалл β - ромбоэдрического бора имеет 106 атомов в элементарной ячейке и большое число пустот (пространственное заполнение только 36 %). Размеры некоторых пустот имеют размеры, достаточные для внедрения атомов переходных металлов (Fe, Ni, U, Ti и др.) и неметаллов (Si, Ge), атомы которых по размерам превышают атомы бора. Таким образом, образовавшиеся твердые растворы внедрения весьма своеобразны [1].

В данной работе образцы твердых растворов внедрения получились тремя способами: бестигельной зонной плавкой, диффузионным легированием и вытягиванием из расплавленной капли. При внедрении атомов в пустоты β - ромбоэдрического бора размеры элементарной ячейки увеличиваются, однако, несмотря на указание деформации решетки, микротвердость (H_m) увеличивается. Величины H_m у нелегированного β -B - $2,3 \cdot 10^3$ кг. мм⁻², у β -B [Al] - $2,89 \cdot 10^3$ кг. мм⁻². Содержание примеси по данным рентгеновского анализа: $\sim 5,7$ ат%.

Увеличение микротвердости при образовании твердых растворов внедрения объясняется частичной ликвидацией электронного дефицита связей в решетке β - бора.

1. Golikova O.A. Boron and Boron based semiconductors. Phys Stat. sol. (a) - 1979 51, № 1. pp. 11-41.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДИФФУЗИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТХО- ДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р.А. Муминов, С.М. Очилов, М.Н. Турсунов
Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце",
г. Ташкент

Пути снижения стоимости энергоресурсов - топливных, химических или солнечных и.т.д. - является актуальной проблемой, так как еще не разработан глобальный механизм снижения стоимости в этой сфере (особенно в области солнечной энергетики). В решении этого вопроса в определенной степени "дешевый из дешевых" сырьем является отходы полупроводникового кремния электронной промышленности, следовательно и СЭ, изготовленных на их основе.

При "оживлении" этих пластин процессе диффузии играет существенную роль. Диффузионный метод создания р-п-переходов является наиболее приемлемым для разработки высокопроизводительной технологии изготовления эффективных СЭ, поскольку он дает возможность создавать переходы, глубина которых контролируется с точностью до долей микрометра. Для достижения этой цели наиболее приемлемым является двухстадийный процесс диффузии (загонка и разгонка). При загонке в исследуемую пластину вводят строго заданное количество примеси. На разгонке примесь интенсивно диффундирует вглубь пластины и образует профиль распределения концентрации с требуемыми параметрами.

В нашей работе в качестве диффузианта применен твердотельный источник примеси (нитрид бора). Пластины кремния и нитрида бора (разрезанные соразмерно с пластиной кремния) загружались в кварцевую оснастку строго чередуя друг друга: пластины кремния - тыл к тылу, пластины примеси - с двух сторон и.т.д. Исследование проводилось в двух режимах: в первом случае температура загонки и разгонки отличались друг от друга на 50 С (T_1), во втором случае они были равны. Первую стадию диффузии проводили при температуре 975-985 С в течение 10, 15 и 20 мин., вторую стадию - при 1025-1035 С в течение 20 и 40 мин. соответственно. Таким образом, исследовано более 180 пластин (далее СЭ) и сопоставлены результаты. Оказалось, что КПД и другие энергетические параметры СЭ намного лучше во втором случае, а также по результатам анализе разных партий найден оптимальный режим диффузии примеси.

ПРОЦЕССЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЕПЛА В СЛОИСТЫХ СТРУКТУРАХ

А.С.Мазинов, Е.П.Таран, В.В.Старостенко

Симферопольский государственный университет, г.Симферополь

Процессы отжига полупроводниковых микросхем в основном связаны с выгоранием токопроводящих дорожек и контактных площадок, что обусловлено локальным разогревом неоднородных участков при протекании тока. Возникновение микронеоднородностей вызвано наличием слоистой структуры в микросхеме, состоящей из полупроводника, оксида, металлизации и органики.

Для анализа процессов локализации тепла в слоистых структурах была разработана динамическая модель на основе нелинейного уравнения теплопроводности. Разработанная двумерная модель учитывала температурную зависимость основных электрофизических параметров слоистой структуры и условия на границах слоев. Для численного решения данного уравнения использовалась неявная схема Писмена-Рунфорда.

На основе разработанной модели были проанализированы процессы распространения тепла в слоистой структуре с локализацией в местах неоднородности. Возникновение неоднородностей металлизации за счет ее контакта с оксидом и органикой приводило к изменению основных электрических свойств металлизации. Это влияло на процесс распространения тепла при прохождении электрического тока и приводило к локализации тепла в местах неоднородностей. Наличие слоистой структуры с различными электрофизическими параметрами усугубляло эти процессы, что вызывало значительный разогрев участков с неоднородностью. При определенных величине и длительности протекающего тока температура этих участков достигала температуры плавления металлизации (для алюминия - 933,25 К) и начинался расплав металла. Скорость процесса локализации тепла была больше скорости распространения тепла по слоистой структуре, что приводило к возникновению локальных участков расплавленного металла.



ВЫРАЩИВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ СЛОЕВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $CdSe_xTe_{1-x}$

Султонов Н.А., Таджибаев М., Дсупова Д.
Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

Твердые растворы $CdSe_xTe_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) толщиной 30–50 мкм выращивали методом пересублимации в потоке водорода на листовой молибденовой подложке. В качестве исходного материала использовали порошковые соединения $CdSe$ и $CdTe$ в соответственном мольном соотношении. Металлографические исследования показали, что слои $CdSe_xTe_{1-x}$ полученные при температуре подложки $\sim 450^\circ C$ состоят из ориентированных столбчатых кристаллитов, размеры которых 30–40 мкм.

Рентгеноструктурные анализы показали, что при $0 \leq x \leq 0,4$ твердые растворы имеют структуру цинковой обманки (β - твердый раствор) и при $0,6 \leq x \leq 1$ вюрцит (α - твердый раствор). Пленки $CdSe$ и $CdTe$ имели высокое удельное сопротивление, чем их твердые растворы и обладает n - и p -типом проводимости соответственно. Например, пленки $CdTe$ и $CdSe$ осажденные при температуре подложки $T_n \approx 450^\circ C$ имели удельное сопротивление $5 \cdot 10^4$ Ом·см и $2 \cdot 10^6$ Ом·см соответственно. Слои $CdSe_xTe_{1-x}$ обладали n -типом проводимости и с увеличением мольного содержания селена в твердом растворе, темновое сопротивление уменьшалось на 2 и 3 порядка. При $x = 0,4$ оно имеет значение ~ 100 Ом·см.

Исследовался механизм электропроводимости в твердых растворах $CdSe_xTe_{1-x}$ при температурах между 120–400 К в инертной атмосфере. Во всех образцах наблюдался переход от ограниченной межзеренными границами проводимости по зоне проводимости к проводимости по примесной зоне при температурах 290–300°К. Определены энергии активации проводимости в интервале температур 120–400°К.

На основе пленок твердого раствора $CdSe_xTe_{1-x}$ изготовлены p - n -гетеропереходы $Cu_2Te - CdSe_xTe_{1-x}$ путем погружения в раствор $CuCl$. Гетеропереходы обладают хорошими фотоэлектрическими характеристиками, поэтому их можно использовать в качестве солнечного элемента, либо фотоприемника.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ СО СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР.

Н.Р. Рахимов, М. Убайдуллин, Р. Сайдалиев
Наманганский Государственный Университет.

Доклад посвящен созданию и исследованию транзисторов со статической индукцией и их основных частей на основе гетероструктур. $GaAs - Al_x Ga_{1-x} As$

Транзистор со статической индукцией является разновидностью вертикальных полевых транзисторов и был изобретен Нишизава [1].

В известном полевом транзисторе меняется только сечение канала, а в транзисторе со статической индукцией меняется также и высота индуцированного потенциального барьера для электронов.

Отличительной особенностью транзистора со статической индукцией является способность выдерживать большие напряжения между стоком и затвором, низкое сопротивление истока, малая выходная емкость. Структура вертикальных полевых транзисторов представляется наиболее оптимальной для эффективного ввода световых пучков малых диаметров.

В докладе будет рассмотрена технология изготовления, результаты исследования транзисторов со статической индукцией и их основных частей на основе слаболегированного арсенида галлия и гетеропереходов $GaAs - Al_x Ga_{1-x} As$. возможности использования подобных структур для создания фотоэлектродов, пригодных для использования в волоконно - оптических линиях связи.

1. Nishizawa T.I., Terasaki T., Shibata J.
Field-effect transistor versus analog transistor
(static induction transistor). *IEEE Trans. Electron
Dev.*, V ED-22, N4, 185-192, 1975.



ИССЛЕДОВАНИЕ СЕГРЕГАЦИИ АТОМОВ УГЛЕРОДА НА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА

А. Холов

Государственный университет г. Ташкент

Известно, что при низких температурах до 1000 К на поверхности материалов не зависимо от его типа металл, диэлектрик, полупроводник образуются достаточно толстые пленки углеродных соединений из состава остаточного газа в вакууме. Эти покрытия ухудшают эмиссионные свойства и изменяют механические, электрические и оптические свойства поверхности.

В данной работе приводятся экспериментальные результаты исследования сегрегации углерода на поверхности монокристалла необия (100), который легирован атомами циркония. Исследования проводились методом оле-электронной спектроскопии в цельнометаллической сверхвысоковакуумной установке при давлении остаточных газов $\sim 10^{-10}$ Торр. Состав остаточного газа в объеме экспериментальной камеры контролировался масс-спектрометром типа МХ - 7304.

Эксперименты показывают, что в оле спектрах снятых от комнатной температуры до температуры 500 К \div 550 К имеется только пик углерода с постоянной амплитудой. При дальнейшем повышении температуры до \sim 750 К амплитуда пика углерода постепенно растет на \sim 20 %. Дальнейшее повышение температуры приводит к уменьшению концентрации углерода на поверхности и при температуре 1200 К \div 1250 К наблюдается небольшие следы пика углерода.

Обсуждается полученные результаты.

ЭФФЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА МЕЖЗЕРЕННЫХ ГРАНИЦ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

С. Х. Шамирзаев, Ш. А. Мирсагатов.

Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУ,
г. Ташкент

Использование процедур временных рядов и регрессионного анализа совместно с вычислением размерности вложения "временного ряда" позволило улучшить чувствительность существующих методик определения структуры электронных энергетических уровней в поликристаллических и компенсированных полупроводниках.

"Временные ряды" составлены из температурной зависимости проводимостей столбчатых поликристаллических пленок CdTe и температурной зависимости коэффициентов Холла кристаллов Ge p-типа, легированных Zn и компенсированных Sb. В столбчатых пленках CdTe определены плотности поверхностных состояний эффективной межзерновой границы. В $Ge \langle Zn, Sb \rangle$ выявлены условия нахождения примесных центров в возбужденных энергетических состояниях. Это потребовало проведения большого объема вычислений, а также высокого уровня автоматизации эксперимента, так как вычисление размерности вложения тем точнее, чем больше членов в используемом "временном ряду".

ВЫРАЩИВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЙ МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСКОГО

С.А.Сохаталиев, Т.К.Ташходжаев, А.Д.Юсупов.

Ташкентский автомобильно-дорожный институт, Ташкент

Известно, что в промышленности наибольшее распространение получил метод выращивания монокристаллов из расплава (метод Чохральского). Современные установки представляют собой модернизированные устройства принцип действия которых был указан Чохральским. Методом Чохральского удаётся выращивать хорошо ориентированные крупные слитки монокристаллов германия, кремния и других полупроводниковых веществ.

В настоящей работе монокристаллы кремния, легированные германием выращивались методом Чохральского в кристаллографическом направлении $\langle 111 \rangle$. Известно, что из-за разницы тетраэдрических радиусов атомов германия и кремния в кристалле возникает напряжение, которое создает различные несовершенства, так называемые макродефекты и микродефекты. Поэтому монокристаллы легирование германием выращиваются при скоростях на порядок меньше чем чистые компоненты.

Процесс роста: перед началом температуру расплава подняли на 150-200 °С выше температуры плавления расплава и поддержали в этом режиме 15 мин. Затем температуру понизили до температуры роста и начали выращивание монокристалла. Скорость роста составляла 0,2 мм/мин, скорость вращения тигля 18:20 об/мин, затровки 18:35 об/мин. Вращение тигля и затровки противоположны. Вес процесс проводился на потоке газа аргона. Были выращены монокристаллы кремния, содержащие 1,6; 2,2; 2,8; ат % Ge.

Проведен расчет распределения концентрации германия вдоль слитков и сравнение их с концентрацией германия в пластинах, вырезанных из различных участков кристалла. Концентрация германия в пластинах определялись методом рентгеновского микроанализа. Сравнение расчетной и экспериментальной концентрацией германия в выращенных кристаллах дало хорошее совпадение.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОДЕКАБОРИДА АЛЮМИНИЯ ПОЛУЧЕННОЕ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЛАВКИ

Голиков О.А., Таджиев А.А., Таджиев Б.А.
ТГТУ им. Беруни

Высокотемпературный додекаборид алюминия (α - AlB_{12}) имеет большую ширину запрещенной зоны (2,2 эВ) и обладает практически важными свойствами. Полупроводниковые свойства, эффект переключения и электрической памяти отмечены в ряде работ. Указанные свойства получены на пластинках небольших размеров, площадью 2 см^2 .

В данной работе приводятся результаты получения стержней α - AlB_{12} методом зонной плавки и исследования термоэлектрических свойств. Бестигельная зонная плавка осуществлялась высокочастотным нагревом в вакууме и в инертной среде. Термоэлектрические свойства изучены в интервале температур (300 - 1500К).

Установлено, что при плавке в вакууме происходит испарение алюминия. В результате образуется легированный алюминием В - бор. Образцы полученные в среде гелия высокой чистоты соответствует α - AlB_{12} . Результаты рентгеноструктурного анализа подтвердили индивидуальность образца. Материал термически стабилен, о чем свидетельствует воспроизводимость результатов при многократном нагреве и охлаждении. Ширина запрещенной зоны определенной из температурной зависимости электропроводности соответствует значению $E_g = 2,2$ эВ. Температурный ход кривых $\alpha = f(10^3/T)$ и $\delta = f(10^3/T)$ повторяет температурные зависимости термоэдс и электропроводности образцов полученные методом из раствора-расплава. Приведены сравнительные характеристики термоэдс додекаборида алюминия, с термоэдс В - ромбоэдрического бора. Показано, что термоэдс кристаллизованных материалов бестигельной зонной плавкой значительно выше. Теплопроводность составляет $\kappa = 2 \cdot 10^{-1}$ Вт/см К.

В результате исследования установлено возможность получения додекаборида алюминия бестигельной зонной плавкой в инертной среде. Образцы достаточно термостабильны и имеют сравнительно большие размеры.

БЕЗЭРОЗИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИФфуЗИИ СЕРЫ

С. А. Тачилин

Ташкентский Государственный Технический Университет

Открывающиеся перспективы по использованию межпримесного взаимодействия в результате применения дополнительного легирования серой монокристаллического кремния требуют оптимизации старых способов проведения диффузии серы и разработку новых. Учитывая современную тенденцию уменьшения глубины залегания p-n перехода, развитие технологий изготовления солнечных элементов можно сформулировать специальное требование предъявляемое к диффузии серы, это проведение диффузии без эрозии поверхности.

Традиционный способ проведения диффузии серы в кремний предполагает сильную эрозию поверхности. Так нормальным считается процесс диффузии с эрозией поверхности на глубину порядка 5 микрон. При высоких температурах диффузии (порядка 1200 С), при определенных условиях, может происходить полное разрушение кремниевых пластин.

Применяя численные методы к нахождению интеграла функции ошибок Гаусса содержащегося в решениях диффузионных уравнений Фика и неимеющего аналитического решения, а также на основе обобщения выражений описывающих процесс диффузии в ограниченном вакуумированном объеме, была разработана компьютерная модель процесса диффузии позволяющая рассматривать зависимости $N=f(T, t, N_s, N_q, h, X)$, $M=f(m, V, T)$, $P=f(m, V, T)$. На базе созданной программы был произведен расчет основных параметров диффузии для различных температур.

Исследование диффузии серы проводилось в интервале температур 900-1300 С при давлении паров серы от 1000 Па до 300 000 Па со временем отжига от 60 секунд до 7 200 секунд. В качестве исходных параметров использовались результаты компьютерного моделирования, которые рассматривались совместно с результатами экспериментального отжига пластин кремния в атмосфере паров серы в вакуумированной кварцевой ампуле.

Проведенные исследования с последующим анализом полученных результатов позволили установить зависимость эрозии поверхности кремниевой пластины при диффузии серы от температуры, времени, поверхностной концентрации, давления паров серы, и соответственно определить граничные условия безэрозионного легирования серой.

**Некоторые аспекты применения лазеров
в твердотельной технологии**

А.С. Цыбин

**Институт геофизических и радиационных технологий
Международной академии наук высшей школы, Москва,
Россия**

Лазерное излучение нашло широчайшее применение в современных технологических процессах в том числе при получении новых твердотельных материалов, направленном изменении свойств и параметров твердотельных образцов, создании новых элементов и приборов. В целом ряде случаев значительно больший эффект достигается при использовании лазерного излучения в совокупности с другими традиционными или нетрадиционными видами технологического воздействия термическое ионное плазменное и пр. Использование лазеров также существенно расширило возможности аналитического обеспечения технологических процессов.

В докладе рассматриваются применение лазерного излучения умеренной интенсивности ($I = 10^6 - 10^{10}$ Вт см²) для получения интенсивных потоков ионов и плазмы различных материалов, используемых для ионной имплантации и напыления тонких слоев в технологических процессах твердотельной электроники. Обсуждаются возможности лазерной имплантации при воздействии излучения на приготовленные слоистые твердотельные структуры. Рассматриваются результаты применения лазерного масс-спектрометрического анализа твердых образцов и возможности нейтронно-активационного анализа материалов и изделий с использованием портативных лазерных излучателей нейтронов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ Mn-Si.

К. Адамбаев, В.Е. Умирзаков, А.К. Ташатов, Ю.Д. Халиков
Ташкентский Государственный Технический Университет

Проведено исследование процессов диффузии в межфазной границе системы Mn-Si. Образцы получены напылением металлического марганца на пластины монокристаллического кремния. Нанесение Mn на поверхность Si (111) осуществлялось в вакууме (10 мм рт.ст.) при комнатной температуре.

Исследование процессов диффузии проводилось сразу после напыления или же после прогрева системы при температурах 300 - 1500 К.

Исследования проводились методом Оже-электронной спектроскопии (ЭОС) в сочетании с ионным травлением поверхностных слоев образца.

Показано, что для пленки Mn толщиной $d > 200 \text{ \AA}$ на Оже-спектрах, снятых до глубины 100 - 120 \AA , в основном, обнаруживаются пики, характерные для Mn.

При дальнейшем снятии слоев интенсивность Оже-сигналов начинает уменьшаться и появляются Оже-пики кремния, что обусловлено заметной диффузией кремния.

Анализ результатов ЭОС показывает, что имеет место также заметная диффузия марганца в Si. Толщина сформированного слоя Mn-Si составляет 200 \AA .

Одновременно изучены поведения пиков типа XVV кремния и марганца. В процессе травления образцов наблюдаются изменения только интенсивностей пиков Si и Mn, а их форма практически не меняется, что обусловлено отсутствием химической связи между Si и Mn при комнатной температуре.

Сделан вывод о достаточно большой энергии активации реакции между марганцем и кремнием.

ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬ КОМПЛЕКСЛАРНИНГ ТЕРМОДОНОРЛАРГА ТАЪСИРИНИ УРГАНИШ.

Асқаров Ш.И., Норкулов Н., Тошбоев Т.У.

Тошкент Давлат Техника университети.

Тошкент шаҳри.

Кремний монокристаллидан ҳар хил микроэлектроника асбоблари диодлар, транзисторлар ва қаказолар тайёрланади. Бу асбобларни бир-бири билан боғлаш, контакт ҳосил қилишда, уларни маълум бир температурагача қиздиришга тўғри келади. Бу пайтда купчина асбобларнинг қизиши натижа-сида, термодонорларнинг вуқудга келиши ҳисобига, уларнинг солиштирма қаршилиқлари, асосий бўлмаган эр^д ташувчиларнинг ҳам вақтлари узгариб кетади ва бундай асбобларни узок муддатга ишлашга бўлмайди. Шунинг учун ҳам, термодонорларни вуқудга келтирувчи элементларни жиловлаб қўйиш, унинг параметрлари температурага бардошли микроэлектроника материали олиш электроника саноатининг муҳим масалаларидан биридир. Бундай вазифани кремнийга фаол селенини дегираб, унинг комплексини ҳосил қилиш эвазига ҳам ечим мумкин.

Бунинг учун биз КДБ-10 маркали кремний монокристаллидан улчамлари 0,4x3x8 мм ли намуналар қирқиб олиб, уларга 1200°C температурада селенини қиздириш йули билан киритдик. Кейин эса ҳосил бўлган n-Si[B, Se] намуналарига 1250°C температурада темир дегирадик. Шундан сунг n-Si[B, Se, Fe] намуналарни 700°C температурада 10 соат мобайнида қайта қиздиришга қўйдик. Натижада солиштирма қаршилиги $\rho = 10 \text{ Ом.см}$ p-хилли Si[B, Se, Fe] намуналарига эга бўлдик. Бу намуналарни ҳайда параметрлари худди шундай бўлган Si[B] намуналарни бирраликда 300-500°C температурада оралигида 50°C қадам билан қиздирдик. Ҳар сафар қиздириш вақти 1 соатдан 10 соатгача давом этади. Тажриба натижалари шунини кўрсатдики, Si[B, Se, Fe] намуналарининг солиштирма қаршилиқлари ва асосий бўлмаган эр^д ташувчиларининг ҳам вақтлари узгармаган бўлса, худди шу пайтда Si[B] назоратчи намуналарининг ҳам солиштирма қаршилиги, ҳам асосий бўлмаган эр^д ташувчиларининг ҳам вақтлари узгарганилиги ҳатто 450°C температурада 3 соатдан кейин Si[B] намуналарининг ўзлаштириш сури p-дан n-га ўтиб, солиштирма қаршилиги деярли 1 ом.см бўлганилиги қайд қилинди. Шундай қилиб, биз селени ва темирларни кетма-кет дегираб, электронейтраль комплекс ҳосил қилиш жараёнида бу жараённинг термодонорларни вуқудга келтирувчи элементларга таъсир кўрсатишини тажриба йули билан кўрсатдик.



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЛЕНОК СИЛИЦИДОВ МАРГАНЦА

Адамбаев К., Абиров А.А.
ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Проведено исследование структуры и состава пленок силицидов марганца, образованных твердофазной реакцией на поверхности пластин монокристаллического кремния.

Исследования проводились методами дифракции электронов и рентгеновских лучей.

Выявлено, что пленка имеет поликристаллическую структуру и содержит моносилцид и высший силицид марганца. Показано, что в определенных условиях можно получить и другую фазу силицида Mn_2Si_3 .

Исследования показали, что образцы, содержащие пленку силицида марганца толщиной 10 мкм и более имели промежуточный слой на границе силицид марганца-подложка кремния.

Из электронограммы образца, травленного на клин определено, что в подобных структурах на границе пленка-подложка образуется эпитаксиальный слой кремния. Толщина и структура данной пленки кремния определяются температурой временем процесса.

Проведено исследование проводимости, фотопроводимости, фото и термо Э.Д.С. пленок силицидов марганца.

Выявлено, что вдоль поверхности пленок силицидов существует фото Э.Д.С., величина которой существенно зависит от структуры образца.

Показано, что пленка силицида марганца имеет термо Э.Д.С., зависящую от температуры образца. Измерения показали, что электропроводимость пленки при комнатной температуре зависит от структуры и состава пленок и имеет температурную зависимость во всем диапазоне температур исследования.

Полученные данные анализируются, учитывая кристаллическую структуру высшего силицида марганца и зависимость проводимости от состава и структуры силицидов марганца.

Сделан вывод о возможности получения высокочувствительных пленок на основе силицидов марганца, что делает возможным применение их в качестве различных датчиков.



UZ9700833

58

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР
В СИСТЕМЕ $InGaAsSb/GeSb$

Ахмедов Д.

Худжандский государственный университет

В современной технике постоянно возрастает значение полупроводниковых источников и приемников излучения, находящихся широкое применение при передаче, обработке и воспроизведении информации, спектроскопических измерений, контроля параметров окружающей среды, экологии и т.д. Одно из важнейших практических применений таких приборов в волоконно-оптических линиях связи.

В настоящее время разработаны фторидные кварцевые световолокна, на которых оптические потери в спектральном диапазоне 2-4 мкм на 10-100 раз меньше, чем в спектральном диапазоне 0,8-1,6 мкм. В связи с этим особенно важна задача создания излучателей и приемников в этой спектральной области на основе твердых растворов $InGaAsSb$ и опериодических $GeSb$.

Эпитаксиальные слои $InGaAsSb$ выращивались методом жидкофазной эпитаксии на подложках $GeSb$ при температуре 555°C. В качестве растворителя была использована оурьма (I). Известно, что качество эпитаксиальных слоев сильно зависит от совпадения постоянных решеток выращиваемого слоя и подложки определялось методом рентгеновской дифракции. Состав эпитаксиальных слоев определялись рентгеноспектральным анализом (3).

Определены технологические режимы получения согласования в параметре решетки подложки $GeSb$ и эпитаксиального слоя твердого раствора состава $In_xGa_{1-x}As_ySb_{1-y}$.

Длина волны излучения определенная фотолюминесценцией в однослойных гетероструктурах $GeSb/InGaAsSb$ и электролюминесценцией в двухслойных гетероструктурах $GeSb/InGaAsSb/GeSb$ при температуре 77 К равнялась $\lambda = 3,91-3,95$ мкм.

Литература:

1. Васильев В.И., Кузнецов В.В., Мишурин В.А., - Изв.Ан СССР. Неорганические материалы, 1990, 26, 1, 23-27.
2. Stringfellow G.B. - J. Appl. Phys, 1972, 43, 8, 3455-3460.
3. Конников С.Г., Сидоров А.Ф. - Электронно-зондовые методы исследования полупроводниковых материалов и приборов. М. "Энергия"; 1978, 136.

β - РОМБОУДРИК БОРДА КОМПЕНСАЦИЯЛАНИНГ ХОДИСАСИ

Хонидов Т., Мирзахонов Э., Халилов Д. А.
Фарғона политехника институти.

Наълунки бор туртта кристалл ва аморф куринишларида учрайди. Улардан β - ромбодрик модификациясининг электрофизикавий хоссалари бошқаларига нисбатан кенг миқосда урганилган бўлса-да, унинг ярим ўтказгичлик хоссаларига турли аралашмаларнинг таъсир этиш механизлари ҳақида янми маълумотлар етарлича эмас.

Тадқиқотчиларнинг курсатишича, айрим элементларнинг (W, Mo ва бошқалар) атомлари β - борнинг таркибида туп-туп (класторлар куринишида) бўлиб ҳойлашса, бошқа бир гуруҳ элементларники (Сz, Mn, Se, Та ва бошқалар) бир текисда таксимланади. Эҳтимол шу сабабли анъанавий усуллар билан β - борга киритилган бегона элемент атомларининг барчаси ҳам унинг электр хоссаларига таъсир этмаслиги мумкин. Аралашмаларга бўлган сезгирлигининг пастлигига асосланиб β - бор аморф ва кристалл материаллар орасидаги оралик материаллар туркумига киритилмоқда. Айрим маълумотларга кура оғирлик нисбатида 1 % фоз атрофида бегона элементлар киритилганда β - борнинг электр қаршилиги кескин камайиши ҳам қайд этилган. Ҳозирги кунда β - борнинг электр хоссаларига аралашмаларнинг таъсири ва унда содир буладиган кинетик ҳодисаларнинг механизми ҳақида аниқ фикрларга келинганича йўқ.

Маърузада β - борнинг таркибига бир текисда сингиб кетадиган Та элементининг унинг электр ўтказувчанлигига таъсири баён этилган. Маълумотларнинг таркибидаги танталнинг миқдори ва таксимоти мос равишда нейтрон - активацион ва автордиография усуллари билан аниқланган.

Таркибида $3 \cdot 10^{17} - 1 \cdot 10^{20}$ ат/см³ тантал аралашмаси бўлган β - борнинг барча наъмуналари р - тип ўтказувчанликка эга.

Уш ҳароратда олинган натижалар экстраполяция қилинганда β - борнинг солиштирма қаршилиги танталнинг концентрацияси ортиши билан дастлаб ўсиши ва танталнинг миқдори $4,3 \cdot 10^{19}$ ат/см³ дан ортганда эса кескин камайиб кетиши илк бор қайд этилди.

Таркибида $3 \cdot 10^{17} - 6 \cdot 10^{19}$ ат/см³ тантал аралашмаси бўлган наъмуналарнинг солиштирма қаршилигининг ҳароратга боғланиш характери аятарли бир хил бўлиб Нотнинг $T^{-1/4}$ қонуни билан ифодаланади.

Танталнинг концентрацияси 10^{20} ат/см³ бўлган β - бор наъмунасининг солиштирма қаршилиги эса ҳарорат ортиши билан экспоненциал қонуният бўлича камаяди. Активация энергияси 300 - 500 К ораликда 0,1 эВ, 500 - 600 К да эса 0,36 эВ ни талқил этади.

Маърузада аралашмаларнинг β - бор электр ўтказувчанлигига таъсир этиш механизми муҳокама этилган.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ $\text{InP}(\text{Bi})$

Алибеков С.А., Исламов С.А.

Табл. V

Известно, что получение качественных кристаллических структур из расплава в значительной степени определяется процессами гидродинамического перемешивания в жидкой фазе.

Целью настоящей работы является построение математической модели процессов массопереноса, происходящих в системе при жидкостной эпитаксии соединений $\text{In Bi}_x\text{P}$ в режиме принудительного охлаждения.

В качестве растворителя в данном случае выступала Bi , а в качестве диффундирующих в расплаве индия и фосфор. Моделирование показало, что коэффициенты диффузии компонентов, содержащихся в раствор-расплаве, существенно зависят от температуры. Неучет этой зависимости в ряде случаев может привести к значительной погрешности при расчете скорости роста толщины пленок.

Решение задачи с различными значениями начальной концентрации индия в расплаве позволили установить зависимость фазового состава пленки от начальных данных.

Результаты моделирования о достаточной степени точности совпадают с экспериментальными, что это показывает об адекватности математической модели процессам протекания в системе при выращивании эпитаксиальных пленок, а также о правильности выбора эффективных коэффициентов диффузии.

Моделирование процесса с различными постоянными скоростями охлаждения позволило оценить влияние закона охлаждения на фазовый состав пленки. Расчеты проводились для скоростей, лежащих в диапазоне:

$$2 \text{ град.}! \text{ мин.} \frac{dT}{dt} \leq 10 \text{ град.}! \text{ мин.}$$

Выбор такого диапазона обусловлен, тем, что при скоростях охлаждения больших 10 град. ! мин., в расплаве начинается процесс спонтанной кристаллизации, вследствие чего такой режим на практике не используется.



UZ9700834

61

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ β -SiC МЕТОДОМ ВММС
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ Ar И Kr.**

Шамуратов Х.А., Атабаев И.Г., Салиев Т.М.

**Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУз
г. Ташкент**

При исследовании реальной кристаллической структуры SiC наряду с обычными методиками дополнительную информацию может дать применение метода вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС).

В данной работе спектры вторичных положительных ионов β -SiC, выращенного в условиях избытка кремния, полученные при облучении ионами аргона с энергией 1,5 кэВ, содержат атомарные Si^+ (различных изотопов кремния), углерода C^+ и кластерные ионы соединений SiO^+ , $SiOH^+$, $SiCH^+$. Учет пиков Si_{28}^+ , Si_{29}^+ , Si_{30}^+ и наиболее интенсивного пика Si_{28}^+ позволяет сделать вывод о наличии в матрице монокристаллического карбида кремния включений кремния. Бомбардировка карбида кремния ионами инертных газов различной массы (Ar и Kr) позволяет провести зондирование образца на различные глубины на приповерхностной области. Во всех случаях масс-спектры карбида кремния содержат Si^+ , C^+ и кластерные ионы Si_m^+ , C_m^+ ионы химических соединений SiO^+ , $SiOH^+$, $SiCH^+$, остаточные газы H^+ , O^+ . Наиболее интенсивные пики Si_{28}^+ и SiC^+ . Соотношение между их амплитудами $I(Si^+)/I(SiC^+)$ при облучении аргоном, больше чем при облучении криптоном. На наш взгляд это связано с ростом эффективности передачи энергии при упругом соударении при равенстве масс: масса Ar-40, а SiC-39. Пики связанные с окисью кремния наблюдаются как при ионном, так и криптоном зондировании. Следовательно, включения кремния отделены от матрицы карбида кремния слоем окиси кремния.

ПОЛУЧЕНИЕ ВАРЬЕОННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НОВОГО ТИПА



А.С.Сандов, Д.В.Сандров, В.А.Рислева
Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУв
г.Ташкент

Получение из газовой фазы метастабильных твердых растворов $(Ge_2)_{1-x}(GaAs)_x$ впервые показано в работах [1,2]. В наших работах впервые осуществлена возможность выращивания варьеонных твердых растворов $(Ge_2)_{1-x}(GaAs)_x$, $(Si_2)_{1-x}(GaP)_x$ и $(Ge_2)_{1-x}(InP)_x$ во всем интервале $(0 < x < 1)$ методом жидкофазной эпитаксии [3].

Анализ наших работ [3] свидетельствует о новом явлении - образовании молекул элементарных веществ и их твердых растворов с осадившими A^{3B^5} в системах раствор-расплава-подложка. На основании этого явления мы считаем, что возможно получение нового класса варьеонных твердых растворов $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$.

Приводятся данные о выращивании твердых растворов $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$ двумя методами: а) напылением; б) жидкофазной эпитаксией из окисляющего раствора-расплава $(Ge + CdTe + Sn)$, а также дается распределение компонентов Ge, Cd, Te в полученных твердых растворах $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$ и Ge- $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$, $GaAs$ - $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$ структурах. Исследования проводились на микроанализаторе "Самса", результаты анализа показывают, что методом испарения в выращенных пленках не наблюдаются Ge, а в пленках выращенных из жидкой фазы окисляющего раствора-расплава заметно существование Ge и твердые растворы $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$.

Изучение слоев посредством рентгеновской флуоресценции показывает существование Ge (длина волны 1254,05 нм), Te(2712,41 нм), Cd(950,2 нм), что доказывает возможность получения варьеонных твердых растворов нового типа $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов Ж.И. и др. ФТП, 1982, т.16, № 5, С.831.
2. Newman R.E. and J.D.Dow. Phys.Rev., 1983, В.27, № 2, P.7496.
3. Сандов А.С. УФМ, 1993, № 4, С.48.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОСОСАЖДЕННЫХ ПЛЕНОК ПО ТОЛЩИНЕ.

Г.А.Набиев.

Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

При получении пленок термическим осаждением веществ на подложку одной из важных характеристик является толщина пленок и распределение этой толщины по длине пленки.

Известные выражения получены для случая, когда плоскость подложки параллельна плоскости испарителя. Но такое строгое условие не всегда выполняется в одних случаях из-за конструкции, в других из-за любых случайных отклонений.

В работе приведены результаты проведенного расчета распределения толщины по длине пленки для общего случая, когда плоскость подложки не обязательно параллельна плоскости испарителя. Эта задача представляет самостоятельный интерес для случая полупроводниковых пленок с эффектом аномально-больших фотонапряжений, ферромагнитных пленок, пленок, широко применяемых для ориентации жидких кристаллов и др., которые получают специально косоугольным осаждением исходного вещества.

Из полученных выражений следует, что распределение толщины очень чувствительно к углу отклонения подложки от нормали. Максимум толщины косоосажденных пленок уже не лежит на точке над испарителем. С увеличением угла осаждения увеличивается максимальное значение толщины; максимум толщины сдвигается от точки над испарителем; нарушается симметрия относительно максимального значения толщины.

ВЫРАЩИВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МПС ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИСПАРЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ.

М.И. Арзуов, М. Дуйсенбаев, Т. Сепербеев.

Каракалпакский госуниверситет имени Бериха.

Наибольшие успехи в создании субмикронных полупроводниковых пленок и многоуровневых структур достигнуты вакуумными методами. Для получения модулированных полупроводниковых структур (МПС) нами использовались полупроводниковые материалы: германий и теллур.

МПС выращивались на подложке из монокристаллического арсенида галлия марки АГЧТ-40а. Температура подложки варьировалась в пределах 400-580 °С и устанавливалась при помощи ВРТ-3. Сперва на поверхность [100] арсенида галлия выращивался буферный слой из германия толщиной 1-2 мкм, затем германий испарялся постоянно, а теллур испарялся импульсами ИАГ-лазера (1.05 мкм), работающего в режиме свободной генерации. Излучение лазера через световод подается в вакуумную камеру и фокусируется линзой на поверхность образца. При этом достигнутые значения плотностей светового потока составляли $10^6 - 10^7$ ватт/см². Количество слоев изменялись от 80 до 400.

Омические контакты к МПС получены путем испарения теллура в высоком вакууме импульсами лазера. Исследована статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) МПС. ВАХ имеет следующие закономерности: J-V, несколько участков N-образной отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП) при малых приложенных напряжениях, а при больших N-ОДП переходит в S-образную ВАХ. По данным ВАХ определена максимальная величина ОДП: $G \approx 2 \times 10^3$ сименс.

Проведены рентгенографическое и электронографическое исследование МПС. Для электронографических исследований МПС выращивались на поверхности скола NaCl.

Обсуждаются механизмы протекания тока через МПС. Наблюдаемые нами несколько участков ОДП на ВАХ, по-видимому, связаны наличием квантовых ям в МПС.

Ш - СЕКЦИЯ

" ПРИМЕСИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ "



КРЕМНИЙ, ЛЕГИРОВАННЫЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ - ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Далиев Х.С., Зайнабидинов С.З.
ТашГУ им.М.Улугбека, г.Ташкент

В последние годы ведется интенсивное изучение свойств полупроводников, содержащих примеси редкоземельных элементов (РЗЭ). Актуальность таких исследований обусловлена, прежде всего, тем, что наличие РЗЭ в полупроводниках оказывает существенное влияние на термическое и радиационное дефектообразование.

В данной работе исследованы процессы дефектообразования в Si с примесями РЗЭ - Sm, Gd, Yb, Ho, Eu и La. Из измерений спектров нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и фотоемкости (ФЕ) установлено, что атомы РЗЭ не образуют глубоких уровней (ГУ) в запрещенной зоне кремния, хотя их полная концентрация по данным нейтронно-активационного анализа в объеме Si составляет $10^{14}-10^{17}$ см⁻³. Обнаружено, что высокотемпературная обработка образцов Si<РЗЭ> в интервале температур 900-1200°C в течение 0.5-100 часов приводит к активации примесей РЗЭ и образованию нескольких ГУ в запрещенной зоне исследуемых кристаллов. Показано, что эффективность образования ГУ зависит от содержания редкоземельной примеси и температуры обработки. Обнаружено, что эффективность образования ГУ в Si <РЗЭ>, подвергнутом термообработке, зависит также и от содержания кислорода в исходном кремнии с РЗЭ.

Установлено, что в результате γ -облучения образцов Si с примесью РЗЭ образуются известные радиационные дефекты (РД): А- и Е-центры, причем, в зависимости от содержания кислорода, доминирует тот или иной центр. Обнаружено, что присутствие РЗЭ в объеме Si оказывает существенное влияние на процессы образования РД и кинетику их накопления. Сопоставление дозовых зависимостей РД в контрольных и легированных образцах показало, что наличие примесей РЗЭ в объеме кремния значительно снижает скорость введения радиационных дефектов. Наблюдаемые эффекты следует связывать с особенностями взаимодействия РД с редкоземельными элементами.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АТОМОВ ПЛАТИНЫ И ЖЕЛЕЗА В КРЕМНИИ

Абдуракманов К.П., Олимбеков З., Отамонов Д.
ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Известно, что одной из технологических примесей, всегда присутствующих в кремнии в довольно высокой концентрации, является железо. Эта примесь зачастую нежелательна и ее наличие может значительно изменить электрофизические свойства самого кремния, а также поведение других специально вводимых в кремний примесей.

В последние годы для контролируемого уменьшения времени жизни неосновных носителей тока и повышения быстродействий приборов в качестве легирующего элемента в микроэлектронной промышленности все шире используется платина.

Поэтому изучение взаимодействия атомов платины и железа в кремнии, проведенное нами в данной работе, представляет определенный интерес. Для проведения исследований были изготовлены образцы кремния, легированного железом, платиной и одновременно обеими примесями. С помощью методов нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и фотоемкости (ФЕ) определен энергетический спектр глубоких уровней (ГУ), создаваемых атомами железа и платины в образцах $\text{Si}(\text{Fe})$, $\text{Si}(\text{Pt})$ и $\text{Si}(\text{Fe}+\text{Pt})$.

Установлено, что диффузия Fe в n-Si приводит к образованию ГУ $E_v + 0.41$ эВ, связанного с междоузельным железом в состоянии Fe^{D} .

Показано, что легирование кремния платиной приводит к образованию двух ГУ с энергиями ионизации $E_c - 0.25$ эВ и $E_v + 0.37$ эВ.

Из измерений обнаружено, что легирование n-Si(Fe) второй примесью с ГУ (Pt) приводит к значительному уменьшению концентрации уровня $E_v + 0.41$ эВ, связанного с атомами железа. Установлено, что эффект уменьшения N_{Fe} сопровождается синхронным уменьшением концентрации уровней платины в кремнии.

Анализ полученных данных показывает, что появления каких-либо новых ГУ в образцах n-Si(Fe+Pt) не наблюдается.

Дополнительные эксперименты, проведенные с помощью автордиографии, показывают, что атомы Pt введенные в объем кремния вытягивают железо на поверхность Si.

СОСТОЯНИЕ АТОМОВ КИСЛОРОДА В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ: РЕЗУЛЬТАТЫ КВАНТОВОХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Хакимов З.М., Мухтаров А.П., Умарова Ф.Т.
Институт ядерной физики АН РУ, г.Ташкент

Как известно, в кремнии, используемом в современных полупроводниковых приборах, в больших количествах присутствуют примеси кислорода. Несмотря на огромное внимание к исследованию дефектных центров с участием атомов кислорода, природа большинства из них до сих пор остается невыясненной.

В данном сообщении приведены результаты расчетов полной энергии и геометрии дефектов с участием кислорода в кристаллическом кремнии некумпирическим методом сильной связи /1,2/ в рамках кластерной модели. При этом, рассмотрены различные конфигурации междоузельного атома кислорода и его комплексов с вакансией в решетке кремния. Расчеты показывают, что междоузельный атом кислорода существует только в двукратно положительном зарядовом состоянии в виде конфигурации, расщепленной в направлении $\langle 100 \rangle$. Присоединение второго атома кислорода дестабилизирует вид конфигурации, и энергетически выгодным становится изогнутая мостиковая структура $Si-O-Si$. При этом междоузельный атом кислорода и комплекс SiO_n ($n=2,3,\dots$) не дают электрически активных уровней. Уровни в вапещивной зоне, характерные для термодоноров, дает комплекс $(V+O_2)$. Как установлено расчетами, центр $(V+O_2)$ имеет два минимума адиабатического потенциала. Один из них - мелкий, при расстоянии между атомами кислорода, близком к равновесному расстоянию для изолированной двухатомной молекулы O_2 . Другой глубокий, где атомы кислорода расположены практически в центрах противоположных граней вновь образованной ячейки между двумя атомами кремния, которые являются вторыми соседями.

1. Khakimov Z.M.//Comput.Mater.Sci. - 1994. - V.3(1). - P.94.
2. Хакимов З.М., Мухтаров А.П., Умарова Ф.Т., Левин А.А.//ФТП. - 1994. - Т.28, вып.10. - С.1727.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НОСИТЕЛЯ
ЗАРЯДА ОТ СТЕПЕНИ ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ ПРИМЕСЯМИ,
СОЗДАЮЩИМИ ГЛУБОКИЕ УРОВНИ

Махкамов И., Турсунов Н.А., Ашуров М.
Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент.

В работе предлагается метод определения энергии ионизации глубоких уровней (E_t) и предельного значения времени жизни носителей заряда (τ_0) при наличии нескольких компенсирующих уровней в запрещенной зоне, основанный на измерении зависимости времени жизни неосновных носителей заряда от положения уровня Ферми или степени легирования материала при постоянной температуре.

Суть метода заключается в экстраполяции прямых участков зависимости $\tau = f(E_p)$, точка пересечения которых с осью абсцисс соответствует энергии залегания уровня примеси E_t , а с осью ординат - предельному значению τ_0 .

Для выявления возможности использования предложенного метода по определению τ_0 и E_t была исследована зависимость $\tau = f(E_p)$ при комнатной температуре для кремния, легированного примесями палладия и платины, создающими глубокие донорные и акцепторные уровни. Время жизни неосновных носителей заряда измерялось при низких уровнях возбуждения методом стационарной фотопроводимости с объемной генерацией электронно-дырочных пар.

Из зависимости $\tau = f(E_p)$ для Si<Pt> определены два глубоких уровня с энергиями ионизации $E_0 - 0,25$ и $E_v + 0,3$ эВ. При этом предельные значения τ_{p0} и τ_{n0} составляют $2,6 \cdot 10^{-8}$ и $1,2 \cdot 10^{-9}$ с, соответственно. Для Si<Pd> определены уровни $E_0 - 0,18$ и $E_v + 0,34$ эВ, с предельными значениями τ_{p0} и τ_{n0} порядка $2 \cdot 10^{-8}$ и $5 \cdot 10^{-9}$ с, соответственно.

Оценена возможность метода для получения информации о предельных значениях времени жизни носителей заряда и глубины залегания энергетических уровней в кремнии при наличии нескольких примесных и радиационных дефектных центров.

О ПОВЕДЕНИИ ГАФНИЯ В КРЕМНИИ

Далиев Х.С., Гулямов Ш., Мирсамуратов И.А.,
Абдурахманова И.К., Туйчиев У.А.
ТашГУ им. М. Улугбека, г. Ташкент

Совершенствование серийных приборов на кремниевой основе и улучшение их эксплуатационных параметров вызывает необходимость обнаружения и идентификации неконтролируемых и специально вводимых примесей и других дефектов, и исследования их влияния на свойства кремния. Наименее исследованными среди этих примесей являются тугоплавкие элементы в кремнии. Поэтому целью данной работы являлось изучение поведения в кремнии одного из этих элементов - гафния (Hf).

Изучено влияние атомов Hf, введенных как диффузионным методом, так и в процессе выращивания, на электрофизические параметры кремния. С помощью ИК-спектроскопии изучено также влияние атомов гафния на содержание кислорода в кремнии.

Показано, что значение удельного сопротивления (ρ) Si после диффузионного легирования гафнием увеличивается для образцов n-типа и не изменяется для образцов p-типа. Это, очевидно, связано с тем, что примеси гафния в кремнии образуют акцепторные уровни. Обнаружено, что профиль распределения удельного сопротивления по глубине не описывается \exp функцией, а состоит из двух участков: вначале наблюдается резкий рост ρ до глубины 80 мкм, далее значение ρ стабилизируется и заметного изменения удельного сопротивления не наблюдается.

Из результатов измерений спектров ИК-поглощения показано, что концентрация оптически активного междоузельного кислорода N_0^{OPT} практически не изменяется для контрольных образцов, в то время как для образцов Si, легированного гафнием, N_0^{OPT} уменьшается на 5-10%. Установлено, что в образцах Si, легированного Hf при выращивании, наблюдается уменьшение N_0^{OPT} на 10-20% по сравнению с исходным кремнием.

Показано, что высокотемпературная обработка (ВТО) n-Si с примесью Hf при 1200°C приводит к восстановлению N_0^{OPT} . Обнаружено также увеличение ρ образцов n-Si(Hf) выращ. при ВТО.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ПРИМЕСЕЙ ПАРЫ Mn-Zn В КРЕМНИИ

Утамурадова Ш.В., Гулямов Ш., Каландаров Х.
ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Свойства кремния определяются не только распределением, но также типом и концентрацией примесей, содержащихся в нем. Известно, что примеси переходных элементов часто используемые для контролируемого управления параметрами кремния, занимают междоузлия в Si и имеют склонность к комплексообразованию с другими примесями. Энергия взаимодействия ионов металлов переходной группы и акцепторных примесей достаточно велика, поэтому возможно образование примесных пар при довольно низких температурах.

В данной работе методами DLTS и ЭПР исследовано взаимодействие атомов Mn и Zn в Si. Определен энергетический спектр глубоких уровней (ГУ) в Si, раздельно и одновременно легированном примесями Mn и Zn. Установлено, что при одновременном введении Mn и Zn в Si образуются ГУ с энергиями ионизации $E_c = 0.42$ эВ и $E_c = 0.47$ эВ. Параметры этих уровней совпадают с параметрами ГУ, обнаруженными нами ранее в Si, раздельно легированном Mn или Zn: ГУ $E_c = 0.42$ эВ связан с атомами марганца в состоянии Mn° в Si(Mn) и $E_c = 0.47$ эВ в Si(Zn) — с атомами Zn в междоузлиях. Показано, что концентрации этих ГУ в образцах Si(MnZn) на 1-1.5 порядка ниже, чем в образцах Si(Mn) и Si(Zn).

Установлено, что совместное введение Mn и Zn в Si приводит к образованию нового уровня с энергией ионизации $E_c = 0.33$ эВ и сечением захвата электронов $\sigma_n = 6.7 \cdot 10^{-14}$ см². Параллельное измерение спектров ЭПР на этих же образцах позволило определить электронную структуру нового центра.

Показано, что концентрация ГУ $E_c = 0.33$ эВ хорошо коррелирует с концентрацией примесной пары $(MnZn)^{\circ}$, определенной из спектров ЭПР в образцах Si(MnZn). Установлено, что спектры пары $(MnZn)^{\circ}$ состоит из пяти групп линий тонкой структуры, каждая из которых расщепляется на шесть линий из-за сверхтонкого взаимодействия с ядрами марганца. Показано, что корреляция ГУ $E_c = 0.33$ эВ с парамагнитным центром $(MnZn)^{\circ}$ подтверждается исследованиями их кинетики низкотемпературного отжига.



ТЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ

$n-Si < Gd >$

И.Н.Каримов, А.Р.Тураев, А.А.Холбеков, Ш.Ахбаров.

Ташкентский Госуниверситет им.М.Улугбека. г. Ташкент

Андижанский Госуниверситет им.Бобура. г.Андижан

Наличие примесных выделений в кремнии, легированном редкоземельными элементами (РЗЭ) при выращивании приводит к заметным внутренним напряжениям, природа которых связывается различием термических коэффициентов расширения второй фазы и матрицы.

Эти напряжения могут быть частично или полностью сняты при последующих термообработках этих материалов с медленным охлаждением или под действием всестороннего гидростатического давления (ВГД) [1].

В данной работе исследовано влияние ВГД на электрические свойства кремния, легированного гадолинием при выращивании монокристаллов кремния марки КЭФ-20. Электрическая активация атомов Gd в Si достигалась их термообработкой при температуре $T=200 \pm 1100^\circ C$. ВГД проводились на установке ДГ-16 в интервале давлений $P=0 \pm 12$ кбар при комнатной температуре.

Показано, что при малых значениях давления (до $P \approx 2$ кбар) тензосопротивление R является обратимым, а при давлениях $P > 2$ кбар тензосопротивление приобретает необратимый характер. Тензосопротивление исходных образцов $n-Si$ во всем интервале скатки является полностью обратимым.

Экспериментально определенные зависимости $\rho = f(P)$ в исследуемом интервале ВГД как при скатки, так и после обратки имеют немонотонный характер с экстремумами при 2 и 6 кбар. Возможными причинами наблюдаемой немонотонности этих зависимостей, на наш взгляд, являются существование двух встречных процессов в исследуемой системе - уменьшение ширины запрещенной зоны кремния при ВГД и соответственно, изменение энергии ионизации глубоких уровней Gd , которое приводит к росту концентрации носителей тока и распад precipitates с последующим переходом части атомов гадолиния, освобожденных от precipitates в электрически активные состояния [1], в результате чего увеличивается степень компенсации образцов $n-Si < Gd >$ и происходит возрастание ρ образцов.

Л и т е р а т у р а :

1. Зайнебицанов С.З. и др. УТН, т.23, в.12, 1989, с.2116-2122.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИОНИЗАЦИИ ПРИМЕСНЫХ УРОВНЕЙ В МИКРОКРИСТАЛЛАХ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА

В.Т.Туланов, Т.Наваров, Б.Р.Рахматуллаев
Ташкентский государственный университет г.Ташкент

Сенситометрические характеристики, в частности, спектральная чувствительность промышленных фотоплёнок зависит от энергетического спектра примесных уровней микрокристаллов $AgHal$.

В составе фотоэмульсии микрокристаллы $AgHal$ находятся в виде отдельных частиц, пространственно разделённых друг от друга связывающей желатиной. Поэтому определение энергии ионизации примесных уровней микрокристаллов обычными электрическими и фотоэлектрическими способами не представляется возможным.

В данной работе на основе термостимулированного фотографического эффекта / 1, 2 / проведено теоретическое исследование и выведено математическое соотношение для определения энергетического спектра примесных уровней микрокристаллов галогенидов серебра.

При расчёте предполагается, что нагрев фотоплёнки производится равномерно, т.е. изменение температуры T по времени составляет линейную функцию. Тогда, используя формулу Гарлика-Гипсона $N \sim a \cdot e^{-\Delta E/kT}$ (где a - постоянная), показывающую зависимость количества термически выброшенных в зону проводимости электронов от температуры нагрева и считая, что $D \sim \lambda N$ (где λ - также постоянная), после небольших математических преобразований можно получить следующую формулу для расчёта энергетического спектра примесных уровней эмульсионных микрокристаллов:

$$\Delta E = \kappa \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \left[\frac{2.3}{\gamma} (D_2 - D_1) + \ln \frac{\left(\frac{dD}{dT}\right)_{T_2}}{\left(\frac{dD}{dT}\right)_{T_1}} \right]$$

где D_1 и D_2 оптические плотности почернения фотоплёнки при температурах T_1 и T_2 соответственно, κ - постоянная Больцмана, γ - коэффициент контраста данного типа фотоплёнки, $\left(\frac{dD}{dT}\right)_{T_1}$ и $\left(\frac{dD}{dT}\right)_{T_2}$ соответствующие приращения оптических плотностей почернения при температурах T_1 и T_2 .

Л и т е р а т у р а

1. Рывкин С.М., Туланов В.Т. ИЖФК 1976, т.21, № 1, с.59.
2. Горлин Л.Б., Парницкий Л.Г., Туланов В.Т. ИЖФ, 1987, т.57, в.3, с.607

Тензосвойство диодов с барьером Шоттки
типа $\text{Au-Si}\langle\text{Ni}\rangle\text{-Si}$ при локального давления

Зайнабидинов С.З., Маматкаримов О.О., Хамидов Р.Х. Каримов Ш.
Ташкентский Государственного Университет им.М.Улугбека

Исследование тензoeffекта в полупроводниковых структурах являющихся соотвной частью ИС представляет научно-практический интерес как для надёжности данных структурах к механическим воздействиям так и для создания чувствительных датчиков давлений.

В данной работе в первые изучено исследование тензосвойства диодов с барьером Шоттки (БШ) типа $\text{Au-Si}\langle\text{Ni}\rangle\text{-Si}$ при локального давления. Исследуемые диоды были получены на базе компенсированного кремния и $\text{n-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ с удельным сопротивлением $\rho \sim 2 \cdot 10^3$ Ом.см и полоскостью БШ перпендикулярный кристаллографической оси [111].

Измерение ВАХ диодов БШ проводилась созданной нами универсальной установки для локального давления в интервалом давлении $P = 0 + 1,5 \cdot 10^8$ Па $T = 300$ К при условиях давления JPR [111] и $T = 300$ К.

Измерения ВАХ диодов с БШ показали, что при воздействия локального давлении значение токов при прямых и обратных смещениях увеличивается с увеличением давления. При этом относительное изменение прямого тока при значениях локального давления $P = 1,5 \cdot 10^8$ Па составляет 10 - 12 разе, что значительно превосходит соответствующие изменение обратного тока.

Анализ полученных воспроизводимых результатов позволяет предположить что столь значительных изменения прямых токов при воздействии давления связаны не только с изменением высоты потенциального барьера и с уменьшением сопротивления базы диода. При этом под давлением возрастает доля падения напряжения падающей непосредственного на БШ.

Л И Т Е Р А Т У Р А.

1. Стафеев В.И. Каракужан Э.М. "Магнитодиоды". М.Наука. 1975 с. 214.



ТЕРМО- И ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ F- И N- ЦЕНТРОВ В ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ MgF_2

Вахидов Н.А., Нуритдинов Н., Турданов К., Муссаева М.А.

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент

Исследование термо- и фотостимулированных преобразований собственных дефектов в диэлектрических кристаллах является одним из актуальных задач. Хотя возможность термо- и фотостимулированных преобразований в кристаллах MgF_2 исследуются давно, нет полной ясности о механизмах этих явлений. Практически не исследовано влияние различных примесей на этот процесс.

В настоящей работе исследовались термо- и фотостимулированные преобразования F- и N- центров в номинально чистых и легированных примесями Co и редкоземельных элементов (TR) кристаллов MgF_2 .

Обнаружено, что скорости накопления и отжига, а также вероятности фото- и термостимулированных преобразований дефектов в MgF_2 сильно зависят от наличия, типа и концентрации примесей.

Установлено, что при нагреве γ -облученных номинально чистых и активированных редкоземельными элементами кристаллов MgF_2 происходит F \rightarrow N преобразования. В отличие от этого в кристаллах $MgF_2 - CoF_2$ такого преобразования не происходит. Кроме того, введением примеси кобальта температуры отжига F- и N- центров сильно уменьшается.

Показано, что при легировании кобальтом происходит преобразование между различными N- центрами.

Также установлено, что в фото- и термостимулированных процессах не происходит полное преобразование одних центров в другие, а наблюдается частичное уничтожение дефектов, обусловленных со схлопыванием комплементарных пар дефектов.

Обсуждается механизмы обнаруженных типов преобразований и влияние различных дефектов на исследованные процессы.



О ВЛИЯНИИ ПРИМЕСКИ НА ПРОЦЕССЫ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТОБРАЗОВАНИЯ В КРИСТАЛЛАХ КВАРЦА

Вахидов В.А., Ибрагимов Х.Д., Хушвазов О.В.
Институт Ядерной Физики АН РУз., Ташкент

Исследованы спектры поглощения, фото-, гамма- и термолуминесценции кристаллов кварца с разной концентрацией примеси Ge, облученных различными флюенсами протонов, дейтронов и α -частиц. Установлено, что под действием облучений наводятся полосы поглощения 215,290 нм и 460,620 нм, обусловленные E'_1 , [Ge(C)]₀-/Na⁺1-центрами и [AlO₄]-центром, соответственно. В спектрах люминесценции необлученных кристаллов наблюдается полоса 530,680 нм, интенсивности которой увеличивается с ростом концентрации Ge. Повышение флюенса падающих частиц приводит к росту интенсивностей полос 215,290 нм и 680 нм. При одном флюенсе облучения их интенсивности растут с увеличением концентрации Ge и массы падающих частиц.

Установлено, что наряду с ударным наблюдается неударное создание дефектов. Предполагается, что неударное создание E'_1 -центров обусловлено возбуждением дырочной компоненты экситонов, локализованных вблизи примесных тетраэдров. Увеличение величины локального напряжения, обусловленное входением Ge, как за счет локализации экситонов, так и возбуждения его дырочной компоненты уменьшает величину пороговой энергии смещения, что повышает вероятность образования E'_1 -центров вблизи примесных тетраэдров.

Научные воздействия дополнительного γ -облучения на кристаллы, облученные разными флюенсами протонов, дейтронов и α -частиц показали, что при этом наблюдается двухстадийное накопление дефектов структуры. Установлено, что в первой стадии происходит проявление доз радиационных и дефектов, наведенных предварительным облучением. Вторая стадия накопления обусловлена дефектами, созданными под действием γ -лучей.

Показано, что при одинаковом флюенсе предварительного облучения величина дозы γ -лучей, при которой начинается вторая стадия накопления дефектов, уменьшается с ростом концентрации Ge и массы падающих частиц. Это подтверждает предположения о том, что повышение степени дефектности структуры увеличивает эффективность создания дефектов так как в совершенных кристаллах кварца под действием γ -лучей образование стабильных дефектов не наблюдается.



ВЛИЯНИЕ МИКРОДЕФЕКТОВ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЯ ЛЕГИРОВАННОГО ОСМИЕМ

Нуркузиев Г.

ФТИ НПО "Физика-Солнце" АН РУз. г.Ташкент

В данной работе приводятся результаты исследований взаимодействия различных контролируемых и неконтролируемых объемных примесей, включая атомы осмия, с исходными микродефектами при различных режимах термообработки, а также влияние этого взаимодействия на фотоемкостные (ФЕ) измерения.

В эксперименте использован монокристалл кремния -п- Si :
 $\rho \approx 1,05 + 5,5 \text{ ом.см}$; $N_{\text{дис}} = 10^1 - 10^4 \text{ см}^{-2}$; $N_0 = 5 \cdot 10^{16} + 7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Диффузия атомов осмия в кремнии проводилась в течение $t = 10$ час при температуре $T = 1250^\circ\text{C}$ с последующим охлаждением. Одновременно для сравнения такой же термообработке подвергались и контрольные образцы. Для микроскопических исследований образцы монокристаллов кремния подготовились путем шлифовки и химического травления в селективном травителе "Sixtl" по плоскостям (111). Для идентификации микродефектов и происходящих в них изменений после каждого технологического цикла, образцы подвергались рентгеноструктурному анализу ($Cu K\alpha$ - излучение) высокого разрешения. Затем проводились металлографические и фотоемкостные измерения. На легированных осмием образцах кремния ФЕ измерения показали два акцепторных центра. Анализ результатов полученных тремя методами позволили объяснить причину появления этих центров.

Наблюдаемые центры связаны с частичным замещением ионов кремния в матричной решетке с ионами фосфора и осмия. При этом ионы кислорода занимают разреженные межузельные позиции вблизи ионов осмия. Основным источником примесных ионов являются микродефекты - примесная фаза диоксид кремний (SiO_2). С повышением температуры образца до 900°C наблюдается уменьшение концентрации центров с $E_c = 0,18$ эВ и увеличение концентрации центров с $E_c = 0,53$ эВ. Высокая температура стимулирует замещение ионов фосфора ионами осмия. При температуре 1000°C выгодным становится замещение ионов фосфора и осмия ионами кремния. Повторный отжиг образцов при $T = 1250^\circ\text{C}$ показал, что замещение ионов кремния ионами осмия и фосфора снова становится выгодным. Это подтверждается частичным восстановлением наблюдаемых центров.



UZ9700843

78

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ШИРИНУ ЗАПРЕЩЕННОЙ
 ЗОНЫ МОНОКРИСТАЛЛОВ $n - Si < Ni >$

С.З.Зайнабдинов, И.Н.Каримов, А.Р. Тураев, Н. Тургунов.

Ташкентский Госуниверситет им. М.Улугбека, г.Ташкент

Андижанский Госуниверситет им.Вобура г.Андижан

UX

Исследование влияния давления на свойства полупроводниковых материалов представляет самостоятельный интерес с точки зрения определения ряда фундаментальных параметров полупроводников: структура энергетических зон, значения эффективных масс, изменение уровня Ферми и т.д. Все эти явления связаны с особенностями изменений ширины запрещенной зоны (E_g) исследуемого материала под давлением.

В связи с этим нами исследованы изменения E_g под давлением для монокристаллического кремния с примесью Ni . Основные результаты представлены в таблице:

P, кбар	10	20	30	40	50	60	70
ΔE_g , эВ	0,015	0,032	0,048	0,061	0,078	0,094	0,110

Сравнение и анализ полученных результатов показали, что увеличение давления приводит к существенному уменьшению ширины запрещенной зоны кремния.

Наблюдаемый эффект экспериментально подтверждается с изменением удельного сопротивления исследуемого материала под давлением. Однако, надо учесть, что одновременно с этими эффектами происходит распад примесных precipитатов, который является преобладающим процессом при низких давлениях.



МЕТАСТАБИЛЬНОСТЬ ЦЕНТРОВ ХАЛЬКОГЕНОВ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЙ

Арипова Д.Ф., Баграев Н.Т., Мирсаатов Р.М.,
Ташходжаев Т.К., Дсупов А.

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Примесные центры халькогенов в кремнии являются двойными донорами и формируют в запрещенной зоне два взаимосвязанных глубоких уровня. Некоторые различия в результатах, полученных с помощью холловскими, емкостными и оптическими методами, свидетельствуют об изменении позиции центра халькогенов при перезарядке в решетке кремния. Существенно, что наличие потенциальных барьеров между термами, соответствующими разным зарядовым состоянием глубокого центра, определяет его метастабильные свойства. Естественно, что время тушения и регенерация фотопроводимости определяется временем туннелированием центра при перезарядке. Данное время зависит от высоты потенциального барьера между различными зарядовыми состояниями, которое изменяется либо с увеличением процентного содержания германия в твердом растворе кремний-германий, повышением эластичных свойств материала, либо в условиях электрического поля, индуцирующего эффекта Штарка на глубоком центре, который проявляется в изменении положения адиабатических потенциалов.

Поэтому для дополнительной идентификации модели центра и уточнения позиций зарядовых состояний халькогенов в кремнии и твердых растворах кремний-германий представляет интерес исследовать поведение примесной фотопроводимости в условиях варьирования временем и длиной волны предварительной монохроматической оптической накачки. В настоящей работе исследовались образцы кремния и кремний-германий р-типа, легированные селеном, серой и теллуrom путем высокотемпературной диффузии, с последующей закалкой в масле. Обнаружены интервалы света накачки, приводящие к тушению сигнала фотопроводимости во всем спектре. Кроме того, показано, что спектр может восстанавливаться при последующем облучении образцов монохроматическим светом другого спектрального диапазона.

В кремний-германий р-типа, легированном халькогенами, обнаружено уменьшение характерное время тушения и регенерации фотопроводимости на порядок по сравнению с кремнием, легированном халькогенами.

Подобное поведение глубокого центра объяснено в рамках модели дефекта с немонокотонной зависимостью константы электрон-ионного взаимодействия от зарядового состояния.



КОНЦЕНТРАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСЯМИ

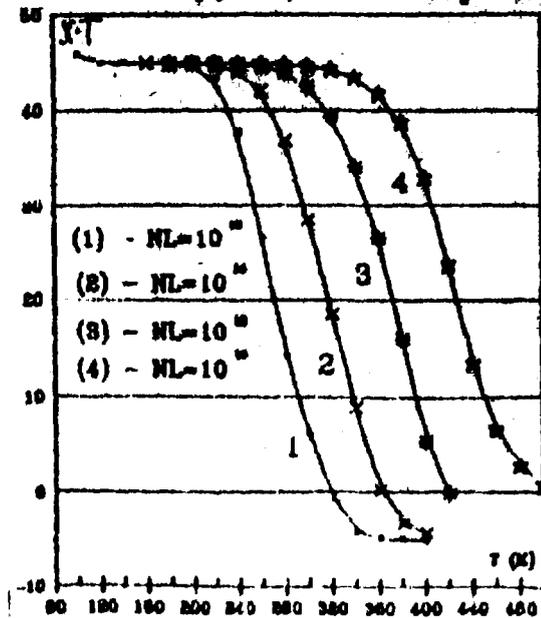
Имамов Э.З., Турсунов А.А., Узаков А.А.

Ташкентский государственный университет

Упругую деформацию, которая ответственна за механические, электрические и другие свойства, можно представить состоящей из двух компонент. Первая - это деформация при всестороннем однородном давлении. Она приводит к обычной дилатации, т.е. к изменению геометрических размеров тел под действием давления P . Её особенности описываются объёмной частью тензора упругой деформации, которую будем называть объёмной тензочувствительностью (ОТЧ): $\chi = d\ln\sigma/d\ln$.

Вторая компонента упругой деформации возникает при сдвиговых напряжениях или при одностороннем давлении. Её особенности, характерные для полупроводниковых материалов, достаточно подробно и всесторонне изучены. Поэтому мы будем уделять внимание только закономерностям ОТЧ, наблюдаемым в δi .

Теоретическое описание ОТЧ проводится с помощью уравнения электронейтральности, из которого определяется концентрация носителей тока, а затем вычисляется электропроводность. Расчёт показывает, что ОТЧ почти скачкообразно возникает, когда собственная концентрация n_i становится одного порядка с концентрацией легирующей акцепторной примеси N_A . Чем больше N_A , тем больше температурная "ширина" проявления ОТЧ. Со стороны низких температур фронт скачка - крутой, а со стороны высоких - очень медленный. При различных концентрациях глубоких приме-



седей M с энергией ионизации $0,32$ эВ, когда отношение M к N_A равно $1,01$ температурная зависимость ОТЧ показана на рисунке. Величина $\chi \cdot T$, обусловленная наличием глубокой примеси имеет постоянное положительное значение для данной примеси в широком температурном диапазоне. При высоких температурах оно приобретает другое постоянное, но отрицательное значение, которое при этих температурах связана с активизацией процесса межзонной генерации носителей.



ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ С МЕДЬЮ НА СВОЙСТВА СЕРЫ И ПЛАТИНЫ В n-Si

М.С. Юнусов, Ж. П. Курбанов, М. Аликулов
ИЯФ АН РУз, г. Ташкент

Целью данной работы является исследование взаимодействия атомов меди с примесями серы и платины в кремнии и влияния такого взаимодействия на формирование свойств электрически активных центров последних.

Образцы для исследований изготавливались путем одновременной совместной диффузии примесей $\langle \text{Cu}, \text{S} \rangle$ и $\langle \text{Cu}, \text{Pt} \rangle$ при температуре $\sim 1000^\circ\text{C}$ в течение $\tau = 10$ ч. в вакууме ($\sim 10^{-3}$ Тор) с последующим медленным охлаждением ($\sim 4^\circ\text{C}/\text{мин}$) до комнатной температуры. Использовались исходные образцы n-Si с $\rho \approx 1 + 10$ Ом.см, выращенные Чохральским методом. Для ИЛТв измерений использовались диоды Шоттки с барьерами из золота.

Показано, что в образцах n-Si $\langle \text{Pt}, \text{Pt} \rangle$ в спектре ИЛТв наблюдаются два пика соответствующих центров $E_C - 0,27$ эВ и $E_C - 0,54$ эВ с концентрациями соответственно $\sim 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ и $\sim 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, а n-Si $\langle \text{Pt}, \text{S} \rangle$, наблюдается обычный спектр с тремя пиками $E_2 = E_C - 0,17$ эВ, $E_3 = E_C - 0,28$ эВ, $E_4 = E_C - 0,51$ эВ соответственно с концентрациями $\sim 4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, $\sim 8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, $\sim 4,8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$.

Обнаружено, что при легировании кремния Pt и S совместно с Cu ИЛТв спектры образцов претерпевают значительные изменения. Так в спектре Si $\langle \text{Pt}, \text{Pt}, \text{Cu} \rangle$ концентрация центра $E_C - 0,27$ эВ уменьшается больше чем на один порядок, а центр $E_C - 0,54$ эВ в спектре практически не проявляется, а в образцах, легированных серой совместно с медью концентрации центров E_2 , E_3 и E_4 меньше чем их концентрации в образцах, легированных только серой без меди. Причем наибольшее изменение концентрации претерпевает центр E_4 ($\sim 3,3$ раза), для центров E_2 и E_3 изменение концентрации слабее (~ 2 раза).

Полученные результаты объясняются в рамках представлений об активном взаимодействии атомов меди с вакансиями в процессе термодиффузионного насыщения с медленным охлаждением и влиянии этих процессов на реализацию состояний примесей Pt и S, представляющих собой комплексы с вакансиями.



ИЗУЧЕНИЕ ТЕНЗОСВОЙСТВ КРЕМНИЯ,
ЛЕГИРОВАННОГО ЗОЛОТОМ

Маматкаримов О.О., Турсунов И.Г., Худойназаров О.А.

Ташкентский государственный университет

Исследование физических процессов, происходящих в полупроводниках при различных режимах воздействия внешнего давления и изучение физических механизмов их проявлений с целью создания высокочувствительных датчиков давления, относятся к числу наиболее актуальных проблем современной физики твердого тела.

В настоящей работе изучены тензосвойства образцов $p\text{-Si}\langle\text{Au}\rangle$ с удельным сопротивлением $\rho \approx 2,5 \cdot 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ при одноосном упругой деформации (ОУД). Исследования проводились согласно методике [1,2] в интервале давления $X = 0 + 4 \cdot 10^8 \text{ Па}$ при условиях $\{100\parallel[111]\}$ и $T = 300 \text{ К}$. Полученные экспериментальные результаты показали, что с увеличением ОУД в исходных и контрольных образцах удельное сопротивление (ρ) незначительно уменьшается, в компенсированных образцах $p\text{-Si}\langle\text{Au}\rangle$ уменьшение ρ достигает 25%. При этом значение тока возрастает при давлении $X = 4 \cdot 10^8 \text{ Па}$, 2 + 3 раза, это связано с увеличением концентрации дырок. Анализ полученных результатов позволяет предположить, что изменение сопротивления и увеличение концентрации дырок связано перераспределением носителей между долинами и изменением энергетического зазора между глубокими уровнями и разрешенными зонами [3].

Л И Т Е Р А Т У Р А.

1. Бехедырхачов М.К., Абдураимов А. и др., ПТЭ. 1988. в 4, с. 174.
2. Болтакс Б.И., Бехедырхенов М.К. и др., "Компенсированный кремний". Л. Наука. 1972, с. 121.
3. Полякова А.Л. Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов. М. Энергия. 1979. с. 168.

ДИФфуЗИЯ СЕРЕБРА В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ КРЕМНИЙ - ГЕРМАНИЙ.

Кончанов Э.А., Раззаков А.Ш., Саигом А.С., Дуупов А.
Ургенчский Государственный университет им. Аль-Херезми.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования диффузии серебра в монокристаллический твердый раствор кремний-германий с содержанием германия до 2,1 ат.%. Выращенный методом Чохральского. Исходные образцы имели дырочный тип проводимости с удельным сопротивлением 40-100 Ом.см. Диффузия проводилась из предварительно напыленного тонкого слоя серебра в температурном интервале 950°-1140°C, в течении 10 минут. Удельное сопротивление образцов после введения в них серебра увеличилось до 1000-1200 Ом.см., сохраняя при этом исходный тип проводимости. Измерения проводимые послойным снятием, а также однозондовые измерения косых шлифов образцов показали, что зависимость концентрации носителей по глубине образцов вдоль направления диффузии соответствует гауссовскому. Показано, что коэффициент диффузии серебра в твердом растворе кремний-германий (0,6 ат.%, Ge) растет с увеличением температуры от $5 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$. (950°C) до $5 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$. (1140°C).

Обнаружено также увеличение коэффициента диффузии при фиксированной температуре диффузии (1050°C) с ростом содержания Ge в тв. растворе от $10^{-8} \text{ см}^2/\text{с}$ при 0,02 ат.% Ge до $5 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$ при 2,5 ат.% Ge.

Предложен механизм увеличения коэффициента диффузии серебра в твердом растворе кремний-германий.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ
В $\text{Si}\langle\text{Fe},\text{Pt}\rangle$ С ПОМОЩЬЮ DLTS

Утамурадова Ш.В., Гулямов Ш., Олимбеков Э.,
Давлетова А.
ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Нестационарная емкостная спектроскопия глубоких уровней (DLTS) является в настоящее время одним из самых чувствительных и наиболее информативных методов для исследования различных дефектов в полупроводниках. Этот метод позволяет, наряду с определением параметров каждого глубокого уровня (ГУ) в отдельности, изучать концентрационное распределение этих уровней не разрушая приборные структуры.

Целью данной работы являлось определение профиля распределения ГУ, связанных с атомами железа и платины в образцах $\text{Si}\langle\text{Fe},\text{Pt}\rangle$ с помощью DLTS в режиме постоянного напряжения. Ранее нами было показано, что в присутствии атомов платины в $\text{Si}\langle\text{Fe},\text{Pt}\rangle$ происходит эффективная экстракция атомов железа из объема на поверхность, т.е. очистка кремния от Fe.

Профилирование образцов $\text{Si}\langle\text{Fe},\text{Pt}\rangle$ с помощью DLTS показало, что дополнительное введение атомов платины в $\text{Si}\langle\text{Fe}\rangle$ приводит к появлению участка с повышенной концентрацией уровней железа у поверхности кремния. Причем концентрация железа в объеме $\text{Si}\langle\text{Fe},\text{Pt}\rangle$ в 2 - 3 раза меньше по сравнению с исходным $\text{Si}\langle\text{Fe}\rangle$. Установлено, что глубина и степень очистки кремния от железа зависят от концентрации введенной платины и технологических условий ее введения.

Показано, что присутствие атомов железа в объеме кремния приводит, в свою очередь, к уменьшению концентрации уровней платины, но при этом ярко выраженного концентрационного профиля не наблюдается.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ РВ

Асларова Э.И., Курбанова У.Х.

Ташкентский Государственный техникумский университет,

г. Ташкент

Настоящая работа посвящена к исследованию влияния интегрального освещения на условия возбуждения и параметры неустойчивостей тока связанных с возбуждением в кристаллах $Si(S)$ рекомбинационных волн.

Исследование производилось в кристаллах $p - Si(S)$ с $\rho \geq 10^9$ Ом.см. при комнатной температуре в интервале интенсивности интегрального освещения $(0 \div 15)$ Лк. Показано, что с ростом интенсивности интегрального освещения величина порогового поля $E_{п}$ при котором в цепи возбуждается неустойчивости тока смещается в сторону высоких полей, а величина пороговой частоты возрастает.

При стационарном значении электрического поля, приквдывного к кристаллам, с ростом интенсивности интегрального освещения величина частоты колебаний тока также возрастала, независимо от E .

Установлено, что наблюдаемое повышение величины $E_{п}$ по мере роста интенсивности интегрального освещения не могут быть интерпретировано в рамках модели линейной теории РВ и требует учета неоднородности материала отличающихся от однородных материалов наличием потенциальных рельефов.

Полученные результаты могут быть интерпретированы с изменением величины дрейфового барьера под действием интегрального освещения.

Литература

1. M. K. Bakhadurkhanov and U. Kh. Kurbanova
Phys. Tech. Poly. 20 vol. 18, 1305-1309 (August, 1994).

IMPORTANT NOTE:

PLEASE BE AWARE THAT THE FOLLOWING PAGES 86 TO 89 ARE
FOUND AT THE END OF THE DOCUMENT.

ТЕНЗОЭФФЕКТ И МЕХАНИЗМЫ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ В Si<Zn> и Si<Zn,Mn> ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

С. Зайнабидинов, О. Худматкулов
Ташкентский государственный университет г. Ташкент

Исследования тензоэффекта в образцах Si<Zn> и Si<Zn,Mn> проводились в условиях сжатия $X//J// [100]$ и $X//J// [111]$ при комнатной температуре и давлении $X = 0 \div 7 \cdot 10^6$ Па.

Исследуемые образцы были получены высокотемпературной диффузией Zn и Mn из газовой фазы на основе исходных монокристаллов n-Si<P> марки КЭФ-15 и p-Si марки КДВ-3000 и имели удельные сопротивления $\rho = (67 \pm 3.7 \cdot 10^3)$ Ом см.

Исследования тензо-Холл эффекта при одноосном сжатии вдоль направлений [100] и [111] в данных образцах показали, что тензоэффект и механизмы его проявления в образцах n-Si<P,Zn> качественно совпадает с проявлением тензоэффекта в n-Si<B,Mn> [1]. С ростом одноосного сжатия в условиях $X//J// [111]$ удельное сопротивление в исходных p-Si и компенсированных p-Si<B,Zn> образцах уменьшается, а в образцах p-Si<B,Zn,Mn> незначительно растет. Тензоэффект в образцах p-Si<B,Zn> при данных условиях сжатия оказался обусловленным в основном изменением концентрации дырок, при этом подвижность их практически не изменяется. Наблюдаемый слабый тензоэффект в образцах p-Si<B,Zn,Mn> проявляется за счет увеличения концентрации и уменьшения подвижности дырок. В исходных образцах при этом подвижность дырок с ростом одноосного сжатия увеличивается. Такое аномальное поведение подвижности дырок в направлении [111] в компенсированных образцах при одноосном сжатии объясняется изменением рассеяния дырок на центрах, образованных примесными атомами Zn и Mn в кристаллической решетке кремния [2].

Таким образом проведенные экспериментальные исследования показали, что проявление тензоэффекта в образцах n-Si<P,Zn> идентично проявлению тензоэффекта в n-Si<B,Mn>. Введение примесных атомов Mn в p-Si<B,Zn> приводит к уменьшению их тензочувствительности в направлении [111].

Л и т е р а т у р а

1. Бахадурханов М.К. и др. Влияние сжатия вдоль различных направлений на электрические свойства n-Si<Mn>. ДАН УзССР, 1983, №5, с.25
2. Абдураимов А. и др. Влияние термообработки и примесных состояний Mn на тензосвойства кремния. // УЗЖ, 1992, №5, с. 56.

РАСПАД ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРЕЦИПИТАТОВ Ni В МОНОКРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ

А.Р.Тураев, С.С.Худайбердиев, Н.Тургунэв, О.Саидхонэв
Ташкентский Гос.Университет им.М.Улугбека, г.Ташкент.

Распад примесных преципитатов Ni в монокристаллах кремния под действием внешнего давления дает перспективные подходы изучения данных процессов с точки зрения изменения внутренней энергии монокристаллов кремния.

В связи с этим данная работа посвящена исследованию внутреннего упругого напряжения $E_{упр}$ преципитатов, который удерживает их в термодинамически неравновесном состоянии.

Как известно [1], изменение свободной энергии распада твердого раствора складывается из

$$\Delta E_{общ.} = \Delta E_{хим.} - E_{поверх.} - E_{упр.}$$

где $E_{хим.}$ - изменение энергии связи между атомами ($E_{хим.} < 0$); $E_{поверх.}$ и $E_{упр.}$ - положительные слагаемые энергии, обусловленные поверхностной энергией на границе выделения с матрицей и упругой энергией когерентно сопряженных решеток двух фаз. Пока когерентное сопряжение сохраняется, $E_{упр.} \gg E_{поверх.}$ и форма выделений определяется условием минимума упругой энергии.

Таким образом, можно полагать, что примесные выделения (преципитаты) вследствие быстрого охлаждения "заморожены" на стадии когерентного сопряжения и что распад таких выделений связан только с $E_{упр.}$. Действительно, эти предположения находят свои подтверждения в наших экспериментальных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кристиан Дж.У. Фазовые превращения. В кн. Физическое металлосведение М. Мир. 1968 г., Т.г. с 227-346.

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ НА ВАХ ПОВЕРХНОСТНО БАРЬЕРНЫХ ДИОДОВ $Au / Si\langle Mn \rangle / Sb$

О. Химматкулов

Ташкентский государственный университет г. Ташкент

Исследования влияния импульсного давления амплитудой $P=5 \cdot 10^6$ Па и скоростью изменения 10^6 Па/с на ВАХ поверхностно барьерных диодов (ПВД) проводились с помощью разработанной нами установки всестороннего гидростатического сжатия (ВГС) [1].

ПВД $Au / Si\langle Mn \rangle / Sb$ были получены напылением Au и Sb на очищенную поверхность пластинки компенсированного кремния перпендикулярной к кристаллографической оси [111].

Проведенные исследования показали, что при воздействии и снятии импульсного ВГС наблюдается релаксационные изменения тока ПВД структур, связанные с аналогичными изменениями их температур. Идентичные в качественном отношении результаты нами были получены для монокристаллов компенсированного кремния [2]. Точковая чувствительность ПВД структур при адиабатическом режиме воздействия ВГС зависит от приложенного на диод напряжения. При малых прямых смещениях, когда ток через диод определяется над барьерном переносом основных носителей заряда, максимальные значения тока, соответствующие максимумам температуры, заметно превосходят их статические при постоянном давлении ($J_{ст} / J_0 = 1.3$ и $J_{max} / J_{ст} = 2.5$ при $V_{пр} = 0.5$ В). С увеличением приложенного на диод напряжения вклад температуры в изменение прямого тока при воздействии импульсного ВГС начинает компенсироваться и значение максимального тока совпадает со статическим током. Точковая чувствительность исследуемых ПВД структур при обратном смещении меньше чем прямом смещении и практически не зависит от приложенного на диод напряжения.

Л и т е р а т у р а

1. Абдураимов А. и др. Установка гидростатического давления с пневмоусилителем для исследования тензосвойств полупроводниковых материалов. // ПТЭ, 1992, N 5, с 229.
2. Абдураимов А. и др. Динамическая проводимость компенсированного кремния при всестороннем гидростатическом сжатии. // ФТП, 1993, 27, вып. 3 с 516.

ВЛИЯНИЕ ИЗОВАЛЕНТНЫХ ПРИМЕСЕЙ ЗАМЕЩЕНИЯ НА
РЕКОМБИНАЦИОННО СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В
ПОЛУПРОВОДНИКАХ $A_3 B_5$

Исламов С.А., Оксенгендлер В.Л., Акрамов Х.Т.
ТашГУ

Около 20 лет назад было обнаружено (Land, 1975), что рекомбинация носителей через глубокие уровни вызывает возбуждение атомной дефектной квазимолекулы и стимулирует перестройку её геометрии, вызывая диффузию, реакции и распады комплексов в кристаллах. Теория позволяет вычислить вероятность этого процесса:

$$W = \nu \left(\frac{Q_T - \Delta E}{Q_T} \right)^{s-1} \exp \left[- \frac{Q_T - \Delta E}{kT^*} \right] \quad \text{где}$$

s - число степени свободы в квазимолекуле, ν - темп рекомбинации.

Q_T - энергия перестройки дефектов в термическом канале, - энергия рекомбинации электронов и дырок,
 T^* - локальный экспонент температуры при этом.

При изовалентном замещении одного из атомов квазимолекулы изменяются:

$Q_T \rightarrow \bar{Q}_T$; $\Delta E \rightarrow \Delta \bar{E}$; $s \rightarrow \bar{s}$
а также ν домножается на вероятность попадания изовалентной примеси в квазимолекулу: $C_{из} \cdot \Omega = \gamma$

$C_{из}$ - концентрация изовалентных примесей, $\Omega = a, s/3$ - объем квазимолекулы, a - атомный объем. Таким образом,

$$\bar{W} = \nu \left[\frac{\bar{Q}_T - \Delta \bar{E}}{a \cdot s/3} \right] \left(\frac{\bar{Q}_T - \Delta \bar{E}}{\bar{Q}_T} \right)^{\bar{s}-1} \exp \left[- \frac{\bar{Q}_T - \Delta \bar{E}}{kT^*} \right]$$

Анализ показывает, что возможен случай $\bar{W} \gg W$, что может реально поменять доминирующую кинетику (напр., в полупроводниках $A_3 B_5$).



СВОЙСТВА ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ РОДИЯ В КРЕМНИИ.

Султанов Н.А., Таджибаев М., Мирзабадалов Ж.
Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

Приведены результаты экспериментальных исследований свойств кристаллов кремния, легированного родием с помощью нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (НЕСГУ). Описано технология легирования и изготовления р-п-переходов, барьеров Шоттки для измерения спектров НЕСГУ. Экспериментально определены режимы легирования родия в Si для определения концентрации, сечения захвата носителей и энергии ионизации уровней родия в кремнии.

Легирование кремния родием производилось диффузионным методом на воздухе из напыленного слоя, а также из адсорбированного на поверхности родия 5+10% раствора соли $RhCl_3$. Диффузия производилась при температуре 900-1100°C в течение 2-4 часов. Образцы были изготовлены из р-Si с исходным удельным сопротивлением 5+10 Ом см. После диффузии родия образцы не изменили тип проводимости и их сопротивление возросло до $(2+6) \cdot 10^2$ Ом см при 300 К.

В качестве выпрямляющих контактов на р-Si использовались барьеры Шоттки, полученные напылением сурьмы. В некоторых образцах до диффузии родия создавались р-п-переходы легированием фосфором при 1200°C в течение 1-2 часов.

Измерения спектров НЕСГУ производилось на образцах в режиме постоянной емкости в интервале температур 77-300 К при $t_1 = 2$ мс, $t_2 = 3t_1 = 6$ мс. В р-Si наблюдаются три ГУ, связанных с родием:

$E(A) = E_v + 0,305$ эВ,	$\sigma_p(A) = 2,2 \cdot 10^{-16}$ см ² ,	$N(A) = 2,6 \cdot 10^{14}$ см ⁻³
$E(B) = E_v + 0,56$ эВ,	$\sigma_p(B) = 2,1 \cdot 10^{-13}$ см ² ,	$N(B) = 4,2 \cdot 10^{12}$ см ⁻³
$E(C) = E_v + 0,8$ эВ,	$\sigma_p(C) = 3,3 \cdot 10^{-12}$ см ² ,	$N(C) = 4 \cdot 10^{12}$ см ⁻³ .

IV - СЕКЦИЯ

" ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ "

**НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И БАТАРЕЙ В УСЛО-
ВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

Р.А.Муминов, С.М.Очилов, М.Н.Турсунов
Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце", Г.Ташкент

В работе рассмотрены некоторые возможности использования солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) и солнечных батарей (СБ) в условиях Республики Узбекистан с точки зрения специфики потребления энергии в регионах с различными физико-географическими и хозяйственно-экономическими условиями.

С учетом особенностей характера потребления энергии в регионах нами рассматривается специфика энергетических и конструкторских особенностей СФЭС и СБ территория РУз, которые условно разделены на следующие пять категорий:

- 1) города Республики (независимо от количества населения в них *
- 2) территории с большой плотностью населения, имеющие развитую сеть гидросооружений и энергообеспечения *
- 3) территории с рассредоточенным расположением населения *
- 4) зона песков *
- 5) высокогорные районы. В результате анализе потребности и потребления энергии в этих регионах показано, что потенциальная суммарная мощность, необходимая в РУз от СФЭС и СБ с учетом годового обновления с коэффициентом 0,1 составляет более 30 МВт. В зависимости от условий применения и параметров потребителей необходимы разработки станций и батарей с различными массо-габаритными и конструктивно энергетическими особенностями, например, легкие складные переносно маломощно бытовые (1-10 Вт), переносные складно модульно бытовые (10-100 Вт), сборно-разборные мобильно хозяйственно-бытовые (100-300 Вт), стационарные автономные производственно-бытовые (300-1000 Вт).

Более подробно проанализированы возможности использования СФЭС и СБ в сельском хозяйстве, на примере автоматизации процесса водопользования в магистральных каналах и для стрижки овец непосредственно в районах отгонного животноводства.

Приводятся данные по использованию СБ для специфических потребителей, например, электропитания дорожных знаков и приборов контроля дорожного движения, радиосвязи, антикоррозионная катодная защита трубопроводов и другие.

КОМПЕНСИРОВАННЫЙ КРЕМНИЙ КАК НОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М. К. Бахадырханов, Х. М. Ялиев, С. А. Тачилин

Анализ современного состояния накопленных результатов по свойствам кремния, компенсированного примесями, создающими в его запрещенной зоне глубокие энергетические уровни, показывает, что он обладает рядом уникальных физических свойств на основе которых возможно создание принципиально новых солнечных элементов, обладающих повышенной эффективностью и стабильностью. Специфические свойства компенсированного кремния более четко проявляются с ростом степени компенсации, то есть когда концентрация свободных носителей тока становится значительно меньше, чем концентрация ионизированных примесных атомов. Так в кремнии компенсированном Mn, Ni, Zn, S, Se наблюдается высокая фоточувствительность как в примесной, так и в собственной областях спектра поглощения, наблюдается, при выполнении определенных условий, увеличение времени жизни неосновных носителей тока из-за нейтрализации рекомбинационных центров в результате межпримесного взаимодействия. Также возможно получение монокристаллического кремния, как n - так и p - типа проводимости, стойкого к термическим и радиационным дефектам на основе дополнительного легирования никелем, серой и цинком.

В результате проведенных исследований установлены экспериментальные зависимости напряжения холостого хода, тока короткого замыкания, КПД и стабильности солнечных элементов от условий диффузии и концентрации электроактивных атомов никеля, цинка, серы, после дополнительного легирования данными примесями как базовой так и фронтальной областей. Установлено, что свойства солнечных элементов существенно зависят от природы и концентрации компенсирующих примесей. Основное влияние дополнительного легирования сказывается на увеличении тока короткого замыкания, при незначительном увеличении напряжения холостого хода, и существенном повышении стабильности солнечных элементов. Среднее увеличение тока короткого замыкания составляет около двадцати процентов. Перспективно использование солнечных элементов с базой содержащей глубокие уровни, при концентрированном солнечном излучении в следствии суперлинейной люкс-амперной характеристики.

ТРЕХКАСКАДНЫЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ВАРИЗОННЫМ СЛОЕМ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСИСТЕМЫ GaAs - AlGaAs.

Ф. А. Ахмедов, А. Кутлимратов, И. С. Храйшат
ФТИ НПО "Физика - Солнце" АН РУз, г. Ташкент

В настоящей работе приведены результаты исследований трехкаскадных фотопреобразователей с внутренним параллельным соединением элементов каскада и варизонным слоем на основе гетеросистемы GaAs - AlGaAs.

С целью снижения рекомбинационных потерь и увеличения сбора неосновных носителей тока все рабочие p-n переходы каскада создавались в варизонном слое. Для уменьшения влияния узкозонных элементов на общее выходное напряжение такого каскада были оптимизированы величины энергетических интервалов квантов излучений, приходящихся на область поглощения соответствующих оставших элементов, т.е. создавались условия, при которых внутренние сопротивления узкозонных элементов при освещении оказывались бы большими, чем у широкозонных.

Разработана технология изготовления структуры такого трехкаскадного ФП которая имеет следующую последовательность слоев: n-GaAs - n-Al_xGa_{1-x}As - n-GaAs - p-Al_yGa_{1-y}As - n-Al_yGa_{1-y}As - p-Al_zGa_{1-z}As, где слои Al_yGa_{1-y}As являются варизонными с y=0 у границы с n-GaAs слоем и y=0,45 в конце. Слой p-Al_zGa_{1-z}As является широкозонным "окном" с z=0,85 и толщиной w~0,2 мкм.

Методика получения слоев структуры и коммутации элементов такие же как и в [1,2]. Отличием в данном случае является технология выращивания варизонного слоя.

Были исследованы электрические, фотоэлектрические и нагрузочные характеристики созданных структур. Таким образом полученные структуры при освещенности единичным солнечным излучением (85 мВт/см²) показали следующие результаты: $U_{ох} \approx 1,03$ В; $I_{кв} \approx 24,9$ мА/см²; $FF \approx 0,74$; $\eta \approx 22,3$ %.

1. Ф. А. Ахмедов, Р. А. Муминов, А. С. Самдов и др. Трехкаскадные фотопреобразователи на основе гетеросистемы GaAs - AlGaAs. - Гелиотехника, 1994, N 2, -С.14-17.

2. Ф. А. Ахмедов, А. Кутлимратов, И. С. Храйшат. Высокоэффективные трехкаскадные фотопреобразователи полученные на основе гетеросистемы GaAs - AlGaAs. - Тез. докл., Гулистан, 1994, -С.167.

ПОТОКОВО-ИМПУЛЬСНЫЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ТОКА В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ ХРОМОМ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 77 И 4,2 К

Х. Э. Авишходжаев, Х. Х. Джулиев, А. Т. Мамадалимов,
Р. А. Муминов, И. У. Шадыбеков

ИПО "Физика-Солнце" АН РУз, г. Ташкент

Исследована неустойчивость тока в диодах, изготовленных из $p-Si\langle Cr\rangle$ с использованием сплавной технологии и в диодах с барьером Шоттки. Колебания возникали при определенных интенсивностях освещения, электрического напряжения и температуры $T=77$ К в режиме обратного смещения ($V_{обр}$). Динамика процесса колебаний тока состоит из роста тока до 80-90 % -ного значения всего импульса за $10^{-6}+10^{-7}$ с, затем достижения максимума за $10^{-4}+10^{-3}$ с. Далее, спад импульса до минимального значения происходит за $10^{-3}+10^{-1}$ с и медленное восстановление фототока до передгенерационного значения. Изучение вольт-амперной характеристики (ВАХ) показало, что она состоит из трех участков: $n_1=1$, $n_2=10+15$, $n_3=0,4+0,9$. Колебания тока возникает на сублинейном участке ВАХ. Приведены исследования докс-амперных характеристик при различных приложениях обратных напряжений, ВАХ при различных интенсивностях освещения, а также результаты исследований температурной зависимости частоты колебаний при 77-102 К. Наблюдаемые колебания тока инфранизких радиочастотах объяснены температурным гашением фотопроводимости в учетом полевой ионизации локальных центров хрома $E_v+0,31$ эВ заполняемым носителями тока в процессе освещения.

В образцах из $p-Si\langle Cr\rangle$ с припаянными контактами из $Ir+Ga(97+3 \%)$ при температуре 4,2 К, постоянной собственной подсветке обнаружены инфранизкочастотные колебания тока с частотой $\approx 10^{-2}$ Гц. С увеличением интенсивности подсветки возрастает амплитуда колебаний.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА СВЕРХЛИНЕЙНОСТИ ФОТОТОКА В ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В. М. Абдурахманов, Р. Алиев, В. П. Чирва

Институт электроники им. У. А. Арифоа АН РУ, г. Ташкент

Эффект сверхлинейного изменения фототока короткого замыкания, обнаруженный в солнечных элементах с р-п структурой на основе моно и поликристаллического кремния, имеет важное научное и практическое значение в области разработки полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей концентрированного излучения.

В данной работе проведен анализ экспериментально установленного эффекта сверхлинейного изменения фототока пленочных поликристаллических кремниевых солнечных элементов с точки зрения возможных механизмов "амбиполярной диффузии фотогенерированных носителей заряда" и "эффекта Дембера", имевших место при облучении монокристаллических кремниевых солнечных элементов концентрированным солнечным излучением мощностью не менее 10 Вт/см^2 , а также "рекомбинационно - стимулированной реструкции дефектов на границах зерен", характерных только для поликристаллического материала. В результате предположен некоторый закономерный характер этого явления, определяемый темпом рекомбинации носителей заряда на границах зерен.

Проведено экспериментальное исследование эффекта сверхлинейности фототока в пленочных поликристаллических кремниевых солнечных элементах со структурой p^+-n-p^+ в зависимости от размеров зерен (следовательно, скорости рекомбинации носителей заряда на границах зерен) и от толщины пленок. Получено аналитическое выражение, описывающее результаты измерения и позволяющее выявить некоторые особенности наблюдаемого явления. Выявлены тенденции снижения коэффициента сверхлинейности фототока, определяемого как отношение прироста фототока на сверхлинейном и линейном участках, от 5 до 1 по мере роста размеров зерен (0,01-1000 мкм), а также повышения степени концентрации солнечного излучения от 0,3 до $2,0 \text{ Вт/см}^2$, соответствующей точке перехода зависимости фототока от линейной к сверхлинейной.



UZ9700855

101

5

СПЕКТРЫ ЭПР И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЛЕГИРОВАННОГО β - БОРА

О.А.Голикова, И.Аманжанов, И.Т.Улуканов, С.С.Нуридинов
Наманганский Государственный Университет

Приводятся результаты исследований спектров ЭПР и электрических свойств твердых растворов внедрения на основе β - ромбоэдрического бора (примеси Te и Re).

Показано, что во всех случаях наблюдаются гауссовы линии с $g = 2.0023$, как и для β - В [C] [1], а также при исследовании фотэПР β - В [2]. Как и ранее [1,2]. ЭПР центрами считаются локализованные носители тока: электропроводность возрастает как с ростом их концентрации (n_s), так и при уширении линий (ΔH).

Показано, что величины n_s в образцах β - В [Te] выше, чем в исходном (нелегированном) β - В, в то время как для β - В [Re] наблюдается обратная картина. Поэтому делается заключение об акцепторном действии Te и донорном действии Re (исходный β - В типа). Это обусловлено различным расположением примесных атомов в не эквивалентных пустотах сложной кристаллической решетки β - В.

1. Geist D. EPR in Boron Nitride, Boron and Boron Carbide. Boron and Refractory Borides / Ed. by U.I. Matkovich. N.Y. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1972. p. 65-83.
2. Адилов И.И. изр. Исследование сигналов ЭПР при освещении монокристаллов бора // ФТП. 5т. 11
1971. с. 18-21.



ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ И ХАЛЬКОГЕНИДА СВИНЦА.

Таджибаев М.

Ферганский политехнический институт, г. Фергана.

В последнее время все чаще исследуются неидеальные гетеропереходы (ГП), где параметры решетки сильно отличаются. В некоторых случаях гетеропары создаются с материалами различной кристаллической структуры, где имеется большая вероятность возникновения граничных состояний. Исследование показывает, что рассогласование постоянных решетки не существенно влияет на фотоэлектрические свойства некоторых неидеальных ГП. В случае сульфида свинца оно играет даже положительную роль.

В настоящей работе изучены ГП $p\text{-CdTe} - n\text{-PbS}$. ГП создавались методом термического испарения порошкообразного PbS на поликристаллической пленке $p\text{-CdTe}$.

Исследованы темновые и световые вольт-амперные характеристики (ВАХ) ГП $p\text{-CdTe} - n\text{-PbS}$ в широком интервале температур $77\text{ K} \leq T \leq 330\text{ K}$ и освещенности. Результаты исследования ВАХ и вольтемкостных характеристик показали наличие резкого несимметрического перехода. Область объемного заряда сосредоточена в теллуриде кадмия. Анализ ВАХ свидетельствует высказать предположение о преобладании туннельно-рекомбинационного процесса в механизме прохождения прямого тока через ГП.

Структура обладала достаточно хорошими фотоэлектрическими параметрами. При интенсивности излучения $\approx 70\text{ мВт/см}^2$ получен ток короткого замыкания $J_{кз} = 2 \dots 3\text{ А/см}^2$ и напряжение холостого хода $V_{хх} = 0,2 \dots 0,3\text{ В}$. Такие значения $J_{кз}$ и $V_{хх}$ показывают, что на основе ГП $\text{CdTe} - \text{PbS}$ можно создать фотоприемник, работающий в ИК области спектра в вентильном и фотодиодном режимах.

ИНФРАКРАСНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

В.Т.Туланов, Г.К.Сабиров, Х.В.Слябехов, Э.Хаджахмедов
Ташкентский государственный университет. Ташкент

Одним из новых направлений применения компенсированных полупроводниковых материалов является полупроводниковая ИК фотография. Основу полупроводниковой ИК фотографии составляют фотографические системы, состоящие из многоблочных структур: полупроводниковой пластины, запишавшей среды в виде фотопленки или ламинатора и промежуточного элемента (газовый промежуток, электролит, диэлектрические пленки и т.д.) Работа таких систем основана на принципе управления фотографической чувствительностью. Согласно этому принципу чувствительность к системе сообщается только на время экспонирования, радикально сокращая воздействие равномерного фонового излучения. Это позволяет избежать дуалирования фотографических материалов т.е. уменьшения фонового потемнения и получения более четкого контрастного изображения.

На основе этого принципа нами разработаны и исследованы несколько типов ИК полупроводниковых фотографических систем, в частности, потенциалочувствительные ИК фотосистемы и полупроводниковые фотосистемы и преобразователи изображений неинвазивного типа. Эти системы обладают довольно высокими сенситометрическими характеристиками: чувствительность $S = 10^{-6} + 10^{-8}$ Дж/см², разрешающая способность $R = 15 + 50$ мм⁻¹, динамический диапазон $L = 100 \pm 300$.

В этих системах использованы фотоприемники из полупроводящего арсенида галлия (для спектральной чувствительности до 2 мкм), кремния, легированного золотом, цинком, марганцем (1,1 + 3,5 мкм) и кремния с примесью селена ($\lambda \sim$ до 10 мкм).

Для каждой фотографической системы разработана теория формирования изображения, которая включает в себе пороговое значение электрического напряжения, интенсивность освещения, закон взаимозаместимости и т.д. Описание теории формирования изображения завершается составлением диаграмм преобразования изображения и построением характеристической кривой.

В заключении приведены примеры полученных изображений в различных спектральных диапазонах.

КРИСТАЛЛИТЛАР ЧЕГАРАСИДАГИ ПОТЕНЦИАЛ ТЎСИҚДА ФОТОКУЧЛАНИШНИНГ ҲОСИЛ БЎЛИШИ

Қ. Умаров, Р. Гуламов

Наманган саноат-технология институти, Наманган

Кристаллитларнинг чегарасида ҳосил бўлган потенциал тўсиқ ҳисобига аномал фотокучланишнинг ҳосил бўлиш механизми ва унинг назарияси кўпгина ишларда келтирилган. Аммо уларда, аномал фотокучланишнинг ҳосил бўлиш механизмини тушунтиришда кристаллитлар чегарасидаги диэлектрик қатламни суъний равишда киритган.

Ушбу ишда, кристаллитлар чегарасидаги потенциал тўсиқда фотокучланиш ҳосил бўлиш механизми тақлиф қилинган ва унинг назарияси яратилган. Бунда, юққа яримўтказгичли парда кетма-кет жойлашган п-типтаги кристаллитлардан ташкил топган ва кристаллитлар орасидаги чегарада сирт ҳолатлар ҳисобига электронлар учун потенциал тўсиқ ҳосил бўлади деб қаралди. Шу билан бирга асосий бўлмаган ток ташувчиларнинг потенциал тўсиқда ҳосил қиладиган тоқларнинг тенг бўлмаслиги учун потенциал тўсиқ сирти парда текислигига қия жойлашган деб олинган. Ёруғлик парда сиртида ютилишини ҳисобга олinsa, унда ҳосил бўлган асосий бўлмаган ток ташувчилар диффузия ҳисобига потенциал тўсиққа етиб келади ва асосий бўлмаган ток ташувчилар тоқларини ҳосил қилади. Тўсиқ текислиги қия жойлашганлиги сабабли тўсиққа чап томондан келаётган коваклар диффузия тоқи унга ўнг томондан келаётган коваклар тоқидан катта бўлади ва кристаллитдан бу икки тоқнинг айримасига тенг бўлган коваклар тоқи оқа бошлайди. Кристаллит тўсиғидан ўтаётган тўла ток, қисқа туташув тоқи ва кристаллитда юзага келувчи э.ю.к лари ҳисоблаб топилди ва юққа яримўтказгичли парда ўлчамлари диффузия узунлигидан кичик ва катта бўлган ҳоллар учун таҳлил қилиб чиқилди.

Шундай қилиб, бир хил типдаги кристалллардан ташкил топган юққа яримўтказгичли парда ораларида асосий ток ташувчилар учун потенциал тўсиқ бўлган ҳолда ҳам аномал фотокучланишларнинг ҳосил бўлишини тушунтириш мумкин экан. Бу модел, бизнинг тақри-мизча ҳар қандай қўшимча фаразларни олиб ташлаш имконини бери-ди ва фотокучланишнинг ҳосил бўлиш табиати-на тўғри очиқ беради.

ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПОЛИМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Пахратдинов А.А.

Каракалпакский госуниверситет им. Бердаха г. Нукус

Исходные полимерные пленки на основе полиаддуктов ароматических аминов (ПАА) поглощают УФ свет. В присутствии галогенсодержащих акцепторов в пленках ПАА формируются КПЗ имеющую полосу поглощения в области 400 нм. При действии УФ света в полосе поглощения КПЗ происходит окисление ПАА и образование фотопродуктов (ФП) фотолиза типа гидрола Михлера. Окисленный фрагмент полимерной цепи, имеющий интенсивное поглощение в видимой области с максимумом 630 нм, является эффективным сенсбилизатором фотопроводимости /1/.

Были изучены фотовольтаические характеристики многослойных структур образцов ПАА, исходного (тип 1), и содержащего КПЗ (тип 2), при освещении светом 400 нм, а также содержащего ФП (тип 3) при освещении светом 630 нм. При экспонировании монохроматическим светом на границе Алюминий/ПАА появляется фото-ЭДС. На основании полученных экспериментальных данных были рассчитаны к.п.д. фотопреобразования для образцов типа 1, 2 и 3, они составляют $3,3 \cdot 10^{-7}\%$, $3,1 \cdot 10^{-4}\%$ и $2,0 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно. Как видно из этих данных, при сенсбилизации слоев ПАА введением акцепторов или фотохимическим модифицированием можно увеличивать к.п.д. преобразования световой энергии в электрическую на 3-4 порядка. Основная причина увеличения фототока в ячейках типа 3 может быть связана с высокой эффективностью фотогенерации носителей заряда на переходе Алюминий/ПАА+КПЗ+ФП.

Исследование спектральных характеристик фотовольтаического тока показало, что при освещении границы Алюминий/ПАА, независимо через полупрозрачный алюминиевый электрод или со стороны прозрачного SnO_2 , в ячейках типа "сэндвич" возникает фото-ЭДС с появлением на алюминиевом электроде отрицательного потенциала. Наличие выпрямляющей темновой вольт-амперной характеристики дает основание заключить, что на контакте ПАА с алюминием образуется барьер Шоттки. Полученные результаты могут быть основой для создания полимерных преобразователей световой энергии на основе ПАА.

1. Пахратдинов А.А., Ванников А.В. // Журнал научной и прикладной фототехники. 1977, т. 1, № 1, с. 182.

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГЕТЕРОСТРУКТУР $ITO-MnGa_2Te_4$

Бежимбетов Р.Н., Рудь Д.В.

Каракалпакский госуниверситет им.Бердеха. г.Нукус.

В данной работе приводятся результаты исследований гетероструктур на основе нового полупроводникового материала $MnGa_2Te_4$, представляющего интерес как перспективный материал для изготовления чувствительных элементов магнитооптоэлектроники /1/.

Гетероструктуры создавались нанесением на плоскость (100) $MnGa_2Te_4$ методом катодного рывпыления слоев ITO толщиной $\sim 0,1$ мкм. Фоточувствительность гетероструктур $ITO-MnGa_2Te_4$ наблюдается в широком спектральном диапазоне с максимумом воляз $\sim 2,1$ эВ при 300 К. Слой ITO при освещении гетероструктур всегда заряжается отрицательно во всем диапазоне фоточувствительности, и фотонапряжение насыщения $U_{xx} = 0,2$ В. Вольтовая чувствительность достигает максимума $S_u = 10^2$ В/Вт при освещении со стороны широкозонного слоя. Длинноволновый край спектров фототока спрямляется, в координатах $i \sim (\hbar\omega - E_G)^2$, что характеризует межзонные переходы в кристалле $MnGa_2Te_4$ как непрямые и позволяет по экстраполяции $i^{1/2} \rightarrow 0$ оценить $E_G = 1,36$ эВ. Длинноволновый край спектров фототока гетероструктур расщепляется в линейно-поляризованном излучении аналогично $\alpha(\hbar\omega)$ так, что $i'' > i'$. Фоточувствительность гетероструктур проявляет рост в спектральной области и при энергии фотонов большей E_G , в это позволяет полагать, что гетерограница в полученных гетероструктурах $ITO-MnGa_2Te_4$ является достаточно совершенной.

Анализ спектров фоточувствительности созданных структур указывает на перспективность использования кристаллов $MnGa_2Te_4$ в качестве фотодетекторов различного функционального назначения.

1. Bekimbetov R. N. et al. The Semiconductors of $MnGa_2Te_4$ Family: Physical Properties, Promising Applications. Cryst. Res. Technol. 1987, 12, k 238-240.

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $BaFCl$

И. Нуритдинов

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент

Б. Т. Атамов

Каракалпакский государственный университет, Нукус

Спектрально-люминесцентные исследования кристаллов $BaFCl$ является актуальным в связи с получением на их основе перспективных эффективных рентгенолюминофоров.

В данной работе систематически исследуются фото - (ФЛ) и рентгенолюминосцентные (РЛ) характеристики номинально-чистых легированных различными примесями кристаллов $BaFCl$, выращенных гидротермальным способом в температурном интервале 77-480 К.

В спектре РЛ кристаллов обнаружены полосы люминесценции с максимумами в областях 340-370 нм (положение которой зависит от вида и концентрации примесей) и 400 нм. В отличие от этого, в спектре ФЛ, возбуждаемого в области прозрачности кристалла, обнаруживается только одна полоса в области 400 нм (максимум возбуждения которой находится в области 230 нм).

На основе комплексного исследования люминесцентных свойств кристаллов предполагается, что РЛ с максимумом 340-370 нм обуславливается излучательными переходами двухузельных автолокализованных на двух галендах экситонами. Смещение максимума этой полосы может быть обусловлено изменениями параметров решетки и локального окружения центров свечения, связанных с введением при примесей.

Полоса ФЛ и РЛ с максимумом в области 400 нм приписывается нами дефектам структуры кристалла типа F - центров.

ДИКС-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

М.Шерматов, член-корреспондент АН РУз А.Т.Мамадалимов, З.А.Додобоев,
Т.М.Ашрбоев

ОТФ АН РУз, г.Ташкент, Худжандский госуниверситет, г.Худжанд.

Последние исследования показали, что хлопковое волокно при определенных условиях проявляет фотоэлектрические свойства, в частности хлопковое волокно, легированное йодом дает фототок.

Настоящая работа посвящена, изучению дикс-амперной характеристики хлопковых волокон сорта I75 Ф.

Образцы были изготовлены согласно методике указанной в работах [1,2].

Источником света служила обычная лампа накаливания, которая питалась электрическим током через трансформатор. Рабочее напряжение равнялось 220 В.

Исследования показали, во первых фототок имеет кинетический характер, насыщения фототока достигается через 200 сек. величина фототока зависит от температуры испытания, а также от величины освещенности образца. Зависимость освещенности света от силы тока имеет экспоненциальный характер. По мере увеличения освещенности поверхности образца сила фототока растет экспоненциально.

Исследования показали что в зависимости от условия роста и развития хлопковых волокон, температуры, среды испытания фототок изменяется.

Кроме того, процессы фотопроводимости в хлопковых волокнах в зависимости от концентрации легирующего элемента меняется, этот эффект также имеет свои особенности.

Таким образом, фотопроводимость хлопковых волокон есть электрооптический процесс, зависящий не только от условия их испытания, она зависит от условия выращивания, среды в котором были выращены и т.п.

Литература

1. М.Шерматов Изучение полупроводниковых свойств хлопковых волокон. Актуальные вопросы физики. Сборник статей Худжандского госуниверситета 1992г., г.Худжанд с. 73.

2. М.Шерматов, Ш.Туйчиев. Электропроводимость хлопковых волокон, ВМС, серия Б, том 36, № 6, 1994г. стр. 1014-1015.



СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПДП СТРУКТУРОЙ

Расулов Д.Т., Ахмедов Р.А. Асатуллаева Н.
Джизакский госпединститут, г.Джизак

Применение пленок многокомпонентных полупроводников значительно расширяет набор материалов применяемых для изготовления солнечных элементов.

В настоящей работе проанализированы электрофизические и фотоэлектрические свойства пленочных солнечных элементов изготовленных на основе пленок полупроводниковых соединений $A^{IV}B^{VI}C^6$, в частности $CuInTe_2$ и $CuInSe_2$.

С целью исключения влияния межкристаллических потенциальных барьеров граница зерен пленок заполнена диэлектриком, после чего на поверхности формируется тонкий слой CdS . Следовательно в структурах соответственно будут реализованы модели ПДП структур, что подтверждается исследованием вольтемперной и вольтемкостной характеристик. Из вольтемкостной характеристики определена толщина диэлектрического слоя и концентрации носителей в слоях $CuInTe_2$, $CuInSe_2$ и CdS . Значение исследуемого удовлетворительно согласуется с результатами других измерений.

Фотоэлектрические свойства ПДП структур имеют специфические особенности. Введение диэлектрического слоя увеличивает величину напряжения холостого хода и уменьшает степени деградации связанные сунтированием р-п перехода за счет диффузии металлического компонента через границы зерен в пленках $CuInTe_2$ и $CuInSe_2$.

Коэффициент полезного действия изготовленных структур при мощности интегрального светового излучения 80 мВт/см^2 составляет $5 + 7\%$. Они обладают высокой стабильностью эксплуатационных параметров при длительной эксплуатации.

На основе результатов электрофизических исследований построены зонные диаграммы изготовленных солнечных элементов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ПОСТОЯННЫХ
ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР
ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ $CuInSe_2$

Расулов Д.Т., Ахмедов Р.А., Маматкулов Б.Х.
Джизакский госпекинститут, г.Джизак

При изучении физических процессов протекающих в полупроводниковых структурах необходимо знать величину их рекомбинационных постоянных.

В связи с этим в настоящей работе приведены результаты по определению рекомбинационных постоянных пленочных полупроводниковых структур изготовленных на основе трехкомпонентного соединения $CuInSe_2$.

Были изготовлены пленочные структуры $pCuInSe_2-nCdS$ и $pCuInSe_2-nZn_xCd_{1-x}S$. Исследование электрофизических и фотоэлектрических свойств показало, что в структурах реализуется модель p-n перехода, где широкозонные слои CdS и $Zn_xCd_{1-x}S$ выполняют роль оптического окна.

Для определения рекомбинационных постоянных использованы результаты измерения спектральной зависимости коэффициента поглощения (Q) и зависимости обратной величины коэффициента поглощения ($K=1/Q$) в $pCuInSe_2$ от интенсивности освещения.

В области сильного поглощения $Q-K$ наблюдается линейная зависимость. (внутренней этой зависимости по пересечению осей Q и K определена величина скорости поверхностей рекомбинации $S = (3 + 4) \cdot 10^8$ см/с и $S = 8 \cdot 10^8$ см/с соответственно для структур $pCuInSe_2-nCdS$ и $pCuInSe_2-nZn_xCd_{1-x}S$).

Длина диффузии неосновных носителей (L_n) в $pCuInSe_2$ определена с помощью выражения

$$I_{n,3} = qF_0 L_n \cdot \exp(-\alpha d) / (\alpha^{-1} + L_n) \quad (I)$$

Если интенсивность света $F = F_0 \exp(-\alpha d)$ входящего до базовой области структуры, регулировать так, чтобы ток короткого замыкания оставался постоянным для всех длин волн, то уравнение (I) сводится к виду $F = B(\alpha^{-1} + L_n)$. B - величина зависящая от параметров структуры.

Экстрополяцией зависимости $F \sim \alpha^{-1}$ на ось $F = 0$ определена величина $L_n \approx 3 \cdot 10^{-3}$ см, которая согласуется с результатами других измерений.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ CaAl_2 И Si .

М. Мирзабаев, К. Расулов, А. Комилов, Р. Д. Юсупова
ФТИ НПО "Физика-Солнце" АН РУз, г. Ташкент

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований фотоэлектрических генераторов, в которых элементы системы выполнены из различных материалов, вместо однородных систем. В частности, показаны превышение величины оптимального напряжения системы, суммы напряжений составных элементов при токе на нагрузке равно оптимальному току системы и улучшение температурной стабильности выходных параметров таких систем.

В работе также произведены аналитические расчеты нагрузочных ВАХ рассматриваемой системы, и сопоставлены с экспериментальными данными. Для определения основных выходных параметров, с применением известных данных была аналитически построена ВАХ отдельных элементов и самой системы. При расчетах были использованы данные, определенные из световых ВАХ.

По существующим представлениям оптимальное напряжение системы должно быть равно сумме напряжений (отдельных элементов) отдельных элементов при токе, соответствующем оптимальному току системы. Однако показывают экспериментальные результаты - оптимальное напряжение системы превышает сумму напряжений отдельных элементов при том же токе.

На основе полученных экспериментальных результатов показано, что для рассматриваемой системы уравнение нагрузочной ВАХ может быть иной, чем простое сложение двух уравнений нагрузочных ВАХ. Предполагая, что цепь двух последовательно соединенных элементов представляет собой единую диодную структуру с диодным параметром A отличающихся от диодных параметров составных диодов, получено значение для V_H системы более близкой к экспериментальному.

В работе также приведены результаты расчета эффективности системы в зависимости от основных энергетических параметров и геометрических размеров составных элементов.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ГЕТЕРОФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ GaAs - AlGaAs МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОЙ
ЭПИТАКСИИ

М. Мирзабаев, К. Расулов, А. Комилов
ФТИ НПО "Физика - Солнце" АН Р Уз

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований гетерофотопреобразователей в системе GaAs - AlGaAs полученных методом жидкофазной эпитаксии в сочетании с диффузией легирующей примеси из газовой фазы.

Проведено исследование воспроизводимости выходных параметров полученных СЭ. Рассмотрены 4 основные энергетические параметры СЭ: ток короткого замыкания $I_{кз}$, $V_{хх}$, ξ и КПД η . Показано, что 45 % элементов с $S = 0,3 \text{ см}^2$ имеют:

$I_{кз} = 20 + 23 \text{ мА / см}^2$, $V_{хх} = 0,95 \text{ В}$ и $\xi = 0,75 + 0,78$, а 55 % имеют КПД до $\eta = 21,5 \%$, для элементов с КПД 23 % составляет 10 %, а с КПД до 25 % 5 % от общего числа полученных элементов.

Путем анализа нагрузочных ВАХ снятых при двух различных уровнях освещенности определены значения последовательного сопротивления (R_n) СЭ в рабочем режиме. Для этого в нагрузочной кривой для большого уровня освещенности находят такую точку, где ток нагрузки будет соответствовать величине:

$I_{н2} = I_{кз2} - I_{кз1}$, - здесь $I_{кз1}$ - ток короткого замыкания при меньшей уровне освещенности а $I_{кз2}$ - ток к.з. при большом уровне освещенности. При этом R_n определяется по формуле:

$$R_n = \frac{V_{хх1} - V_{н2}}{I_{кз2} - I_{кз1}}$$

- где $V_{хх1}$ - напряжение холостого хода в режиме меньшей освещенности, $V_{н2}$ - напряжение на нагрузке в режиме большей освещенности при токе нагрузки соответствующей величине $I_{н2}$. Значение R_n определенное из нагрузочных ВАХ для уровней освещенности $E = 70$ и 3100 мВт / см^2 равно $0,130 \text{ см}^2$, что близко к значению R_n определенное по известной методике.

Проведенные исследования показали возможность получения высокоэффективных СЭ с воспроизводимыми параметрами в системе $p^+ \text{ GaAs} - n \text{ GaAs} - p^+ \text{ GaAs} - p \text{ AlGaAs}$ по предложенному методу.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С
ИЗОПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ТЫЛЬНЫМ БАРЬЕРОМ ПРИ СЛЫШНОМ
СВЕТОВОМ ПОТОКЕ

М. Мирзабаев, К. Расулов, А. Комилов, С. Т. Ташходжаева
ФТИ НПО "Эвизика-Солнце" АН РУз г. Ташкент

В данной работе рассматриваются фотоэлектрические свойства кремниевых фотопреобразователей (ФП) со структурой p^+-p-p^+ на базе p -кремния ($P_0 = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$) с $l = 10$ омсм и толщиной 300 мкм от освещенности.

Приведены результаты исследования ФП освещенных стороны $p-p^+$ и $p-p^+$ переходов соответственно до $3,5 \cdot 10^4 \text{ мВт/см}^2$. Показано, что коэффициент заполнения (ξ) и ($V_{ХХ}$) при освещении со стороны изотипного перехода больше, чем со стороны $p-p^+$ перехода. Такое различие объясняется влиянием ЭДС Дембера, компенсирующем омическое показание напряжения в случае освещения со стороны p^+ -слоя.

Оценка величины ЭДС Дембера выполнена по формуле $V_D = \frac{kT}{q} \ln \frac{P_1}{P_2}$ где P_1 - концентрация неравновесных носителей в освещаемой, P_2 - в неосвещенной или слабоосвещенной части ФП. Поскольку $P_1 = P_0 + \Delta P$, $P_2 = P_0$ то выражение для V_D представляет следующий вид: $V_D = \frac{kT}{q} \cdot \ln(1 + \Delta P/P_0)$. Для нашего случая $\Delta P = 1,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $P_0 = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Тогда значение для $V_D \approx 50 \text{ мВ}$, что совпадает с результатами эксперимента.

В работе также приведены результаты экспериментального исследования зависимости I_{ph} от освещенности и показано, что с определенного уровня освещенности наблюдается сверхлинейная зависимость фототока от освещенности. Определено значение коэффициента сверхлинейности и сопоставлена с расчетным определенным как отношение коэффициентов разделения н.н.з при высоком и низком уровнях освещенности. Выявлено что величина коэффициента сверхлинейности фототока от освещенности возрастает с увеличением отношения d/L . Это свидетельствует о возможности повышения эффективности при высоких уровнях освещенности и кремниевых фотопреобразователей с начальной малой диффузионной длиной неравновесных носителей.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОГО ФОТОНАПРЯЖЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ.

Мирзамахмудов Тожибой, Худайбердиев Абдукаххор
Ферганский госуниверситет, г. Фергана

В данной работе излагаются результаты исследований эффекта аномально больших фотоэлектрических напряжений в полупроводниковых пленках.

Проведено исследование технологических, электрофизических, электромагнитных свойств пленок, обладающих аномально большими фотоэлектрическим (АФН) и фотомагнитным (АФМН) эффектами.

Разработка технологии получения АФН-пленок из того или иного материала требует проведения большой экспериментальной работы, большого количества пробных напылений при последовательном варьировании нескольких технологических параметров, их сочетаний и нахождения параметров, специфических для получения АФН-эффекта на пленках из данного полупроводникового материала.

Полученные результаты в данной работе анализируются на основе микробатарейной концепции. Согласно этой концепции АФН-пленка представляет собой сложное устройство, состоящее из большого числа последовательно расположенных микроскопических областей, в каждой из которых при освещении возникает элементарное фотонапряжение.

Иначе говоря, АФН-эффект истолковывается как результат сложения большого числа малых фотонапряжений, генерируемых в отдельных микрофотоэлементах, создаваемых в едином технологическом процессе напыления полупроводникового материала на подложку.

Существование аномального фотоэлектрического (АФН) и аномального фотомагнитного (АФМН) эффектов в одних и тех же пленках указывает на тесную связь обоих явлений, на их общую физическую природу. Нужно отметить, что сама постановка экспериментов с целью обнаружения АФМН-эффекта явилась логическим результатом исследования и выполнения природы АФН-эффекта.

В 1969 г. Э.И. Адировичем и др. был открыт новый аномальный эффект — фотомагнитные напряжения, превышающие на несколько порядков обычные значения $\sqrt{\Phi M \mathcal{E}}$. В эксперименте на пленках теллурида кадмия было обнаружено фотомагнитное напряжение порядка одного Вольтга. Нами обнаружено фотомагнитное напряжение в пленках PbS , $CdTe + CdSe$, где оно доходит до значений 5-10 Вольт.

15

ДЕГРАДАЦИЯ СВОЙСТВ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ В Si(Mn), ПОДВЕРГНУТОМ ИМПУЛЬСНОМУ ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Абдурахманов К.П., Утамурадова Ш.Б., Ахмаджанов Т.,
Рафиков В.Э.

ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Лазерный импульсный отжиг полупроводников на протяжении многих лет привлекает к себе пристальное внимание исследователей, поскольку эта технологическая операция имеет уникальные возможности. Применение лазерного излучения при изготовлении полупроводниковых приборов в ряде случаев является предпочтительным по сравнению с традиционным термоотжигом по ряду причин.

В настоящей работе с помощью емкостной спектроскопии исследована кинетика деградации глубоких уровней (ГУ), связанных с атомами марганца в кремнии при воздействии лазерного излучения с различной энергией. Облучение проводилось импульсами света рубинового лазера ($\lambda = 0.69$ мкм, $\tau_n = 20$ нс) с энергией E , изменяющейся в интервале от 0.05 до 1 Дж/см².

Результаты емкостных измерений показали, что лазерная обработка при низких энергиях ($E = 0.05 - 0.2$ Дж/см²) образцов Si, диффузионно легированного Mn, приводит к отжигу глубоких уровней марганца: $E_c = 0.42$ эВ и $E_c = 0.54$ эВ. Ранее нами было показано, что кинетика низкотемпературного отжига этих ГУ характеризуется начальным участком роста концентрации уровней. При импульсной лазерной обработке происходит быстрый отжиг ГУ $E_c = 0.42$ и $E_c = 0.54$ эВ, связанных с марганцем в кремнии.

Установлено, что лазерная обработка приводит к локальному отжигу ГУ (проводились эксперименты с облучением нескольких барьеров Шоттки на поверхности одной пластины).

Показано, что с ростом энергии излучения E наблюдается деградация характеристик диодов Шоттки Au-n-Si(Mn)-Sb. Обнаружено, что после воздействия излучения происходит изменение вольтамперных характеристик диодных структур: обратные токи через структуру Au-n-Si(Mn)-Sb увеличиваются в несколько раз.

О ПАРАТАНТАЛАТЕ ЛАНТАНА АКТИВИРОВАННОГО ИОНАМИ НЕОДИМА

Аваматов З.Т., Артыков З., Корженко М.А., Сиротинкин В.П.,
Таджи-Аглаев Х.Г.

Научно-исследовательский институт прикладной физики ТашГУ

Приводятся результаты исследования спектроскопических свойств паратанталата лантана, активированного ионами неодима ($\text{La}_2\text{TaO}_7:\text{Nd}^{3+}$), который благодаря специфическому распределению энергии возбуждения по "штарковским" излучательным каналам, представляет интерес как потенциальный материал для получения стимулированного излучения с низким порогом генерации. Исследования проводились на однофазных керамических образцах приготовленных методом твердофазных реакций. По нашим исследованиям можно сделать вывод: соединения паратанталата лантана (ЛТ) обладают флюоритоподобной структурой, близкой к структуре веберита (пр.гр.Смош); при легировании возможно полное замещение ионов La^{3+} на Nd^{3+} без существенного искажения структуры; ионы неодима в данной кристаллической матрице образуют предположительно два активированных центра (АЦ); как вытекает из анализа спектров поглощения и поляризованной люминесценции, благоприятное распределение люминесценции по штарковским излучательным каналам дает возможность предположить реализации эффекта стимулированного излучения на переходах ${}^4\text{F}_{3/2} - {}^4\text{I}_{11/2}$ и ${}^4\text{F}_{3/2} - {}^4\text{I}_{13/2}$ с низким порогом генерации; исследование концентрационной серии $(1-x)\text{LT} + x\text{NdT}$ показало на перераспределение интенсивностей спектров между линиями люминесценции, соответствующими различным АЦ; из исследования концентрационной зависимости люминесцентного времени жизни ($\tau_{\text{жизн}}$) иона неодима в метастабильном состоянии ЛТ видно, что эффект концентрационного тушения люминесценции ЛТ несколько слабее, чем в $\text{YAlO}_3:\text{Nd}^{3+}$. Отметим большую величину расщепления метастабильного состояния ${}^4\text{F}_{3/2}$ (285 см^{-1}) ЛТ: Nd^{3+} , которая значительно больше, чем у известных материалов с флюоритоподобной структурой, таких как CaF_2 (113 см^{-1} центр типа I, 96 см^{-1} - центр типа II), $\text{BaF}_2 - \text{LaF}_3$ (148 см^{-1}). Это свидетельствует о большой величине низкосимметричных составляющих разложения потенциала кристаллического поля для ЛТ: Nd^{3+} .

К ТЕОРИИ ФОТО ЭДС В МНОГОСЛОЙНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Дуйсенбаев М., Насыров У., Каниязов Ш., Тажибаев П.
 Каракалпакский госуниверситет им. Бердаха. г. Нукус.

В работе рассмотрена одномерная модель многослойных периодических полупроводниковых структур, которая состоит из двух полупроводников электронного типа, соединенных через тонкий слой металла, причем они имеют разные ширины запрещенных зон. С обеих сторон тонкого слоя металла образуются барьеры Шотки. Если на это полупроводники в направлении нормали падают монохроматические волны света, то появляются фото ЭДС, которая при определенных значениях длины волны света полярность меняется. Если такой элемент чередуется последовательно, то на периодической многослойной структуре фото ЭДС намного увеличивается, но оно ограничивается глубиной проникновения света в глубь слоев.

В случае периодического слоения появляются два типа диода Шотки, в зависимости от соединения с металлами разных полупроводников, причем эти диоды на половину работают в режиме прямого направления, а остальные - в режиме обратного, то есть в режиме "вентилля".

Фото ЭДС многослойной структуры со слоем N определяется формулой

$$\frac{qV}{kT} = N \ln \frac{(1 + I_{\varphi}'/I_{нас}')^{m'}}{(1 + I_{\varphi}''/I_{нас}'')^{m''}},$$

где q - элементарный заряд, V - падение напряжения, T - температура, I_{φ}' и $I_{нас}'$ - фототоки и насыщения в двух полупроводниках, m' и m'' - коэффициенты неидеальности гетеропереходов.

Если при $0 \leq \lambda \leq \lambda_0$, $I_{\varphi}' \neq 0$, а $I_{\varphi}'' = 0$ то $V > 0$ то есть фото ЭДС имеет одну полярность. Если $\lambda_0 \leq \lambda \leq \lambda_{max}$ $I_{\varphi}' = 0$, $I_{\varphi}'' \neq 0$, то $V < 0$ - наблюдается другая полярность. Это означает, что в зависимости от длины волны фотодиод из многослойных периодических структур может переключаться от одной полярности к другой. λ_0 - длина волны при которой происходит переключение определяется из условий

$$\left(1 + \frac{I_{\varphi}'(\lambda)}{I_{нас}'}\right)^{m'} = \left(\frac{I_{\varphi}''(\lambda)}{I_{нас}''} + 1\right)^{m''}.$$

Такие диоды можно использовать как переключатели.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КРИСТАЛЛАХ CdS

ЕМБЕРТЕНОВ В. ИСМАИЛОВ К.А.

КАРАКАЛПАКСКИЙ ГОСУНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ БЕРДАХА

Поиск неразрушающих методов технологической обработки полупроводниковых материалов и приборов с целью целенаправленного изменения их свойств является актуальным. Ультразвуковая обработка (УЗО) полупроводниковых материалов и приборов, которая приводит к значительному изменению их фотоэлектрических и оптических свойств, а также возникновению в них новых эффектов относится к новым методам.

В данной работе приведены результаты ультразвуковой обработки (УЗО) монокристаллов CdS и влияние их на протекание фотоэлектрических процессов, так называемых фотохимических реакции (ФХР) который является обратимым процессом. Протекание ФХР могут существенно отразиться в спектрах фотопроводимости (ФП), фотолюминесценции (ФЛ), термостимулированного тока (ТСТ), ВАХ, ДАХ и т.д. После УЗО кристаллов CdS наблюдались следующие характерные изменения: 1. В спектре ФП разница между до и после протекания ФХР сводится к минимуму. 2. В спектре ФЛ интенсивность примесных полос уменьшается, а зона-зонной полоса увеличивается. 3. В спектре ТСТ ФХР сопровождается только изменением концентрации уровня при $T_{1/2} = 230 K$, после УЗО все остальные мелкие уровни исчезают и в ФХР не участвуют. Такие изменения могут быть вследствие ассоциации мелких доноров, либо дрейфа подвижных собственных, так и неответственных дефектов к дислокациям, наконец УЗО могут привести к устойчивому нераспределенному неравновесному состоянию носителей по различным каналам рекомбинации. Вклад последнего могут быть преобладающим так как УЗО проводилась в условиях избытка неравновесных носителей.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ В КРИСТАЛЛАХ $ZnSe$

КОРСУНСКАЯ Н.Е. ЕМБЕРГЕНОВ В

ИНСТИТУТ ПОЛУПРОВОДНИКОВ АН УКРАИНЫ, г.КИЕВ
КАРАКАЛПАКСКИЙ ГОСУНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ БЕРДАХА г.НУКУС

Природа и параметры центров свечения в монокристаллах $ZnSe$ исследуется интенсивно и достигнута значительные успехи в их идентификации. Как показала литературный обзор в то же время имеется ряд противоречий, в этих сведениях. К примеру, по данным ЭПР энергетическая разница (0,7 эв) между квантами возбуждения и свечения полосы люминесценции $\lambda = 0,62-0,63$ мкм идентифицирована как стоксов одвиг, а результаты по оптическому и термическому гашению дают значение $\sim 0,2$ эв.

С целью выяснения такого расхождения были исследованы спектры возбуждения (СВЛ) полос фотолюминесценции (ФЛ) в области красного (0,62-0,64 мкм) и инфракрасного свечения (0,96 мкм) кристаллов $ZnSe$ в диапазоне температур 77-350 К.

Установлено, что СВЛ этих полос содержат несколько максимумов: для красного свечения - 0,448 мкм; 0,468 мкм; 0,51-0,53 мкм; для инфракрасного кроме перечисленных наблюдается полоса 0,475-0,480 мкм; 0,485-0,490 мкм. Анализ полученных результатов приводит к выводу, что в кристаллах $ZnSe$ имеет место непосредственной передачи возбуждения от мелких центров к глубоким центрам свечения т.е. центры свечения, по видимому, являются сложными комплексами, имеющими, как минимум, три дефекта. Например, центр свечения, обуславливающий полосу 0,62-0,64 мкм и представляющий собой тесный комплекс $V_{Zn}-D$, включает также по крайней мере один мелкий акцептор или доноров-акцепторную пару, которые могут быть расположены на значительном расстоянии от V_{Zn} и D .



ОСТАТОЧНАЯ ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В КАРБИДЕ КРЕМНИЯ

Дуршимбетов К., Дуйсенбаев М., Сапарбаев Т., Кан М.А.
 Каракалпакский госуниверситет им.Вердаха, г. Нукус.

Остаточная фотопроводимость (ОФП) нами наблюдалась в p^+p-p^+ структурах изготовленных на основе SiC p-типа (6H политип). В этих структурах наблюдались оптическое и температурное гашение фотопроводимости (ФП).

В настоящем докладе приводятся результаты внешних воздействий на ОФП, который создавались как собственным, так и примесным светом. При освещении светом с энергией $E = 3$ эв и интенсивностью $I = 2,6 \cdot 10^{14}$ квант $см^{-2} с^{-1}$ фототок увеличивался от темного значения $I_f = 1 \cdot 10^{-9}$ А ($\psi = 20$ В) до $I_f = 1,05 \cdot 10^{-6}$ А. Отношение $I_f / I_{f0} \approx 10^3$ т.е. фототок превышает начальную в 1000 раз. Максимально наблюдаемое время спадаания (τ) остаточного тока (ОТ). $\tau = 14$ час. Освещение структуры светом с энергией $E = 1,1 \div 2$ эв приводит резкому уменьшению τ ОТ. При освещении светом с $\lambda = 0,82$ мкм и $I = 5 \cdot 10^{17}$ квант $см^{-2} с^{-1}$ уменьшается до 5 минут и сильно зависит от интенсивности света. Стирание ОТ также можно осуществить нагревая структуры до температуры $45-50^\circ C$. τ уменьшается при увеличении приложенного напряжения. Увеличения напряжения от 20 В до 90 В уменьшается от 14 часов до 7 часов. Однако, полное стирание ОТ не имело место даже при $E = 10^6$ В/см.

ОФП по видимому связана с образованием потенциального рельефа зон в компенсированном SiC, вызванного флуктуациями концентрации доноров и акцепторов. Свободные носители тока возбужденные светом скапливаются в потенциальных ямах рельефа (электроны - в минимумах зон проводимости, дырки - максимумах валентной зоны).

121.

У - С Е К Ц И Я

" РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ
И ДИЭЛЕКТРИКАХ "



РАДИАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ
ГЛУБОКУРОВНЕВЫМИ ПРИМЕСЯМИ.

861

М.С. Юусов
ИЯФ АН РУв, г.Ташкент

Многие исследования, посвященные электрофизическим явлениям в полупроводниках, в частности в кремнии, легированном примесями, создающими глубокие энергетические уровни косвенно или прямо дают информацию о чрезвычайно активном взаимодействии этих примесей с остаточными примесями, с собственными дефектами кристаллической решетки, а также с дефектами, обусловленными технологическими режимами выращивания кристаллов, а также радиационным воздействием. В этом отношении следует особо отметить исследования посвященные, радиационным явлениям в кремнии легированном глубоководными примесями. Благодаря этим исследованиям удалось получить достаточный объем результатов, позволивших выявить ряд закономерностей, касающихся структуры реального кристалла, о многообразных свойствах дефектов реального кристалла, а также получить сведения об особенностях реализации того или иного (узельного или междуузельного) состояния глубоководных примесей, о комплексах образуемых этими примесями в кристалле, в процессе легирования, о развале таких комплексов под действием радиации и дальнейшем участии их продуктов в квахимических реакциях радиационного дефектообразования, о подвижности этих примесей в кристалле при условиях воздействия ионизирующего излучения (радиационно стимулированная диффузия) и т.д. В докладе представлены оригинальные результаты, полученные под руководством автора и предпринята попытка проанализировать эти результаты с точки зрения представлений радиационной физики полупроводников, содержащих глубокие примесные центры а также физики глубоких примесных центров. Высказаны соображения, касающиеся многообразия свойств глубоких примесных центров и о целесообразности проведения исследований в тех или иных направлениях.



ЕМКОСТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ГЕТЕРОГРАНИЦЕ $Si - SiO_2$

Лебедев А.А., Далиев Х.С., Ахмаджанов Т.,
Хомиджанов И.Х., Мирзаамуратов И.А.

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе

АН РФ, г. Санкт-Петербург

ТашГУ им. М.Улугбека, г. Ташкент

Влияние ионизирующего излучения на структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) представляет интерес как с точки зрения выяснения механизмов образования радиационных дефектов (РД) в диэлектрике, полупроводнике (ПП) и на границе их раздела, так и с точки зрения определения возможностей и пределов применения таких излучений в технологии МДП-приборов. Особый интерес представляют исследования гетерограницы $Si - SiO_2$ с существующим практически всегда переходным слоем неполного окисления кремния SiO_x . Комплексные измерения нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (НЕСГУ) в разных режимах и вольт-фарадных характеристик позволяют определить природу и место образования радиационных дефектов.

Для определения плотности поверхностных состояний (ППС) N_{ss} в нижней половине запрещенной зоны электронного ПП (или в верхней - дырочного ПП) разработан метод, основанный на измерении релаксации напряжения ΔU в режиме постоянной емкости во всем интервале температур T , включая пик перезарядки поверхностных состояний неосновными носителями тока. Показано, что вычисление площади под зависимостью $I(\Delta U / T)$ при разных расстояниях квазиуровня Ферми для электронов E_n от дна зоны проводимости ПП на гетерогранице во время эмиссии электронов позволяет определить $N_{ss}(E)$ и в нижней половине запрещенной зоны ПП.

Для измерения были использованы структуры $Al - SiO_2 - Si$ с термическим окислом. Облучение производилось γ -квантами ^{60}Co . До облучения плотность поверхностных сос-

тояний не превышала $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$. После облучения происходят следующие изменения спектра поверхностных состояний.

1. Наблюдается преимущественный рост плотности поверхностных состояний в центре запрещенной зоны полупроводника. Эти поверхностные состояния связаны с оборванными связями непосредственно на поверхности кремния. Растет также амплитуда пика перезарядки поверхностных состояний неосновными носителями тока, но температура его максимума не изменяется. Это показывает, что радиационные поверхностные состояния в центре запрещенной зоны полупроводника имеют те же кинетические параметры, как и поверхностные состояния до облучения.

2. Возникает пик характерных радиационных дефектов, который связан с оборванными связями в переходном слое состава SiO_2 . Специфической особенностью этих радиационных дефектов является рост температуры перезарядки с уменьшением E_g , обусловленный туннелированием и последующим термическим возбуждением электронов в зону проводимости кремния. На основе модели перезарядки центров внутри переходного слоя сделана оценка пространственного распределения характерных радиационных дефектов.

3. Возникают также радиационные дефекты, скорость перезарядки которых не зависит от температуры. Связаны они с более удаленными от поверхности кремния центрами, которые перезаряжаются путем туннелирования электронов без термической активации.

Эксперименты показали, что облучение МДП-структур под напряжением стабилизирует процесс образования радиационных дефектов. Это позволяет установить дозовые зависимости плотности различных радиационных дефектов и причины их образования под воздействием проникающего излучения.



ВЛИЯНИЕ ИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ПРИМЕСЯМИ Li, Na, K, Cs НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И. И. Хайруллин, В. П. Чирва, Л. О. Олимов

Институт Электроники им. У. А. Арифова АН РУ, г. Ташкент.

Эксплуатация солнечных батарей (СЭ) космических летательных аппаратов (КЛА) происходит в условиях радиационного воздействия заряженных частиц: протонов, электронов, γ -излучения, а также тяжелых частиц с массой $2+100$ отн. ат. масс. В результате такого воздействия происходит деградация основных фотоэлектрических параметров солнечных элементов (СЭ): тока короткого замыкания, напряжения холостого хода, обусловленная уменьшением диффузионной длины L и времени жизни τ неосновных носителей заряда, и как следствие - падение выходной мощности СБ.

Одним из методов повышения радиационной стойкости является внедрение в СЭ примеси лития с помощью термодиффузии. Для достижения той же цели предлагается легирование СЭ примесями остальных элементов щелочной группы Na, K, Cs методом ионной имплантации.

Имплантация проводилась на ионном ускорителе с энергией ионов в диапазоне $25+30$ кэВ, в дозовом интервале $10^{13}+10^{16}$ см⁻². После отжига радиационных дефектов при температуре 500°C в течении 30 минут, СЭ подвергались бомбардировке электронами с $E=1$ МэВ в интервале доз $10^{13}+10^{16}$ см⁻² со стороны фронтального слоя. Показано, что при дозах электронного воздействия $10^{13}+10^{14}$ см⁻² более радиационно-стойкими оказались СЭ, легированные литием (в среднем на 10%), а при дозах $10^{15}+10^{16}$ см⁻² - СЭ, легированные цезием (в среднем на 15%).

Делается вывод о целесообразности выбора легирующей примеси в зависимости от длительности срока эксплуатации СБ КЛА. При предполагаемой длительности полета КЛА в 1-2 года целесообразно легировать СЭ литием; при увеличении срока эксплуатации СБ оптимально легирование цезием.



ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННОЙ ПРИМЕСИ В КРЕМНИИ, СТИМУЛИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРОНАМИ ПОДПороГОВЫХ ЭНЕРГИЙ

Рахимова Г.Р., Чирва В.П.

НИО "Академприбор" АН РУз., г.Ташкент
Институт электроники АН РУз., г.Ташкент

Внедрением ионов фосфора и постимплантационным отжигом в монокристаллический высокоомный кремний р-типа создавался р-п-переход с напряжением пробоя 150 В. Были измерены энергии активации ионно-имплантированной примеси, составляющей 1,09 эВ, в то время как ее значение при электронной бомбардировке равно 0,55 эВ. Коэффициенты выпрямления K_L ($L=1,2,3$) для каждого случая вида воздействия: 1) электронное облучение, 2) ионная имплантация и 3) ионно-электронное облучение равны 650, 1300 и 6000 соответственно. Необходимо отметить, что наблюдаемое максимальное значение K_L для третьего случая достигается при энергии электронной бомбардировки $E=30$ кэВ с последующим температурным отжигом при температуре $T_{отж}=600^\circ\text{C}$. Напряжение пробоя выпрямительных структур составляли соответственно для первого случая 100 В, для второго случая 120 В и для третьего случая 150 В. Распределение примеси после ионной имплантации представляется в виде кубической зависимости $V \sim I/C^3$ (где V — напряжение, C — емкость), в то время как для совместного воздействия ионно-электронного облучения в квадратичном виде $V \sim I/C^2$.

Проведены расчеты величины потерь кинетической энергии заряженных частиц по формуле Бете-Блеха, а также ионизационные потери электронов и их пробега в зависимости от массы и кинетической энергии тормозящейся частицы. Профили распределения внедренных ионов фосфора в кремнии рассчитывались при дозе $\Phi=10^{17}$ ион/см² и энергиях $E=30$ и 60 кэВ по формуле Гаусса.

Таким образом, делается вывод о совместном ионно-электронном воздействии на кремний с целью получения оптимальных планарных р-п переходов.



ВЛИЯНИЯ КВАНТОВ Co^{60} НА ТОКОВЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СТОЛБОВ
НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ.

— Арипов Г., Атамуратов А. Э., Асатова У., Курбанов Д.
Гуммиева К.

Ургенчский государственный университет им. Аль-Хоразми,
г. Ургенч.

Современное развитие электроники ставит новые требования к параметрам элементов радиоэлектронной аппаратуры. Поэтому изменение, в частности улучшение параметров полупроводниковых приборов путем внешнего воздействия (например, ионизирующего облучения) является актуальной задачей. Например, известно улучшение переключательных свойств кремниевых диодов при облучении квантами Co^{60} . Нами рассматривалось влияние квантов Co^{60} на обратный ток кремниевых выпрямительных столбов из серийного производства.

Выпрямительные столбы составлены из 22 пластинок с р-п переходами, в качестве подложки, которых использован кремний КЭФ 4,5. Облучение производилось квантами Co^{60} интенсивностью 10^3 Р/с.

Исследовалась дозовая зависимость обратного тока $I_{обр}$ выпрямительных столбов. Обратный ток измерялся при обратной напряжении 10 кВ.

Результаты показывают, что обратный ток изменяется немонотонно с увеличением дозы. До доз 10^4 р обратный ток уменьшается, а при дальнейшем увеличении дозы наблюдалось его увеличение.

Наблюдаемая зависимость объясняется конкурирующим действием двух механизмов, один из которых, способствующий уменьшению обратного тока, преобладает при малых дозах (меньше 10^5), а второй способствующий увеличению $I_{обр}$ преобладает при больших дозах.



UZ9700866

128

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН, ОБЛУЧЕННЫХ ГАММА ЛУЧАМИ

Р66

М.Шерматов, член-корреспондент АН РУз А.Т.Мамадалимов, З.А.Додобоев,
Т.М.Аширбоев

ОТФ АН РУз, г.Ташкент, Худжандский госуниверситет, г.Худжанд.

Процесс электропроводности хлопковых волокон имеет огромное значение в деле их внедрения в электротехнической промышленности. Важность подобных исследований еще заключается в том, что в будущем, не исключено, что некоторые электронные приборы будут создаваться на основе хлопкового волокна.

Уже некоторые закономерности электропроводности хлопкового волокна изучены, в частности показаны что/волокна выращенные в различных природных условиях показывают отличающиеся друг от друга закономерности электропроводности, более того, при воздействии внешних факторов хлопковое волокно изменяет свою электропроводность.

Настоящая работа посвящена изучению электропроводности хлопковых волокон, облученных гамма лучами. Для этого были подготовлены образцы из хлопковых волокон сорта "Киргизия-3" в виде параллельно уложенных пучка волокон, навеской в три миллиграмма. Далее часть из этих образцов были облучены гамма лучами 10^5 р, 10^6 р, 10^7 р, 10^8 р доз и были получены температурные зависимости электропроводности,

Сопоставление закономерности электропроводности облученных и необлученных хлопковых волокон показало, что по мере увеличения дозы гамма радиации для данного сорта волокон электропроводность падает, падение имеет линейный характер.

По видимому, природа электропроводности хлопковых волокон заключается в том, что различные природные излучения в процессе их роста и развития играют определенную роль, искусственное воздействие подобных излучений на созревшее хлопковое волокно вызывает другое по характеру изменения в их электропроводности.

СКОРОСТИ УДАЛЕНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В n - V_1 $\langle P, R_h \rangle$

ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

М.С. Днусов, М. Каримов, М.А. Жалелов

ИЯФ АН РУз, г.Ташкент

Целью данной работы было изучение влияния концентрации атомов родия на скорость удаления носителей в компенсированном V_1 $\langle P, R_h \rangle$ при облучении быстрыми реакторными нейтронами ($E > 0,1$ МэВ).

В качестве исходного материала использовался кремний n -тип с $\rho \approx 0,8 - 8$ Ом.см. Легирование кремния родием осуществлялось термодиффузионным способом в открытом объеме из нанесенного на поверхность кремниевых пластин водного раствора $RhCl_3$, в интервале $1000-1200^\circ C$ в течение ~ 20 ч., с последующим охлаждением, со скоростью ~ 200 C /мин. В работе использовались обычные методы измерения удельного сопротивления и коэффициента Холла.

Установлено, что скорость удаления носителей тока в n - V_1 $\langle P, R_h \rangle$ (при степени компенсации $K = (N_{Rh}^A / N_P) < 0,2$) и в контрольном n - V_1 $\langle P \rangle$ практически не отличается: при дальнейшем увеличении степени компенсации в образцах n - V_1 $\langle P, R_h \rangle$ скорость удаления носителей уменьшается.

Вышеприведенные радиационные эффекты объясняется, по крайней мере двумя причинами:

- В процессе воздействия радиации примеси Rh , находящиеся в электрически неактивном состоянии, активно взаимодействуя с рождающимися радиацией вакансиями захватывают их и таким образом препятствуют образованию стандартных радиационных дефектов. Наряду с этим под действием радиации распадаются комплексы Rh с междоузлиями образовавшиеся в процессе диффузионного легирования и возникающие междоузлия рекомбинируя вакансиями также ослабляют каналы образования стандартных дефектов, т.е. скорость удаления носителей тока (при $K > 0,2$);

- Наличием микронеоднородностей, обусловленных неравномерным распределением технологических примесей (фосфора, кислорода, углерода и т.д.), т.е. наличием высокоомных включений в низкоомной матрице из за компенсации кремния родием.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

Махкамов Ш., Турсунов Н.А., Ашуров М., Саидов Р.П.,
Мартынченко С.В.
Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент.

В работе исследовано влияние радиационных дефектов (РД) на характеристики кремниевых солнечных элементов (СЭ) при воздействии на них проникающей радиации.

Кремниевые СЭ, изготовленные на основе известных методов окисления, фотолитографии и диффузии с различными глубинами залегания р-п-переходов подвергались облучению нейтронами, электронами и γ -квантами ^{60}Co . Дegrадация характеристик контролировалась измерением тока короткого замыкания ($I_{\text{к.з.}}$) и напряжения холостого хода ($U_{\text{х.х.}}$) СЭ без просветляющего покрытия при освещенности 100 люкс. Одновременно методом емкостной спектроскопии (DLTS) контролировались концентрации образующихся РД.

На основе проведенных исследований показано, что значения $I_{\text{к.з.}}$ и $U_{\text{х.х.}}$ СЭ не зависимо от вида воздействующей радиации существенно уменьшаются с повышением флюенса облучения.

Обнаружена взаимосвязанность между глубиной залегания р-п-перехода, концентрацией формирующихся дивакансий и радиационной деградацией характеристик СЭ. Выявлено, что повышение глубины залегания р-п-перехода в СЭ приводит к увеличению концентрации дивакансии при радиационной обработке. Такое изменение эффективности образования дивакансии объяснено накоплением вакансий в базе СЭ при формировании диффузионного р-п-перехода. Определены параметры РД в СЭ и изменение их соотношений концентраций в зависимости от технологического цикла изготовления.

Сделано заключение о возможности снижения эффективности деградации характеристик СЭ путем оптимизации глубины залегания р-п-перехода, приводящей к замедлению скорости введения РД при облучении.



α -ЛЕГИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Рахимова Г., Чирва В.П.
НПО "Академприбор" АН РУз., г.Ташкент
Институт электроники АН РУз., г.Ташкент

Предлагается технология введения примеси в полупроводниковые материалы за счет воздействия α -частиц твердотельного изотопного источника с энергией $\sim 1\text{MeV}$ на предварительно нанесенный слой лигатуры. В частности, на высокоомный монокристаллический кремний вакуумным напылением наносились дискретные слои индия, галлия, алюминия, фосфора, бора и сурьмы, которые в последующем подвергались воздействию α -частиц при комнатной температуре с последующим термостежигом. Результаты позволяют получить р-п переходы с коэффициентом выпрямления $K \sim 100$ и различные резистивные слои.

Проведена численная оценка глубины залегания полученных в результате ионной бомбардировки поверхностных слоев. Предлагается механизм неупругого столкновения α -частиц с атомами напыляемого материала с последующим ионным внедрением.

Предлагаемая методика может быть успешно применена для получения различных развитых полупроводниковых структур на поверхности полупроводникового материала.



МЕТАСТАБИЛЬНОСТЬ ЦЕНТРА СЕЛЕНА В НЕЙТРОННО-ЛЕГИРОВАННОМ $Si_{1-x}Ge_x$

Осупов А., Тангирбергганов И., Ваграев Н., Арипова Д.Ф., Мирсаатов Р.М.
Ургенчский госуниверситет им. Ал-Хоразми.

Всообщении приводятся результаты исследования метастабильности центра селена в нейтронно-легированном твердом растворе $Si_{1-x}Ge_x$.

Для эксперимента использовались монокристаллы твердого раствора переменного состава ($x=0, 1 \text{ ат}\% \text{Ge}$), выращенные методом Чохральского

Нейтронное легирование образцов проводилось облучением тепловыми нейтронами флюенсами $\Phi = 2 \cdot 10^{19} - 2 \cdot 10^{20} \text{ н/см}^2$. В результате были получены p-1-n структуры, в которых 1-область образовалась с составом $x=0,7 \text{ ат}\%$.

Исследовали спектральное распределение фотопроводимости (ФП) 1-области p-1-n структур при температуре жидкого азота. ФП регистрировались в условиях различных длин волн и времени предварительной оптической накачки мнoхроматическим светом. При малых временах облучения, предварительная оптическая накачка светом с энергией $0,4 \text{ эВ} < h\nu < 0,75 \text{ эВ}$ и $0,85 \text{ эВ} < h\nu < 1,0 \text{ эВ}$ стимулировала тухление фотопроводимости, тогда как увеличение времени предварительного облучения приводило к регенерации спектра. Кроме того, сигнал ФП мог быт восстановлен в ходе оптической накачки светом с энергией $0,15 \text{ эВ} < h\nu < 0,4 \text{ эВ}$. Следует отметить, только нагрев до комнатной температуры приводил к восстановлению ФП во всем спектре.

Полученные результаты для $Si_{1-x}Ge_x$ объяснены с помощью модели реконструированного точечного дефекта с монотонной зависимостью константы электронно-колебательного взаимодействия от число электронов на центре, в рамках которой дефект туннелирует в процессе перезарядки между позициями, характеризующимся различной симметрией решетки полупроводникового кристалла.

ВОЗДЕЙСТВИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНОЙ
СТРУКТУРЫ pCdTe-nCdTe-nCdS

Ш. А. Мирсагатов, В. М. Рубинов, Ф. Н. Джамалов

Физико-технический институт НПО "Физика-солнце" АН РУз, г. Ташкент

Одной из актуальных проблем физики поликристаллических полупроводников является установление взаимосвязи между потенциальным рельефом на поверхности зерен (кристаллитов) и локальными примесными центрами, дефектами в самих кристаллитах.

В работе рассматривается влияние облучения γ -квантами на электрические и фотоэлектрические свойства фоточувствительной pCdTe-nCdTe-nCdS структуры, полученной на основе пленок теллурида кадмия p-типа со столбчатой структурой зерен. Установлено, что в таких структурах ВАХ в прямом и обратном направлениях, спектральное распределение фоточувствительности как в вентильном, так и в фотодиодном режимах имеют немонотонную зависимость от дозы облучения, что объясняется немонотонным изменением при облучении плотности эффективных поверхностных состояний в межзеренных границах (МЗГ) и на границе раздела изотипного гетероперехода nCdTe-nCdS.

Немонотонная дозовая зависимость скорости поверхностной рекомбинации $K_r(\Phi)$, длины диффузии неосновных носителей L_{nn} , удельного сопротивления базы, спектральной чувствительности S_λ , а также прямого и обратного токов $I(\Phi)$ может быть объяснено при помощи эффекта малых доз. Этот эффект обусловлен целым рядом причин, но общая идея состоит в том, что в начальной структуре имелись некие метастабильные состояния, которые на начальных этапах облучения ликвидируются быстрее, чем появляются новые, уже стабильные дефекты. Эта идея может быть реализована различными механизмами.

Перезарядка границ раздела в МЗГ с дозой облучения может привести к изменению сопротивления прослойки между зернами. Механизм перезарядки границ раздела в МЗГ и изотипного гетероперехода после облучения γ -квантами позволяет управлять утечками токов через шунтирующие прослойки между кристаллитами (зернами) и усилением фототока путем инжекции неравновесных неосновных носителей-электронов в слой объемного заряда p-n-перехода в фотодиодных структурах pCdTe-nCdTe-nCdS.



ЕМКОСТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КРЕМНИИ С ПРИМЕСЬЮ ГЕРМАНИЯ

Абдурахманов К.П., Таджи-Аглаева С.Г., Шеримбетов Т.,
Эргашев Р.М.

ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

В настоящее время одна из важнейших задач радиационной технологии полупроводников — поиск примесей которые могли бы служить центрами аннигиляции или стоками для первичных радиационных дефектов (РД) и при этом оказывали бы минимальное влияние на свойства полупроводников. Наиболее перспективными в этом отношении являются изовалентные примеси, поскольку они не проявляют электрической активности в решетке кремния, но оказывают существенное влияние на процессы термического и радиационного дефектообразования в Si.

Методами емкостной спектроскопии (DLTS и IPE) изучено влияние γ -облучения на свойства образцов Si, легированного германием в процессе выращивания.

Анализ спектров DLTS и IPE показал, что введение атомов германия из расплава не приводит к образованию каких-либо глубоких уровней (ГУ) в заметной концентрации. Концентрация атомов Ge, определенная с помощью нейтронно-активационного анализа составляет $10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Установлено, что облучение образцов Si<Ge> γ -квантами Co^{60} приводит к образованию двух ГУ, параметры которых совпадают с параметрами известных РД в кремнии: $E_c - 0.17 \text{ эВ}$ (А-центр) и $E_c - 0.43 \text{ эВ}$ (Е-центр). Аналогичные уровни обнаружены и в контрольных образцах (без примеси Ge). Показано, что дозовые зависимости концентрации этих центров в Si<Ge>, в отличие от контрольных образцов, носят нелинейный характер.

Установлено, что в образцах Si<Ge> концентрация А-центров в 5 - 6 раз, а Е-центра в 2 - 3 раза меньше по сравнению с контрольными. Эти данные свидетельствуют о том, что наличие Ge в объеме кремния снижает эффективность образования РД.

Показано, что эффективность образования РД в Si<Ge> зависит от содержания атомов Ge. Полученные нами данные подтверждают предположение о том, что атомы Ge в Si являются центрами аннигиляции для первичных РД.

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИЭЛЕКТРИКА

И.Х. АБДУКАДЫРОВА

Ташкент, ИЯФ АН РУз

В настоящее время большой интерес проявляется к изучению свойств кристаллических диэлектриков. Это обусловлено вхождением их (например, корунда) в состав керамики, используемых в качестве изоляционных материалов на АЭС, а также тем, что они являются перспективным конструкционным материалом для оптоэлектроники. В связи с этим радиационная стойкость оптических свойств корунда представляет несомненный интерес.

Объектами исследования служили кристаллы корунда, выращенные методом Вернейля. Методом инфракрасной спектроскопии изучены спектры в области частот $\nu = 400 + 1000 \text{ см}^{-1}$. Исследования показали, что в исходном спектре имеются максимумы у $735 - 760$, $600 - 620$, 505 и 465 см^{-1} , соответствующие валентным и деформационным колебаниям основных связей.

На первом этапе реакторного облучения (от 10^{16} до $6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$) оксида установлена значительная устойчивость спектральных характеристик (R, ν) основных мод. Однако, около $8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ обнаружена флуктуация спектров, приводящая к изменению параметров некоторых мод. Оказалось, что R и ν второй полосы уменьшились и появилось у 550 см^{-1} . Сходная картина замечена и для последней полосы, которая к тому же расширилась. Иная кинетика наблюдается для $\nu_{as} = 735 - 760 \text{ см}^{-1}$, ибо у нее появляется структура и плечо у 800 см^{-1} .

Таким образом, рассмотренная динамика решетки свидетельствует об устойчивости спектральных характеристик основных мод кристаллического диэлектрика на первом этапе облучения и появлении на втором этапе тенденции к разрушению и деформации части алюмоокислородных связей путем изменения углов и разрыва $O-Al$ связей, накопления дефектов, что приводит к некоторому разупорядочению кристаллической решетки и изменению структуры.



UZ9700874

136

РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАРЦА ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ

И.Х. АБДУКАДЫРОВА
Ташкент, ИЯФ АН РУз

Одной из актуальных проблем физики полупроводников и диэлектриков является исследование индуцированных фазовых переходов (ФП) в материалах в условиях их облучения высокоэнергетическими частицами. В настоящей работе рассматриваются и анализируются дозовые зависимости структурно-чувствительных макросвойств синтетического диэлектрика: α - кварца, выращенного без традиционных примесей металлов, что давало возможность изучения изменения свойств диэлектрика, обусловленного лишь изменением структуры кристалла, ФП в результате облучения нейтронами.

На основе экспериментальных данных изменения показателя преломления (n) в функции флюенса Φ вычислены значения таких рефрактометрических констант, как средняя дисперсия Δ_{FC} и число Аббе V_D . Оказалось, что их дозовые зависимости имеют усложненный ход в пределах $\Phi = 10^{17} - 10^{21} \text{ см}^{-2}$. Особый интерес представляет наличие аномалий $\Delta_{FC}(\Phi)$ и $V_D(\Phi)$ около $(6-7) \cdot 10^{19}$ и $9 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$, ибо функции имеют экстремумы в этих критических точках. Если учесть литературные сведения о связи изломов рефрактометрических постоянных с перестройкой вещества, то впервые обнаруженная скачкообразная релаксация коэффициентов дисперсии кварца должна быть следствием переходов типа $\alpha - \beta$, $K - AC$ (это подтверждает результаты рентгенофазового анализа образцов, облученных соответствующими Φ).

Используя данные радиационного изменения доли аморфизованного кристалла (AC) вычислен показатель неоднородности (σ^2) модифицированного нейтронами диэлектрика. Установлено наличие максимума $\sigma^2(\Phi)$ вблизи второй критической дозы, что свидетельствует в пользу наличия ФП $K - AC$.

Показано, что при предельной дозе значения Δ_{FC} , V_D восстанавливаются и приближаются к таковым для необлученного стеклообразного диэлектрика. Следовательно, обнаружен эффект больших доз, который привел к отжигу наведенного радиационного эффекта и показывает совпадение искомым параметров в обеих модификациях диэлектрика.



ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

М.Шерматов, член-корреспондент АН РУз А.Т.Мамадалимов, З.А.Додобоев,
Т.М.Аширбоев

ОТФ АН РУз, г.Ташкент, Худжандский госуниверситет, г.Худжанд.

Электропроводность хлопковых волокон зависит от температуры испытаний, в зависимости от условий выращивания волокна, лигированных элементов можно наблюдать различные кривые зависимости силы тока от температуры.

Кроме того, при воздействии различных внешних факторов хлопковое волокно проявляет различную электропроводность.

Настоящая работа посвящена изучению влияния ультрафиолетовых лучей на электропроводность хлопковых волокон сорта I75 Ф.

Для этого были изготовлены специальные образцы в виде пучка волокон, параллельно уложенных друг другу концы которых были склеены электропроводящим клеем. Часть образцов были облучены УФ лучами разной дозы.

Сопоставление электропроводности облученных и необлученных хлопковых волокон показало, что УФ облучение приводит к ускорению процесса электропроводности.

В зависимостях $J(t)$ хлопковых волокон наблюдается две участки, в первом участке электропроводность по мере увеличения температуры растет медленнее чем во второй участке.

По мере увеличения дозы УФ лучей времени облучения пороговая температура резкого увеличения электропроводности уменьшается.

Если хлопковое волокно вырастить при искусственном УФ облучении, то их электропроводность отличается от электропроводности волокон, которые были выращены при обычных природных условиях.

Волокна выращенные в различных условиях при действии УФ радиации проявляют различную способность электропроводности.

Таким образом, электропроводность хлопковых волокон зависит от условия, при котором были выращены, состояние хлопчатника, коробочки, магнитные и электрические поля и т.п., при изменении условия испытания, влаги, УФ и т.п. она также зависит от среды, в котором будут испытываться.



UZ9700876

138

ВЛИЯНИЕ РАЗУПОРЯДОЧЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА НА ТЕРМОРАДИАЦИОННОЕ ДЕФЕКТОБРАЗОВАНИЕ

Нуритдинов И., Исламов А. Х., Хайдарова Х.А., Дониев М.О.,
Машарипов Х.

Институт Ядерной физики АН РУз, Ташкент

Раньше [1] было показано, что при повышенной температуре облучения кварцевых стекол, облучаемых одинаковыми дозами γ -лучей, происходит увеличение количества радиационно-наведенных дефектов. При определенном значении температуры количество дефектов достигает своего максимума, выше которой число дефектов начинает уменьшаться.

В настоящей работе исследовано влияние степени разупорядочения структуры кварцевого стекла на терморadiационное дефектообразование. Для этой цели изучено влияние комбинированного воздействия ионизирующего излучения и температуры облучения на дефектообразование в предварительно разупорядоченных различными способами (вытягивание разной скоростью, тонкий отжиг и закалка) кварцевых стеклах. Терморadiационная обработка проводилась в интервале температур 200 – 650° С при дозе облучения 10^7 рад. Полученные результаты показали, что предварительное разупорядочение структуры кварцевых стекол приводит к созданию в стекле различных локальных структурных состояний, где происходит изменение и энергии образования терморadiационных дефектов, и их энергии активации отжига.

Предложен механизм дефектообразования при комбинированном воздействии радиации и высокой температуры. Получено аналитическое выражение влияния степени разупорядочения структуры стекла на терморadiационное дефектообразование.

1. А.В.Амосов, Г.Б. Блинкова, Ш.А. Вахидов, М.О.Дониев, А.Х. Исламов, И.Нуритдинов, Х.А.Хайдарова. Влияние температуры облучения и окружающей среды на эффективность радиационного дефектообразования в кварцевом стекле. Препринт ИЯФ АН РУз. Р-9-566, Ташкент, 1992.



UZ9700878

- 139 -

РАДИАЦИОННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ АФН ПЛЕНОК

†

Найманбоев Р., Тохиров К., Хатамов С.,
ФерПИ, Фергана

В настоящей работе приведены экспериментальные данные по влиянию ионизирующего излучения на свойства АФН пленок теллурида кадмия и трехселенистой сурьмы, генерирующих при освещении аномально высоких фотонапряжений (АФН), что с помощью этих данных можно объяснить, основываясь на радиационно-стимулированной диффузии кислорода по границам кристаллитов механизма радиационной деградации (РД). Пленки получены термическим испарением в вакууме полупроводникового соединения теллурида кадмия и трехселенистой сурьмы с одновременным добавлением примеси соответственно кадмием и сурьмой, необходимой концентрации, испаряя из отдельного тигеля.

Проведены эксперименты для исследования влияния УФ - излучения на фотоэлектрические свойства легированных пленок в высокотемпературных условиях. Для пленок трехселенистой сурьмы легированной сурьмой характерно сильное взаимодействие с атмосферным кислородом. Изменение количество кислорода в пленке приводит к изменению их основных параметров таких как, фотонапряжение, темновое сопротивление, ток короткого замыкания и т.д. УФ - излучения приводит к ускорению диффузионных процессов в пленке.

Облучения образцов электронами и протонами проводилось при температуре 80 К и 290 К в течение от 30 минут до 10 часов. После каждой серии облучения образцов проведены электрические, фотоэлектрические и фотомагнитные измерения. Полученные результаты позволяют утверждать, что с увеличением дозы облучения значения темнового сопротивления и фотонапряжения монотонно убывают. Такой ход кривой зависимости фотонапряжения и темнового сопротивления от дозы облучения можно объяснить тем, что в начале происходит перезарядка рекомбинационных центров так, что на некоторое время уменьшается и рекомбинационная способность. При больших дозах облучения начинают рождаться дефекты, которые уменьшают время жизни носителей тока.

Полученные результаты показывают, что вводимые облучением электронами и протонами радиационные дефекты приводят к деградации параметров АФН пленок.

В работе также обсуждается возможные механизмы воздействия ионизирующего излучения на фотоэлектрические свойства пленок с аномально высокими фотонапряжениями.



UZ9700877

140

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОБЛУЧЕННЫХ И НЕОБЛУЧЕННЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ АФН - ПЛЕНОК.

Р.Бурханов, Р.Найманбоев, А.Юлдашев

Ферганский политехнический институт.

Изменение деградации АФН - пленок под воздействием радиации к настоящему времени изучено весьма поверхностно. В настоящей работе приведены экспериментальные данные по влиянию ионизирующего излучения на свойства АФН - пленок ($CdTe$, Sb_2Se_3), генерирующих при освещении аномально-высоких фотонапряжений, что с помощью этих данных можно объяснить, основываясь радиационно-стимулированной диффузией кислорода по границам кристаллитов механизма радиационной деградации.

На большом количестве образцов (более 700) в течении 5-ти лет проведены эксперименты для исследования влияния γ - излучения в высокогорных условиях. Для АФН - пленок PbS и Sb_2Se_3 характерно сильное взаимодействие с атмосферным кислородом. Измерение количества кислорода в пленке приводит к изменению их основных параметров (V_{open} , R_p , S_{L_2}). γ - излучения приводит к ускорению диффузионных процессов в пленке.

При Облучении образцов электронами и протонами с увеличением дозы облучения значения темнового сопротивления пленок и напряжения монотонно убывают. Такой ход кривой зависимости можно объяснить тем, что в начале происходит перезарядка рекомбинационных центров так, что на некоторое время уменьшается и рекомбинационная способность. При больших дозах облучения (например, при облучениях электронами поток облучения более $4,4 \cdot 10^{18}$; протонами 10^{12}) начинают рождаться дефекты, которые уменьшают время жизни носителей тока.

Полученные результаты показывают, что вводимые облучением электронами и протонами приводит к деградации параметров образцов. ($CdTe$, PbS , Sb_2Se_3).

В работе предлагается теоритическая модель для интерпритации полученных результатов.



UZ9700879

141

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ДИОДОВ

А.Ф.Муратов, В.А.Потапчук, Г.К.Эшчанов, И.А.Муратов

W. W. W. W. W.

В настоящей работе представлены результаты исследований времени восстановления обратного сопротивления ($t_{\text{вос.обр}}$) и "жесткости" времени восстановления обратного сопротивления $S = \frac{t_{\text{рас}}}{t_{\text{нак}}}$, ($t_{\text{вос.обр}} = t_{\text{рас}} + t_{\text{нак}}$, где $t_{\text{нак}}$ - время накопления заряда - "полочка"; $t_{\text{рас}}$ - время рассасывания заряда).

Перед разработчиками схемотехнических решений с использованием высокоточных импульсных диодов наибольший интерес представляют приборы, у которых при сохранении $t_{\text{вос.обр}}$, увеличено время рассасывания накопленного заряда за счет уменьшения времени полного открытого состояния диода.

В статье представлены сравнительные результаты исследований зависимости $t_{\text{вос.обр}}$ и величины S от конструктивных особенностей диодной структуры (с различной толщиной базы, градиента концентрации примеси у р - п перехода), исходного удельного сопротивления, природы создания глубоких центров ^{неглубоких}, с целью управления импульсными параметрами диодов, эксплуатационными режимами переключения и др.

При этом показано, что управлять формой кривой времени восстановления обратного сопротивления возможно, в первую очередь, за счет изменения глубины залегания, т.е. градиентом концентрации примеси у р - п перехода и природой введенных глубоких центров. Конструкторско-технологически эта проблема решается при изготовлении диодных структур по эпитаксиально - диффузионной технологии, что позволяет создавать практически необходимый расчетный градиент концентрации примеси у р - п перехода на необходимой глубине залегания его, получения требуемой толщины базы диода, и введением глубоких центров путем облучения, например потоком быстрых электронов.



UZ9700880

142

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ
НА МЕЖФАЗОВОЙ ГРАНИЦЕ $Si-SiO_2$ МОП-ТРАНЗИСТОРА ПОСЛЕ
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.**

Зайнабдинов С.З., Далiev X.C., Атамуратов А.Э., Адичаев К.*
ТашГУ им.М.Улугбека, г.Ташкент, УРГУ им.Аль-Хорезми* г.Ургенч

До настоящего времени до конца не ясна природа и механизм возникновения уровней на межфазовой границе (МФГ) $Si-SiO_2$ МОП-транзистора при различных внешних воздействиях. Исследование изменений формы спектра плотности поверхностных состояний (ППС) на МФГ $Si-SiO_2$ может дать полезную информацию для выяснения этих вопросов. Нами исследовалось изменение спектра ППС на МФГ $Si-SiO_2$ при облучении МОП-транзистора высокоэнергетическим тормозным гамма-излучением и при последующей термообработке.

Исследуемые образцы представляли собой р-канальные МОП-транзисторы с толщиной подзатворного оклада 0,2 мкм, сформированного термохимическим окислением монокристаллического кремния в сухом хлориде при $1150^\circ C$. Для облучения использовалось высокоэнергетическое тормозное гамма-излучение с максимальной энергией квантов в тормозном спектре 30 МэВ. Плотность потока энергии тормозного излучения в месте расположения образца составляла $0,195 \text{ Вт/см}^2$. Образцы облучались при нулевом смещении на затворе относительно заземленных подложки и истока.

Плотность ПС на МФГ $Si-SiO_2$ определялась измерением подпороговых передаточных характеристик. Результаты измерений показывают, что при облучении с ростом переноса энергии излучения F в месте расположения образца плотность ПС растет, и при этом на спектре при малых F наблюдается локальный максимум. При больших F подъем спектра сопровождается его выпрямлением. При термообработке с увеличением температуры от 150° до $170^\circ C$ наблюдается увеличение плотности ПС. Дальнейшее увеличение температуры вызывает сглаживание спектра, и при $315^\circ C$ не наблюдается такой же локальный максимум как и при облучении, который полностью исчезает при $360^\circ C$. Такая последовательность изменений положения и формы спектра можно объяснить увеличением концентрации дефектов, ответственных за наблюдаемый локальный максимум, от границы $Si-SiO_2$ к глубине окисла в результате образования, приводящих к генерации и аннигиляции этих дефектов из глубины окисла к МФГ $Si-SiO_2$.



ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ОТЖИГА НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ИОННО-ЛЕГИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

И. Н. Кодиров, А. К. Ташатов, Б. Е. Умирааков, М. Т. Нормурадов
Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент

Ионная имплантация сопровождается рауупорядочением приповерхностного слоя, образованием новых соединений, накоплением избыточных атомов легирующего элемента. Вследствие чего в приповерхностной области твердого тела образуется неравновесной слой сложного состава с сложными физико-химическими свойствами. Для направленной модификации свойств поверхности ионно-легированных образцов потребуется постимплантационный отжиг. К настоящему времени, отсутствуют результаты систематических исследований по влиянию прогрева и лазерного отжига на состав, структуру и свойства поверхности ионно-легированных материалов.

В данной работе приводятся результаты экспериментов по влиянию лазерной обработки на состав и структуру поверхностной области Si, легированного ионами бария с энергией 0,5-5 кэВ при дозе облучения $D > 10^{16}$ ион·см⁻².

Анализ результатов полученных методов оже-электронной спектроскопии показал, что лазерный отжиг при плотности энергии $W < 0,8 - 1$ Дж·см⁻² не приводит к заметному изменению элементного и химического состава приповерхностных слоев ионно-легированного кремния. Дальнейшее увеличение W сопровождается увеличением доли атомов Ba вступающих в химическую связь с атомами Si. Полное силицидообразование и рекристаллизация ионно-легированного слоя происходит при $W = 1,6-1,8$ Дж·см⁻². При этом в случае Si, легированного ионами Ba⁺ с $E_0 = 0,5$ кэВ, в приповерхностном слое толщиной 25-30 Å в основном образуется моносилцид бария. Начиная с $W = 1,8-2$ Дж·см⁻² наблюдается заметное испарение атомов Ba. Это приводит к изменению стехиометрического состава приповерхностного слоя и при $W = 2-2,2$ Дж·см⁻² в нем преимущественно содержится соединение типа BaSi₂. Увеличение W до 3,3-3,5 Дж·см⁻² приводит практически полному испарению бария из приповерхностной области ионно-легированного кремния. Отметим, что в процессе лазерного отжига в оже-спектрах наблюдались пики характерны для BaSi и BaSi₂. Образование промежуточных соединений не имели место.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛЕГИРОВАНИЯ Si
МЕТОДОМ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ.

Пугачева Т.С., Джурабекова Ф.Г., Лем С.А.
Ташкентский Государственный Технический Университет

Известно, что диффузионное введение примесей дает достаточно размытые профили распределения примесей по глубине. Кроме того, необходимость достаточно сильного разогрева приводит к изменению распределения других примесей и, в частности, - к размытию p-n переходов. Ионная бомбардировка позволяет вводить любые примеси, но требует достаточно высокоэнергетичных ионных пучков для получения слоев толщиной ~ 1 мкм. Однако, поскольку легирование сопровождается созданием неравновесных дефектов, что приводит к радиационно-стимулированной диффузии, возможно, используя ионы с энергией ~ 10 кэВ, создавать достаточно толстые легированные слои при температурах значительно ниже тех, которые необходимы при диффузионном методе легирования.

Для проверки этой идеи мы рассчитали методом Монте-Карло каскады атомных столкновений, образованных ионами В⁺ и Р⁺ с энергией 5 + 20 кэВ в Si. Получили данные о распределении неравновесных дефектов и внедренной примеси.

Далее, нами была составлена программа, позволяющая решать уравнение диффузии с учетом процессов ионного внедрения, распыления поверхности и радиационно-стимулированной диффузии с учетом процессов ионного внедрения, распыления поверхности и радиационно-стимулированной диффузии. Коэффициент диффузии задавался как $D(x, T) = D_0(T) \cdot (1 + C_v(x) / C_{v0}(T))$, где $C_v(x)$ - распределение неравновесных вакансий, а $C_{v0}(T)$ - равновесная концентрация вакансий при данной температуре. $C_v(x)$ и функция источника для ионов брались из Монте-Карловских расчетов каскадов атомных столкновений. Расчеты проводились нами для ионов Al⁺, В⁺, Р⁺.

Получено, что эффект легирования сильно зависит от интенсивности ионного облучения и температуры мишени. При температурах $t > 300^\circ \text{C}$ можно получать слои с заданной концентрацией примеси и заданной толщины.



ПРОЦЕССЫ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В НЕЙТРОННО-ЛЕГИРОВАННОМ
КРЕМНИИ С ПРИМЕСЬЮ ЦИНКА

Рафиков В.Э., Калаңдаров Х., Умаров Т.А.
ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Известно, что нейтронно - легированный кремний (НЛК) характеризуется однородным распределением удельного сопротивления. Однако в процессе облучения нейтронами в кремнии наряду с атомами фосфора образуется большое число радиационных дефектов, которые могут взаимодействовать с собственными дефектами и примесными атомами. В связи с этим изучение процессов дефектообразования в нейтронно - легированном кремнии при диффузионном введении примесей с глубокими уровнями (ГУ) представляет несомненный интерес.

Целью настоящей работы являлось изучение энергетического спектра ГУ, возникающих после нейтронного облучения Si, отжига и введения примеси цинка методами емкостной спектроскопии.

Установлено, что в НЛК сразу после нейтронно трансмутационного легирования наблюдается сплошная полоса уровней, разрешить которую не удается.

Показано, что после каждого цикла высокотемпературной обработки происходит трансформация этой полосы. Подобраны технологические режимы термообработки, при которых происходит полный отжиг радиационных нарушений.

Установлено, что при диффузионном введении примеси цинка в отожженный НЛК образуется ГУ $E_c \approx 0.47$ эВ, связанный с атомами Zn в междоузлиях, аналогично уровню, наблюдаемому в обычном Si(Zn).

Показано, что концентрация ГУ $E_c \approx 0.47$ эВ в НЛК, легированном Zn в 2 - 3 раза выше, чем в обычном Si(Zn) при одинаковых режимах диффузии, что объясняется особенностями дефектообразования в НЛК.

I46

УІ - СЕКЦІЯ

" ПРИБОРЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ "



ЕМКОСТНАЯ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ ДЕФЕКТОВ В КРЕМНИИ И КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУРАХ

Зайнабидинов С.З., Далиев Х.С.
ТашГУ им.М.Улугбека, г.Ташкент

Разработка новых технологий получения полупроводниковых структур и создание на их основе приборов микро- и оптоэлектроники с заданными характеристиками невозможно без надежного контроля различных структурных дефектов и примесных центров, возникающих в процессе изготовления изделий микроэлектроники.

В связи с этим целью данной работы являлись разработка и модификация методов нестационарной емкостной спектроскопии (DLTS) и инфракрасного поглощения для определения параметров различных дефектов в кремнии и кремниевых структурах типа металл-диэлектрик-полупроводник (МДП).

Проанализированы теоретические основы метода DLTS. Развита теория определения параметров дефектов в диодных и МДП-структурах на основе кремния с помощью нестационарной емкостной спектроскопии в режиме постоянной емкости.

Показана возможность определения энергетического распределения плотности поверхностных состояний (ПС) и сечения захвата на них по всей ширине запрещенной зоны кремния.

Разработана методика раздельного определения параметров электрически активных дефектов на границе раздела Si-SiO₂, а также в объеме полупроводника и диэлектрика.

Разработана автоматическая универсальная установка для исследования различных дефектов в кремниевых структурах, работающая в 3-х режимах: DLTS при постоянной емкости, DLTS при постоянном напряжении и высокочастотных вольтфарадных характеристик. Установка позволяет определить плотность ПС в верхней и нижней половине запрещенной зоны Si, сечения захвата носителей заряда, встроенный заряд и объемные состояния в окисле, параметры дефектов в переходном слое Si-SiO₂, а также в объеме кремния.

С помощью ИК-спектроскопии определено содержание технологических примесей в Si и кремниевых многослойных структурах.

ИНЖЕКЦИОННОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ СОСТАВНОЙ ТРАНЗИСТОР

Ж.К.Арипов, Д.Т.Махсудов

ТЭИС, г.Ташкент

При разработке функциональных устройств с повышенными требованиями к ширине области устойчивой работы (импульсные и ключевые устройства) необходимо исключить использование схем ОЭ, управляемых током базы. При управлении входным напряжением следует либо вводить отрицательную обратную связь по цепи эмиттера, либо применять составные транзисторы. В этом последнем случае выходной транзистор составной транзисторной пары ставится в режим управления током эмиттера, значение которого задается вторым (запускающим) транзистором. Этот транзистор ставится в такой режим, в котором ток коллектора не зависит или слабо зависит от напряжения коллектор - база.

Схема составного транзистора представлена на рис.1. Запускающий транзистор VT1 кремниевый КТ315Г, выходной транзистор VT2 германиевый МП38А.

Нетрудно видеть, что потенциал коллектора VT1 будет всегда ниже потенциала базы этого транзистора на величину прямого напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT2.

Следовательно, транзистор VT1, при любых значениях U_k и $U_{вх}$, будет находиться на начальном участке режима насыщения.

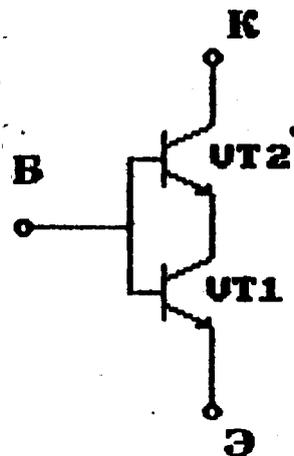


Рис.1.

Запускающий транзистор VT1 играет роль идеального генератора стабильного тока, питающего эмиттер выходного транзистора VT2.

Транзисторная пара работает устойчиво при напряжении коллектор база до 16 В и токе коллектора до 25 мА, когда рассеиваемая на коллекторе мощность превышает паспортное значение предельно допустимой мощности в 2,7 раза. Каждый из транзисторов пары, взятый отдельно, переходит в неустойчивый режим при токах более 8 мА и напряжениях коллектор - база более 5 В.

СВЯЗЬ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ С ФИЗИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ТРАНЗИСТОРА

Арипов Х.К., Иргашев Д.С. Махсудов Д.Т.

ТЭИС, г.Ташкент

Как было установлено в работе [1], ток эмиттера в статическом режиме, с достаточной для практики точностью, удовлетворяет уравнению

$$I_{\text{Э}} = (I_0 + g \cdot U_{\text{КВ}}) \cdot \exp(b \cdot U_{\text{БЭ}} - c \cdot I_{\text{Э}}), \quad (1)$$

в случае бездрейфовых транзисторов, или уравнению

$$I_{\text{Э}} = I_0 \cdot \exp[(b + \chi \cdot U_{\text{КВ}}) \cdot U_{\text{БЭ}} - \mu \cdot U_{\text{КЕ}}], \quad (2)$$

в случае дрейфовых транзисторов.

Кроме того, и в первом и во втором случаях,

$$I_{\text{К}} = \alpha \cdot I_{\text{Э}} + I_{\text{КБО}} \quad (3)$$

Определяя частные производные (1) и (3), получим выражения h параметров через физические параметры бездрейфового транзистора

$$h_{11\text{В}} = (1/I_{\text{Э}} - c) / b, \quad (4)$$

$$h_{12\text{В}} = -g / b (I_0 + g \cdot U_{\text{КВ}})$$

$$h_{21\text{В}} = \alpha_0 + 2 \cdot \rho_1 \cdot I_{\text{Э}} + c \cdot \rho_2 \cdot U_{\text{КВ}} = \alpha + \rho_1 \cdot I_{\text{Э}}, \quad (5)$$

$$h_{22\text{В}} = \rho_2 \cdot I_{\text{Э}} + b_{\text{К}} \cdot I_{\text{ОК}} \cdot \exp(-b_{\text{К}} \cdot U_{\text{КВ}}).$$

Аналогичным путем для дрейфового транзистора получим

$$h_{11\text{В}} = 1/I_{\text{Э}} (b + \chi \cdot U_{\text{КВ}}), \quad (6)$$

$$h_{12\text{В}} = \{-\mu \cdot b - (\ln I_{\text{Э}} - \ln I_0)\} / (b + \chi \cdot U_{\text{КВ}})^2.$$

Выражения для параметров $h_{21\text{В}}$ и $h_{22\text{В}}$, естественно, остаются такими же как и для бездрейфового транзистора.

Полученные соотношения позволяют определить значения дифференциальных параметров в квазистатическом режиме, если экспериментальным путем найдены значения параметров функций, аппроксимирующих статические характеристики транзистора.

Главная ценность соотношений (4)-(6) заключается однако в том, что они позволяют выполнить обратную операцию - вычислить значения всех аппроксимационных параметров по значениям h (или любых других дифференциальных) параметров, которые легко определяются экспериментально на любых частотах.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Андреев И.С., Арипов Х.К., Махсудов Д.Т., Рахматов Ш.В. Математические модели характеристик биполярных транзисторов /Проблемы информатики и энергетики. 1994.№5.С.39-41.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ СВЧ ДИОДОВ

Исмаилов К. А.

Каракалпакский госуниверситет им. Бердаха, г. Нукус

В процессе изготовления арсенидгаллиевых лавинных диодов, особенно высокочастотных IMPATT- и TRAPATT - диодов важную роль играет однородность всех свойств исходного материала, преимущественно эпитаксиального. Высокая стоимость исходных полупроводниковых материалов (кремния и арсенида галлия), контактных материалов (золото, платина, серебро и др.) и трудоемкость большинства технологических процессов требует выявления дефектных структур на исходных позициях и на всех, особенно самых ранних стадиях изготовления выпрямляющих элементов. Поэтому задачей диагностики является как выбор исходного полупроводникового материала с требуемыми параметрами, так и выявление дефектных структур на различных технологических операциях, включая испытания на надежность. При этом диагностические методы должны быть:

- неразрушающими;
- оперативными;
- простыми с точки зрения использования при серийном производстве;
- недорогими.

В настоящей работе обсуждаются проблемы оценки качества материалов и диодных структур для арсенидгаллиевых лавинных диодов, с целью отбраковки структур или участков, для которых велика вероятность получения приборов с низкими выходными параметрами и низкой надежностью, а также прогнозирования надежности готовых изделий.

Предложенные диагностические методы используются при изготовлении полупроводниковых СВЧ диодов и транзисторов.

**ЯРИМУТКАЗГИЧЛАРДА ИЧКИ ФОТОЭЛЕКТРИК САМАРАНИ КЎРГАЗМАЛИ
НАМОЙИШ ҚИЛИШ ВОСИТАЛАРИ**

Назирова Э.Н., Нигманов О., Қурбонов М., Қобулов С.Р.
Тошкент Давлат Университети

Ҳозирги кунда халқ хўжалигининг турли соҳаларида яримўтказгичлар ва яримўтказгич асбоблардан кенг фойдаланилмоқда. Республикамиз мустақилликка эришгандан кейин эса, яримўтказгич асбоблар яратилиши ва уларни халқ хўжалигида кенг қўллан масалалари долзарм муаммолардан бири бўлиб қолди. Бу муаммони ҳал қилиш ҳар томонлам билимли ва мадакали мутахассисларни тайёрлашни талаб қилади.

Ушбу иш ёруғлик таъсири остида яримўтказгичларда ва яримўтказгич асбобларда иш берадиган ўғариларни намоён қилиш услублари ва техникаси муаммоларини ҳал қилишга бағишланган. Бу ўғарилар ўз навбатида яримўтказгичларда ёруғлик таъсири остида ҳар қандай ташқи ўғариларнинг намоён бўлишига олиб келади. Булар, заряд тақувчилар концентрациясининг ўғарилиши ҳисобига ёки уларнинг ҳаракатчанлигининг ўғарилиши ҳисобига электр ўтказувчанликни ўғарилиши, электр крутувчи кўчларнинг пайдо бўлишидир. Ишда кўрсатиб ўтилган жараён ва қонуниятларни кўргазмали, тез ва яққол кўрсатиш имконини берувчи қурилмалар тавсифи келтирилган.

Яратилган қурилмалар яримўтказгичларда заряд тақувчиларнинг пайдо бўлиш сабабларини, фотоўтказувчанликни ва фотоэлектрик крутувчи кўчни, элементларнинг вольт-ампер тавсифларини ва бошқа кўчга ўхшаш жараён ва ҳодисаларни намоён қилиш имконини беради. Шунингдек, ишда яримўтказгичларнинг халқ хўжалигининг турли тармоқларида энергия манбаи сифатида фойдаланиш имкониятларини кўрсатувчи таҳрибаларга, яримўтказгич асбоб ва улар асосидаги қурилмаларнинг амалий қўлланишига оид таҳрибаларга катта эътибор қаратилган.

Хулоса қилиб шунни таъкидлаш мумкинки, яримўтказгичлар ва яримўтказгич асбобларда кечадиган жараёнларнинг ўрганилиши фанга бўлган қизиқишни орттиради ва ётуқ мутахассислар тайёрлашга ёрдам беради.

"ЯРИМУТКАЗГИЧЛАРДА ЭЛЕКТР ТОКИ"

МАВЗУСИНИ УТИШ МЕТОДИКАСИ

Мамадалиев Б.А. Кадиров А.А. Куканбев И.М.

Муқимий номли Кукан Давлат Педагогика Институтини Кукан ш.

Ҳозирги кунда яримутказгич моддадан тайёрланаётган, диод, триод, интеграл микросхемалар замонавий янги техникада кенг қўлланилмоқда. ЭХМ машиналари, теле ва радио апаратуралар, видео қурилмалар ва ҳ.д.лар бунга мисолдир. Шунинг учун яримутказгич моддаларнинг физик хусусиятларини мактаб ўқувчиларига содда, кўргазмали, кенгрок қилиб ўргатиш муҳимдир.

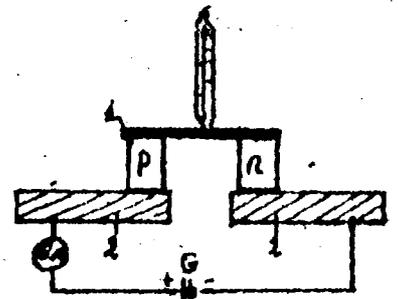
Мактаб физика курсида яримутказгичли асбоблар наборидан, яримутказгич моддалардаги Пелтье ҳодисаси намён қилишни тавсия этмоқчимиз. Наборга кирувчи термoeлемент ўтказувчанлиги ρ ва ρ бўлган иккита яримутказгичли элементдан ташкил топган. Яримутказгичли элементлар брусек кўринишида бўлиб, устидан (1) мис пластинка билан бирлаштирилган, остидан эса мис (2) пластинкалар радиаторларга кавтарланган.

Маълумки, термoeлементни (Зеебек ҳодисаси 1821 йил) намойиш қилишда контактлар гальвонometrга уланиб, (1) мис пластинка кавтарлагич ерламида қисқа вақт қиздирилар эли. Натижада гальвонometr ток ҳосил бўлганини кўрсатади.

Ўқитувчи худди шу тажрибани кўрсатаётиб, эҳирида Пелтье ҳодисасини (1834 йил) намён қилиши мумкин.

Бунинг учун контактларда расмдагидек дўсимий ток манбаига уланади. Тахминан 2 А ток ўтиши таъминланади. Қалитни уламасдан элдин, кичик булимли термометрни (1) мис пластинкага яхшилаб теккизиб турилади. Қалит уланиши билан, термометр температура пасаяётганини кўрсатади. (0,5 – 1 минутдан эшмасин). Мама шу вақтда Пелтье ҳодисаси намён бўлади.

Биз бу билан: Биринчидан, мактабларда бор тайер ҳолаги яримутказгичли наборлар ҳеч қандай янги қурилма талаб этимаган ҳола Пелтье ҳодисасини намён қила оламиз. Иккинчидан, ўқувчиларни ларола яримутказгичнинг янги хусусияти билан таништириб, уларда яримутказгичлар ҳақидаги тасаввурини кенгайтирамиз.



ОБ ОДНОМ ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПРИБОРАХ

Днусов Н.

Ташкентский электротехнический институт связи

Известно, что использование "эффекта окна" в полупроводниковых гетероструктурах, расширяя область спектральной чувствительности приборов на их основе, повышает эффективность фотоэлектрического преобразования. Однако, возможности такого рода преобразования, как нам представляется, раскрыты и реализуются не полностью. Это связано с тем, что в существующих гетерофотоэлементах и фотодиодах в силу действующих в них условий предельная фоточувствительность ограничена значением квантового выхода фотоионизации ≤ 1 .

В данной работе предлагается механизм фотоэлектрического преобразования, основанный в комбинированном использовании "эффекта окна" и фотоионизации с квантовым выходом большим единицы в гетероструктурных фоточувствительных приборах с сильно различающимися по ширине запрещенных зон полупроводниковыми слоями.

Показано, что осуществление указанного механизма позволит повысить используемую долю мощности спектра солнечного излучения, а следовательно, к.п.д. в гетерофотоэлементах [4] и снизить уровень собственных шумов в гетерофотодиодах за счет более эффективного использования высокоэнергетических фотонов - генерации каждым из них не одной, а нескольких электронно-дырочных пар.

На основе анализа литературных данных по фотоионизации в узкозонных материалах и получению гетеропереходных структур типа $ZnSe-Ge$, $ZnSe-InSe$, $CdTe-InSb$, $CdTe-Ni$ ГГО (смесь In_2O_3 и SnO_2)-Si) и др. 1 - 3 обсуждается принципиальная возможность реализации указанного механизма.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.С.Вавилов. Действие излучения на полупроводники, М., Физматгиз, 1963.
2. А.Милянс, Д.Фойхт. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник, М., "Мир", 1975.
3. С.Зи. Физика полупроводниковых приборов, ч.2, 1984, с. 121.
4. Н.Днусов. Системы передачи и распределения информации. Сб. научных трудов, Ташкент, редакция ТЭИС, 1982, стр. 116-120

ЯРИМУТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИНИ УҚИТИШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Қобулов С.Р.

Тошкент Давлат Университети

Ўзбекистон мустақилликка эришгандан кейин малакали мутахассисларни тайёрлаш долзарб масалалардан бири бўлиб қолди. Бу мақсадда таълим тиъимини такомиллаштириш ва шу соҳани ривожлантиришга катта эътибор қаратилмоқда.

Яримутказгичлар физикасининг ривожланиши фан ва техниканиннг ривожланишини белгилаб берди. Халқ хўжалигининг турли соҳаларида яримутказгич қурилма ва асбобларининг қўлланилиши яримутказгичлар саноатининг ривожланишига олиб келди. Яримутказгичлар саноатининг ўзига хос жиҳати шундаки, у ҳар томонлама билимли ва малакали мутахассисларни талаб қилади. Мутахассислар тайёрлашни мактаб ва махсус ўқув юртларидан бошлаб амалга оширилиши бу соҳада муайян ишларни қилишни тақоза этади.

Таълимнинг ўрта босқичида яримутказгичлар физикасининг бутун ривожланишини ўз ичига олган махсус курс жорий қилиниб, унда яримутказгичлар физикасининг ривожланиш тарихи, унинг ҳозирги пайтдаги аҳволи ва келажак истиқболлари, яримутказгичларнинг электрофизик хоссалари ва шу хоссалар асосида ишловчи асбоб ва қурилмаларнинг тузилиши, ишлаш тамойиллари, хусусиятлари ва улардан халқ хўжалигининг турли соҳаларида фойдаланиш йўллари ва имкониятлари ўз аксини топиши керак.

Яримутказгичларда кечадиган жараёнлар микроўлчамли эканлигини эътиборга олган ҳолда дарс жараёнида ўқитишнинг техник воситаларидан, шу жумладан ўқув кинофильмлари ва видеофильмларидан фойдаланиш, мавзуд намойиш таърибаларини ва лаборатория машғулотларини такомиллаштириш ва янгиларини яратиш лозим.

Яримутказгич қуеш элементларининг яратилиш технологияси муаммоларининг ечилиши ва янгиларининг яратилиши бу соҳадаги илмий амалий тадқиқотларнинг йўналишларини белгилаб берди. Ушбу соҳада олиб борилаётган ишлар ўқув жараёнида ўз аксини топиши кераклигини вақт тақоза қилмоқда. Бунда таълимнинг ўрта босқичи учун махсус курс яратилиши, лаборатория машғулотлари ва намойиш таърибалари такомиллаштирилиши ва уларни ўқувга жорий қилиш муаммолари ишлаб чиқилиши лозим.

ВЛИЯНИЕ РАЗБРОСА ИМПУЛЬСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИОДОВ ($V_{\text{прям.имп.}}$,
 $t_{\text{вос.обр}}$) НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ДИОДНЫХ СБОРОК В РАДИО-
 ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ

А.Ф.Муратов, В.А.Потапчук, Г.К.Энчанов, И.А.Муратов

В работе показано, что отличие $V_{\text{прям.имп.}}$ на 15% в диодной паре например в полумосте, уменьшает надёжность работы изделия до 7%, а неадекватность в измеренных значениях времени восстановления обратного сопротивления - $\Delta t_{\text{вос.обр}}$ диодов на 10% уменьшает надёжность ещё на 7%.

При строгом выборе диодных пар особое внимание следует обращать на форму ("жёсткость") картины времени восстановления обратного сопротивления, т.к. при цифровом контроле параметра невозможно оценить время накопления заряда ("подочки") и время рассасывания заряда, т.е. возможно ложное сравнение параметра. Результаты полученные в настоящей работе относятся к исследованиям быстродействующих диодов при частотах свыше 100 кГц.

Наиболее близкие импульсные характеристики получены у диодов изготовленных по эпитаксиально - диффузионной технологии на основе обращенных эпитаксиальных структурах, т.е. диодов с так называемой "критичной" толщиной базы и одинаковым градиентом концентрации примеси у р-п переходов; импульсные характеристики при этом получаются практически равными и воспроизводимо при радиационной обработке (облучением потоком быстрых электронов на установке ЭЛУ - 4М).

ТЕНЗОДАТЧИК С АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ НА ОСНОВЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА

К. С. Аюпов.

Ташкентский Государственный Технический Университет

Нами были исследованы влияния одноосного упругого напряжения (ОУН) на ВАХ, условия возбуждения, а также на параметры автоколебания в структурах типа $p^+ - p \text{ Si} (M_n) - p^+$. Результаты исследований показали, что наличие ОУН существенно влияет на ВАХ структур, причем с ростом давления начало как квадратичного, так и вертикального участка ВАХ смещается в сторону низких напряженностей. Таким образом установлено, что наличие давления приводит к уменьшению значения порогового напряжения (E) колебания тока, с ростом давления E смещается в сторону малых значений напряженности электрического поля. С увеличением ОУД с $P = 200$ атм. пороговое поле инжекционных неустойчивостей монотонно уменьшается и наблюдается при незначительных значениях напряженности электрического поля, т.е. имеют место автоколебания тока, стимулированные ОУН. Следует отметить, что в отличие от результатов работ 2-5, в данной структуре условия возбуждения и параметры автоколебаний более чувствительны к давлению, что изменение их происходит при достаточно низких значениях давления. Вместе с изменением порогового поля, инжекционных неустойчивостей под давлением-влиянием окатия-наблюдается заметно изменение параметров колебаний тока, амплитуды и частоты. С увеличением давления наблюдается квазилинейный рост амплитуды, а значения частоты колебаний с ростом в начале незначительно увеличиваются и, начиная с $P = 200$ атм., после резкого роста при $P = 600$ атм. доходят до насыщения.

Таким образом полученные результаты показывают, что автоколебания в структурах $p^+ - p (M_n) - p^+$, в отличие от других видов колебаний 2-5, более чувствительны к давлению, чаще всего это имеет место при $T = 300$ К, что и создает возможность использования автоколебаний в структурах $p^+ - p (M_n) - p^+$ для создания чувствительных датчиков с амплитудно-частотным выходом. Это является весьма интересным и перспективным, не требующим больших затрат для выпуска полупроводниковых приборов.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА ЭСЛ

Арипов Х.К., Махсудов Д.Т.

ТЭИС, г.Ташкент

Задача может решаться в двух постановках - либо как задача анализа элемента, либо как задача синтеза. В первом, естественно более простом варианте, параметры транзисторов и параметры схемы задаются и требуется лишь рассчитать передаточную характеристику. Во втором варианте известны лишь параметры транзисторов [1] и требуется сначала оценить допустимые значения всех параметров ЭСЛ, затем рассчитать его передаточную характеристику.

Данная работа, в отличие от аналогичных работе [2] дает обоснованную методику синтеза логического элемента ЭСЛ. Обосновываются критерии выбора оптимальных значений (по величине и знаку) напряжения питания, опорного напряжения, номиналов резисторов, при которых обеспечивается согласованность асимптотических значений логического нуля и логической единицы по входу и выходу, и активный режим работы всех транзисторов, что соответствует максимальному быстродействию элемента. Оптимизированные параметры элемента ЭСЛ имеют следующие значения: Напряжения квантования $U_K = -1.04$ В; асимптотический уровень единицы $U_{Л}^1 = -0.692$ В; асимптотический уровень нуля $U_{Л}^0 = -1.377$ В; Логический перепад $\Delta U_{Л} = 0.695$ В, помехозащищенность нуля $U_{ПОМ}^0 = 0.337$ В; помехозащищенность логической единицы $U_{ПОМ}^1 = 0.348$ В.

Даны машинный метод расчета передаточной характеристики синтезированного элемента и программы машинного расчета для ПЭВМ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Андреев И.С., Арипов Х.К., Махсудов Д.Т., Рахматов Ш.Б. Математические модели характеристик биполярных транзисторов /Проблемы информатики и энергетики.1994, N5 с.39-41.
- [2] Чахмахсаян Е.А., Мозговой Г.П., Силин В.Д. / Математическое моделирование и макро моделирование биполярных элементов электронных схем М: Высшая школа. 1989, 320 с.

СПОСОБЫ РАСШИРЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Арипов Х.К., Махсудов Д.Т.

ТЭИС, г.Ташкент

Наблюдаемые на практике электрические пробой транзисторов принято подразделять на два вида - первичный пробой и вторичный пробой [1-3]

В данной работе показано, что при управлении входным напряжением (как в схеме ОБ, так и ОЭ) напряжение первичного пробоя также меньше $U_{кбо}$ и тем меньше, чем больше прямое напряжение на эмиттерном переходе.

Кроме указанных процессов, в развитии пробоя транзистора существенную роль играют или могут играть процессы, обуславливающие неоднородность плотности тока, протекающего в структуре транзистора. Наиболее важным из них является процесс кумуляции (сосредоточения, стягивания) тока в малых областях поперечного сечения транзисторной структуры. Во всяком случае, именно этот эффект скорее всего ответственен за вторичный пробой транзисторов в ключевом режиме.

Предлагается, что для обеспечения достаточно широкой области устойчивой работы транзистора в конкретном устройстве необходимо тем или иным схемным решением подавить существенную внутреннюю положительную обратную связь между токами коллектора и эмиттера.

Следовательно при разработке функциональных устройств с повышенными требованиями к ширине области устойчивой работы (импульсные и ключевые устройства) необходимо исключить использование схем с ОЭ, управляемых током базы. При управлении входным напряжением следует либо вводить отрицательную обратную связь по цепи эмиттера, либо применять инжекционно-вольтаическую составную транзисторную пару.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зи.С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984, Кн.1,2. 456 с.
- [2]. Блохер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. Л.: Энергоатомиздат, 1989, 495 с.
- [3]. Андреев И.С., Арипов Х.К., Махсудов Д.Т., Рахматов Ш.В. Полупроводниковые приборы многослойной структуры-транзисторы и тиристоры, часть 1. Ташкент ТЭИС, 1994 г, 164 с.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ "МИКРОЭЛЕКТРОНИКА"

Алимова Н.В., Арипов Х.К., Рахматов Ш.В., Махсудов Д.Т.

ТЭИС, г.Ташкент

В последнее время программы моделирования приборов и технологических процессов широко используются для разработки СВИС. Моделирование процессов и приборов необходимо рассматривать с точки зрения как проектирования, так и исследования физики приборов. Современное проектирование СВИС при использовании наиболее передовой технологии требует одновременной оптимизации технологического процесса, прибора и схемы (ППС). Поэтому концепция САПР ППС становится очень актуальной [1-4].

В данной работе предложены физические модели биполярных и МДП структур. На основе предложенных моделей рассмотрен механизм работы и получение характеристик бездрейфовых, биполярных и полевых транзисторов. Разработанные физико-математические модели характеристик транзисторов позволяют выполнять строгие аналитические расчеты микроселектронных устройств на ПЭВМ.

Созданы и практически реализованы программно - технические средства для комплекса "Микроэлектроника".

Комплекс программ "Микроэлектроника" предназначен для определения параметров нелинейных моделей полупроводниковых приборов по экспериментальным данным, расчета транзисторных аналоговых и цифровых интегральных устройств, обучения студентов по дисциплинам "Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника" и "Микросхемотехника", а также может быть полезен для инженеров, конструкторов и разработчиков электронной и микроэлектронной аппаратуры.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1]. Кример Г. Гетероструктурные биполярные транзисторы и интегральные схемы // ТИИЭР, 1982, Т. 70, N 1. С. 17-33.
- [2]. Энгль В.Л., Диркс Х.К., Майнерихаген Б. Моделирование полупроводниковых приборов // ТИИЭР, 1988. Т. 71, N 1. С. 14 - 69
- [3]. Даттон Р.У., Пинто М.Р. Средства автоматизации и прогресс интегральной технологии // ТИИЭР, 1986. Т. 74, N 12. С.150 - 161
- [4]. Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов. Последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Д.Миллера - М.: Радио и связь, 1989. 280 с

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНОГРАДА.

З.ТОИРОВ, С.К.КАХОРОВ, К.О.МУМИНОВ
БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Знание теплофизических характеристик (ТФХ) как объектов исследования необходимо для выбора оптимальных режимов их сушки. Они также являются основой для расчета, регулирования и автоматизации производственных процессов сушки. Знание ТФХ важно для анализа перемещения тепла и влаги внутри материала и взаимодействия его с окружающей средой, а также, при обработке экспериментальных исследований тепло- и массопереноса в критериальной форме.

Зависимость ТФХ плодов и винограда от температуры и влажности выявляли на основании метода регулярного режима I - рода.

Для определения температуры теплопроводности λ и теплоемкости C выбран принцип нагрева а не охлаждения, так как виноград-теплочувствительный материал и предварительный разогрев его может вызвать физико-химические изменения, что приведет к определенной погрешности.

Для определения λ и C собрана специальная экспериментальная установка в качестве материалов для исследования ТФХ взяты кишмиш черный и нимранг.

При влажности винограда 67-75 % коэффициент температуры теплопроводности с увеличением температуры возрастает от $0,1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ м²/с при температуре материала 70°C достигает максимума, при дальнейшем увеличении температуры падает. Группа исследований была проведена и при различных влажностях материала и получена формула для определения теплофизических винограда.

На основе результатов исследования установлено, что зависимость температура-теплопроводности и теплоемкости от температуры имеет точку перегиба при $t = 65-70^\circ\text{C}$, что объясняется началом процесса клейстеризации. Отсюда максимальная допустимая температура винограда при сушке 65 - 70°C.

ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМЫЙ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЗАТВОР С ФОТОДИОДНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ

Каликулов И. Б., Самадов А. С.
Приборостроительный центр ФЭРПИ

Устройства обзора и отражения, в частности зеркальные устройства, широко применяются в различных сферах жизни, например, в автомобилях. Известно, что во время ночной езды зеркала заднего вида автомобилей ослепляют водителя лучами от сзади едущих или обгоняющих машин. Это создает неудобства и снижает безопасность езды.

Предлагается создать зеркальное устройство с электроуправляемым жидкокристаллическим оптическим затвором. Цель заключается в том, чтобы при падении лучей света на поверхность зеркала она стала непрозрачной и лучи не достигали отражающего слоя зеркала. При этом интенсивность отраженных и достигающих глаза водителя лучей была бы незначительной. Рассматриваемое устройство представлено на рисунках.

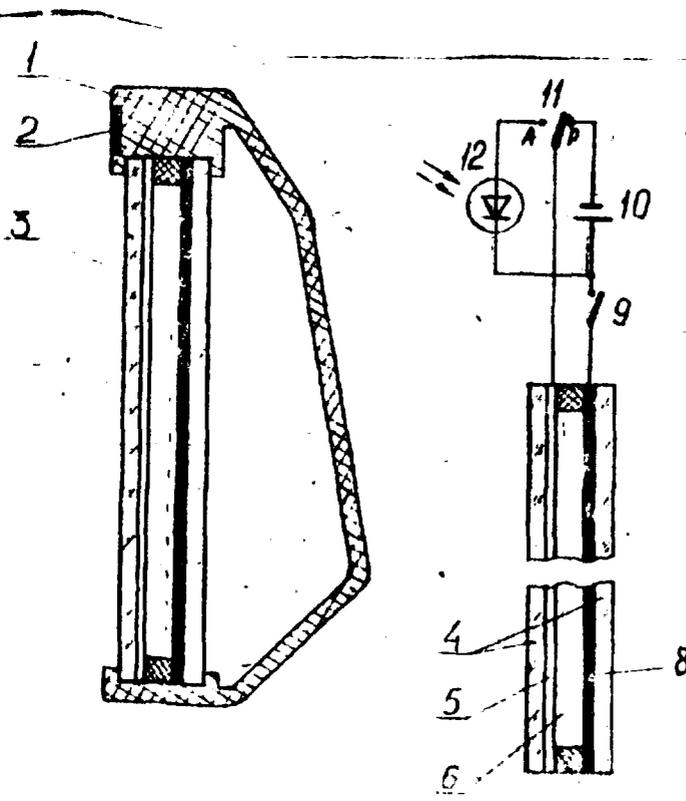


Рис. 1.

Рис. 2.

Рис. 1. Общий вид зеркального устройства в разрезе.
Рис. 2. Принципиальная схема зеркального устройства.

1- корпус зеркального устройства; 2- гнездо для фотодиода; 3- жидкокристаллическое зеркало; 4- стеклянные подложки; 5- прозрачный электрод; 6- слой жидкого кристалла; 7- диэлектрическая прокладка; 8- металлическое зеркало; 9- выключатель; 10- бортовой источник питания автомобиля; 11- переключатель режима; 12- фотодиод.

В корпус вмонтированы фотодиод и жидкокристаллическая ячейка, рассчитанная на работу на отражение. Слой жидкого кристалла помещен между двумя электродами. Один из них - прозрачный, изготовленный из материала, например, двуокиси олова, обращен к наблюдателю (т.е. водителю). Другой - отражающий - выполняет роль непосредственно зеркала. Электроды нанесены, как правило, на внутренние стороны стеклянных подложек. Управление прозрачностью зеркала может производиться вручную или автоматически при помощи переключателя режима и выключателя. В первом случае наблюдатель (водитель) может выключить (т.е. уменьшить отражение) зеркало подачей электрического потенциала на электроды выключателем от сети бортового питания автомобиля. Во втором случае оптический затвор переводится на режим автоматической работы: зеркало выключается за счет ЭДС, вырабатываемой фотодиодом при падении на него лучей света от свиди едущих автомобилей.

ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕАКТИВНОСТИ
 ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
 И АМОРФНЫХ СПЛАВАХ ГАЛЛИЙ - ТЕЛЛУР

Бобомуродов К.Х., Хайдаров Р.А.

Тураев Э.Ю., Саидов Ч.С.

Термезский государственный университет

Чистые материалы имеют, как правило, лишь академический интерес и только легирование открывает возможность их практического использования.

К числу наиболее актуальных и нерешенных проблем физики примесных состояний относится проблема нелегируемости кристаллов со стехиометрическими вакансиями и проблема электрической активности примесных атомов в кристаллических и аморфных материалах.

Поэтому мы попытались выяснить природу электрической неактивности примесных атомов переходных и непереходных металлов в материалах со стехиометрическими вакансиями. Предполагалось узнать зарядовое состояние примесных атомов, их влияние на электропроводность как кристаллических так и аморфных сплавов, установить механизм стабилизации уровня Ферми вблизи середины запрещенной зоны.

Полученные результаты показывают, что примесные атомы олова (непереходный металл), железа и европия (переходные металлы) не приводят к появлению примесной проводимости кристаллического полупроводника со стехиометрическими вакансиями Ga_2Te_3 и аморфного сплава GaTe_4 . Лишь для случая примесных атомов олова в Ga_2Te_3 в области концентрации 1,4 ат% наблюдалось уменьшение проводимости, связанное с возрастанием рассеяния носителей тока на ионизованных примесных центрах.



UZ9700885

164.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДА " ПОЛУПРОВОДНИК - ВТСП "**В СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛОКСИДАХ МЕДИ МЕТОДОМ ЭМИССИОННОЙ
МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.****ТУРАЕВ Э.Ю., ХАЙДАРОВ Р.А., КОДИРОВА Н.Т., ГАНИЕВ А.,
ЭШКАРАЕВ А.Х.****Термезский Государственный Университет**

Исследование сложных металлоксидов меди в настоящее время является очень актуальным в связи с открытием для них явления высокотемпературной сверхпроводимости.

Нами изучена сложная система $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ которая при комнатной температуре имеет полупроводниковый характер проводимости.

Это система отличается простотой синтеза, высоким значением температуры перехода в сверхпроводящее состояния T_c , возможностью регулирования величины T_c либо с помощью изменения индекса x , либо с помощью изменения химического состава.

Для изучения перехода "полупроводник - ВТСП" проведена сопоставления расчетных и экспериментальных значений параметров тензора градиента электрического поля в узлах меди. Методом экспериментального определения параметров тензора ГЭП в узлах меди служила эмиссионная мессбауэровская спектроскопия на изотопе

Расчет параметров тензора ГЭП в узлах меди проводился по модели точечных зарядов с использованием ЭВМ.

На основе полученных результатов определено распределение зарядов атомных центров по узлам кристаллической решетки и определена локализация дырок в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ при $x=0 \div 1$.

Установлена относительная граница перехода из полупроводникового характера проводимости в состояния ВТСП.

Полученные данные имеет принципиальное значение при построении теоретических моделей, описывающих явление переноса в ВТСП с дырочным характером проводимости.

СОДЕРЖАНИЕ.

1. Абдурахманов К.П. . . . .	.67; 115; 134:
2. Абдураимов А.	6
3. Атамуратов А.Э.	127; 142:
4. Адинаев К.	142:
5. Арипов Г.	127
6. Асатова У.	127:
7. Аширбоев Т.М.	108; 128; 137:
8. Арипова Д.Ф.	79; 132:
9. Абдукодилова И.Х.	135; 136:
10. Аманжанов Н.	44; 101:
11. Абдурахманов Б.М.	100:
12. Алиев Р.	100
13. Ахмедов Р.А.	109; 110:
14. Асатуллаева Н.	109; 110:
15. Ахмаджанов Т.	115; 123; 124:
16. Азаматов З.Т.	116:
17. Артыков З.	116:
18. Азимходжаев Х.Э.	99 :
19. Ахмедов Ф.А.	98:
20. Адамбаев К.	55; 57:
21. Аскаров Ш.И. . . . .	.56; 85; 88; 89:
22. Абиров А.А.	57:
23. Ахмедов Д.	58:
24. Алибеков С.А.	60:
25. Атабаев И.Г. . . . .	.36; 53; 61:
26. Арузов М.И.	23; 64; 73:
27. Ачилов Б.А.	16:
28. Аманов А.К.	24:
29. Абдуазимов В.А.	25:
30. Ачилов Т.П.	7:
31. Абдуллаев К.А. . . . .	.34:
32. Аширбекова С.	35:
33. Абдикамалов Б.А. . . . .	.31
34. Абдикамалов М.А. . . . .	.23; 31:
35. Ашуров М.	69:
36. Абдурахманова И.К. . . . .	.70:
37. Акбаров Ш. . . . .	.72
38. Арипов Х.К.	148; 149; 157; 158; 159:
39.	93:

39. Алимов Н.Б. 159:
 40. Арпов Х.С. 156:
 41. Акбаров А.А. 19:
 42. Ахмадшайхов М. 19:
 43. Аташев Б.Г. 107:
 44. Багров Н. 79; 132:
 45. Бурханов Р. 140:
 46. Бекимбетов Р.А. 106:
 47. Бобоходжаев У.С. 9:
 48. Байпадаев С.Р. 33:
 49. Бахадырханов М.К. 89; 96:
 60. Власов С.И. 29; 42:
 61. Вахидов Ш.А. 75; 76
 62. Гуммиева К. 127:
 63. Голикова О.А. 9; 44; 52; 101:
 64. Гулямов Г. 12; 17; 33; 104:
 65. Гулямов Ш. 70; 71; 84:
 66. Далиев Х.С. 66; 70; 123; 142; 147:
 67. Допабаев З.А. 108; 128; 137:
 68. Джамалов Н.Ф. 133:
 69. Джурабекова Ф.Г. 144:
 70. Дониев М.О. 138:
 71. Джулиев Х.Х. 99:
 72. Дусенбоев М. 23; 27; 31; 64; 117; 120:
 73. Дуршимбетов К. 120:
 74. Дацамирзаев М.Г. 12:
 75. Джурахалов А.А. 21:
 76. Даминов А.Г. 22:
 77. Добровицкий Д.М. 29:
 78. Давлетова А. 84:
 79. Джелелов М.А. 129:
 80. Ембергенов В. 118; 119:
 81. Ернazarов У.К. 31:
 82. Зайнабидинов С.З. 1; 6; 19; 66;
 83. Зикриллаев Н.Ф. 26:
 84. Исмаилов К.М. 118; 150:
 85. Исламов С.А. 60; 93:
 86. Ибрагимов К.Д. 76:
 87. Ислаев С.А. 98:

88. Имомов Э.З.	80:
89. Ишомов И.	138:
90. Иминов А.А.	19:
91. Курбанов Д.	127:
92. Каримов М.	129:
93. Календаров Х.	71; 145:
94. Кадыров И.Н.	143:
95. Корженко М.А.	116:
96. Кутамуродов А.	98;
97. Канилаев Ш.	31; 35; 38; 117:
98. Кэрсунская Н.Е.	119:
99. Кам М.А.	31; 120:
100. Кабулов Р.Р.	8; 10;
101. Каримов Е.Х.	18:
102. Комилов Ш.Х.	21:
103. Карабаева М.А.	20:
104. Кутлиев У.О.	21:
105. Куксенко В.С.	28:
106. Курбанов Ж.	81:
107. Кошонов Э.А.	83:
108. Курбанова У.Х.	85:
109. Каримов И.	78:
110. Комилов А.	111
111. Каримов Ш.	74:
112. Курбанова М.	151:
113. Кабулов С.Р.	151; 153:
114. Кадыров А.А.	152:
115. Куконбоев И.М.	152:
116. Каххаров С.К.	162:
117. Камиллов А.	112; 113:
118. Лем С.А.	144:
119. Лукьяненко	28;
120. Лебедев А.А.	123; 124:
121. Мамадалимов А.Т.	99; 108; 128; 137:
122. Матинченко С.В.	130:
123. Мирсатов Р.М.	132:
124. Мирсатов Ш.А.	50; 133:
125. Мирзамуродов И.А.	70; 123; 124:
126. Муратов А.Ф.	141; 155:
127. Машаринов К.	138:

128. Муминов Р.А. 6;45;97;99:
 129. Маматкулов Б.Х. 110:
 130. Мирзабоев М. III;II2;II3:
 131. Мирзамахмудов Т. II4:
 132. Мазинов А.С. 15;46:
 133. Мирзамонов З. 59:
 134. Матчонов Н.А. 13:
 135. Миржамалов К.М. 28:
 136. Мусаева М.А. 75:
 137. Мухтаров А.П. 68:
 138. Махкамов Ш. 69;130:
 139. Маматкаримов О.О. 6;74;82:
 140. Мирзабадалов Ж.Ш. 94:
 141. Махсудов Д.Т. 148;157;159:
 142. Муратов И.А. 141;155:
 143. Мамапалиев Б.М. 6;152:
 144. Муминов К.О. 162:
 145. Махсудов Д.Т. 149;158:
 146. Найменбаев Р. 43;139;141:
 147. Нуритдинов И. 75;107;138:
 148. Нуритдинов С.С. 101:
 149. Носиров У. 23;117:
 150. Нуритдинов С.С. 44:
 151. Норкулов Н. 56;88;89:
 152. Носиров А.А. 7;25:
 153. Мусоев П.Х. 24:
 154. Набиев Г.А. 37;63:
 155. Назаров Т. 14;73:
 156. Нуркузиев Г. 77:
 157. Назиров Э.Н. 151.
 158. Нигманов О. 151:
 159. Нормуродов М.Т. 143:
 160. Назиров Д.Э. 19:
 161. Олимов Л.С. 125:
 162. Очилов С.М. 45;97:
 163. Олматов Б.А. 7:
 164. Олимбеков З.О. 67;84:
 165. Отажонов Р. 71:
 166. Оксенгентлер Б.Д. 93:
 167. Пураче ва Т.Е. 141:

168. Потепчук В.А. 141; 155:
 169. Пахратшинов А.А. 105:
 170. Парчинский П.В. 25; 29:
 171. Рахимов Г.Р. 126; 131:
 172. Рубинов В.А. 133:
 173. Рафиков В.Э. 87; 115; 145:
 174. Рудь Д.В. 106:
 175. Расулов Д.Т. 109; 110
 176. Расулов К. 111; 112; 113
 177. Рахимов Н.Р. 48:
 178. Рисаева В.А. 62:
 179. Рабелжанов Н.Р. 30:
 180. Рахматуллаев В.С. 73:
 181. Раззакоч А.Ш. 83:
 182. Рахматов Ш.В. 159:
 183. Саидов Р.П. 130:
 184. Собиров Г.К. 103:
 185. Сиябеков Х.Б. 103:
 186. Сиротинкин В.П. 116:
 187. Сапарбаев Т. 63; 121
 188. Саидалиев Р. 48:
 189. Султанов Н.Л. 43; 47; 94:
 190. Старостенко В.В. 15; 46:
 191. Саидов М.С. 40:
 192. Сохаталиев С.А. 51:
 193. Салиев Т.Н. 36; 61:
 194. Саидов А.С. 62; 83:
 195. Сапаров Д.В. 62:
 196. Сафаров А.С. 32:
 197. Стаңчин С.А. 28:
 198. Саидханов О. 91:
 199. Саматов А.С. 160; 161:
 200. Турсунов Н.А. 69; 130:
 201. Тангрибергганов И. 132:
 202. Тацкивглаева С.Г. 134:
 203. Ташатов А.К. 143:
 204. Тахиров К. 139:
 205. Турсунов М.А. 45; 97:
 206. Тожибаев М. 18; 47; 94; 102:
 207. Туданов В.Т. 73; 103:

208.	Ташходжаева С.Т. . . . .	.113:
209.	Тапжи-Аглаева Х.Г. . . . .	.116:
210.	Таджибаева П.	35;38;117:
211.	Теран Е.П. . . . .	.15;46:
212.	Ташходжаев Т.К.	51;79:
213.	Тапжиев А.А. . . . .	.16;52:
214.	Тапжиев Б.А. . . . .	.16;52:
215.	Тачилин С.А. . . . .	.53;96:
216.	Ташетов А.К. . . . .	.55:
217.	Ташабаев Г.У.	56; 88;89:
218.	Тулаганов А.А.	21:
219.	Ташходжаев Х.А.	30:
220.	Турданов К.	75:
221.	Турсунов А.А.	80:
222.	Тургунов Т.Т.	86:
223.	Туйчиев У.А.	70:
224.	Тураев А.Р.	72;78:
225.	Тургунов Н.	91:
226.	Турсунов И.Г.	82;94:
227.	Тураев А.Р.	91:
228.	Ташабоев А.	6:1;
229.	Тоштемиров Т.М.	19:
230.	Тоиров Э.	162:
231.	Улуханов М.Г.	101:
232.	Умаров К.	104:
233.	Утамуролова Ш.Б. . . . .	.71;84;87;105:
234.	Убайдуллаев М. . . . .	.48:
235.	Улуханов И.Г.	44:
236.	Умирзаков Б.Е. . . . .	.55;143:
237.	Усманов Ш.Н. . . . .	.8:
238.	Утаниязов А. . . . .	.38:
239.	Узаков А.А.	80:
240.	Умарова Ф.Т. . . . .	.68:
241.	Умаров Т.А.	87;145:
242.	Хайруллин И.И. . . . .	.125:
243.	Хомиджонов И.Х.	123;124:
244.	Хотамов С. . . . .	.18;139:
245.	Хайдарова Х.А. . . . .	.138:
246.	Ходжахмецов Э.	103:
247.	Худойбердиев А.	114:

248. Хиррайт И.С.	98:
249. Халилов Д.	43:
250. Холов А.	49:
251. Халилов Ю.Д.	55:
252. Хамидов Т.	59:
253. Худойбергенов Т.Э.	20:
254. Хафисов И.И.	21:
255. Хушваков О.В.	76:
256. Хакимов З.М.	68:
257. Хукакулов Э.С.	6
258. Холбеков А.А.	72:
259. Хамидов Р.Х.	74:
260. Худойназаров О.	82:
261. Химметкулов О.	90;92:
262. Худойбердиев С.С.	91:
263. Холикулов И.Б.	160;161:
264. Цибин А.С.	54:
265. Чирва В.П.	125;126;131;100:
266. Шерматов М.	108;128:
267. Шапибекор И.У.	99:
268. Шамирзаев С.Х.	41;51:
269. Шомуратов Х.А.	36;61:
270. Шеримбетов Т.	134:
271. Иргашев Д.С.	149:
272. Эргашев Р.М.	87;134:
273. Эшчонов Г.К.	141;155:
274. Днусов М.С.	81;122;129:
275. Олпашев А.	140:
276. Осупова Р.Д.	III:
277. Осупова Д.А.	II;III:
278. Осупова А.Д.	761;79:
279. Днусов Н.	154:
280. Эргашев Э.Д.	163
281. Саидов Ч.С.	164

Боснига рухсат этилди № 12. 95 й. Газета қорозига
офсет усулида босилди, нарғли боома табоғи 10. Адади 100 нуска.
Буурма 691.
" Университет" нашрияги босмохонасида чоп этилди.

Мёссбауэровские спектры оловосодержащих фторидно-германатных стекол.

Хужакулов Э.С., Тургунов Т.Т.

Кафедра физики Ташкентского областного государственного университета

Введение примесей олова в структурную сетку стекла используется для управления оптическими свойствами как оксидных, так и фторидных стекол. Для понимания происходящих при этом процессов важно иметь сведения о валентном состоянии примесных атомов и их положении в структурной сетке стекла. Мёссбауэровская спектроскопия на ^{119}Sn является удобным инструментом для подобных исследований.

Настоящая работа посвящена исследованию состояния примесных атомов олова во- фторидно-германатных стеклах системы $\text{CaGe}_2 - \text{CaF}_2 - \text{AlF}_3$. Для исследования использовались образцы, содержащие 0,2 вес. олова. Образцы готовились сплавлением $\text{CaF}_2, \text{AlF}_3$ предварительно синтезированного CaGeO_2 и олова при температурах от 500 до 1300°C (в зависимости от состава) в течение 30 мин. на воздухе в квазизамкнутом объеме, образованном двумя вставленными друг в друга стеклоуглеродными тиглями. Для получения стекол расплав в тех же тиглях охлаждается до комнатной температуры. Кристаллизация стекол осуществлялась путем отжига при температурах от 530 до 600°C в течение 2 часов на воздухе. Для синтезов использовались CaO марки "Ч", $\text{CaF}_2, \text{GeO}_2, \text{AlF}_3$ марки "С СЧ" и олова, обогащенного ^{119}Sn до 95 %.

Мёссбауэровские спектры снимались на спектрометре ИРС - Фм при комнатной температуре с источником $\text{Ca}^{119}\text{SnO}_2$. Изомерные сдвиги приводятся относительно SnO_2 . Спектры исследуемых стекол представляют собой суперпозицию спектров S_n^{1-} (уширенная одиночная линия с ИС $\delta = 0,1 - 0,6$ мм сек относительно SnO_2) и S_n^{2+} (асимметричный квадрупольный дублет с ИС $\delta_1 = 2,66 - 3,07$ мм сек и квадрупольным расщеплением $\Delta = 1,40 - 2,00$ мм сек). Погрешность определения изомерного сдвига δ не более 0,03 мм сек, квадрупольного расщепления $\Delta - 0,05$ мм сек.

О ВЛИЯНИИ АТОМОВ ГЕРМАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ ДЕФЕКТО- ОБРАЗОВАНИЯ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ МАРГАНЦЕМ.

Утамуродова Ш.Б., Умаров Т.А., Рафиков В.Э.,
Эргашев Р.М.

ТашГУ, НИИ ПФ, г. Ташкент.

Известно, что примеси переходных элементов часто используются для модификации свойств полупроводниковых материалов. Одной из таких примесей является марганец в кремнии. Поэтому любая информация, касающаяся свойств и поведения указанных материалов представляет определенный научный интерес.

В данной работе методами емкостной спектроскопии исследовано влияние изовалентной примеси (ИВП) — Ge на поведение атомов Mn в кремнии, поскольку атомы ИВП, не проявляя электрической активности в Si, оказывают существенное влияние на процессы термического и радиационного дефектообразования.

Установлено, что атомы германия будучи электронейтральными в решетке кремния, увеличивают эффективность образования глубоких уровней (ГУ), связанных с марганцем в Si. Показано, что концентрация ГУ марганца $E_c - 0.42$ эВ и $E_c - 0.54$ эВ в образцах Si-Ge-Mn в 3-4 раза выше, чем в Si-Mn. При этом наличие атомов Ge в Si

не оказывает существенного влияния на энергетический спектр ГУ. Обнаружено, что наличие атомов германия в Si препятствует образованию термических дефектов. Показано, что эффективность образования ГУ $E_c - 0.20$ эВ в образцах Si(Ge), который обусловлен термодефектами, гораздо ниже по сравнению с контрольными Si.

Предлагается механизм формирования глубоких центров марганца в присутствии атомов германия в объеме кремния.

Изучено влияние германия на кинетику отжига глубоких центров марганца. Показано, что наличие атомов Ge в Si замедляет низкотемпературный отжиг уровней, связанных с Mn, что объясняется замедлением дефектообразования в образцах Si-Ge-Mn.

КРЕМНИГА ЛЕГИРЛАНГАН СЕЛЕН ВА ТЕЛУРНИНГ ҮЗГАР ТАЪСИРИНИ ҲАҚИДА

Аскарлов Ш.И., Нарзулов Н., Ташбаев Т.У.

Тошкент Давлат Техника университети. Тошкент шаҳри

Айнан маълумки, кремнига кетма-кет легирилган селен-сургут ва темиркар-910^oC температурада электронейтраль қомпоно-лар ҳосил қилар эди. Селен ҳам VI - гуруҳ элементе бўлиб, қаб-лик кихатидан олтингургудан сўнг туради. Шунинг учун селен ва темирларнинг ўзгара таъсирини ўрганиш техвоялар учун муҳим ва қиммир.

Биз КДБ - 10 маркали монокристалл кремний нуқуллардан ўлчам-лари 1x3x8 мм бўлган намуналар тайёрладик. Бу нуқулларга механик ва кимёвий шикоятлар бергандан сўнг, диффузияни суғ босилиш ~ 0,25 мм бўлган ёлқ амдулларда селен диффузиясини янада ра қўли бе-тан амалга оширдик. Қиздириш температураси 1200^oC, вақти эса $t = 25$ соат қилиб танлас эледи. Диффузиядан сўнг $Si(B,Se)$ нуқул-ларининг сурт солиштирма қаршилиги $\rho = 0,5-0,6$ см.см n - тилик бўлиб, n -в ўткиш чуқурдаги ~ 310-320 мкм экинлик электрон бечашлар натижасида аяланди. Шундан сўнг, $Si(B,Se)$ нуқулларини $T = 1200^oC$ температурада 2 соат мобайнда темир диффузия қилдик.

$Si(B,Se)$ ва $Si(B,Se,Fe)$ нуқулларнинг электрон ларжадорлари деярли ўзгарилай қолди. Қайси эса, $Si(B,Se,Fe)$ ва $Si(Fe,Se)$ нуқул-ларини $T = 600-750^oC$ температура араллиғида 10^oC қадем бўлиб, 10 со-атдан қайта қиздиришга қўйдик. Натижасида намуна бўлиб, қор тил

$Si(B,Se)$ нуқуллари хромат қилдик. Электрон ўлчам натижасида сурт чуқурдаги, температура аралли билан $Si(B,Se,Fe)$ нуқулларининг n -в ўткиш чуқурлиги экинлик бўриб, 700^oC температурада экинлик заманида кўринди. Бу эса селен, кремний ҳалида, қор паронтик темир билан электронейтраль қомпоно ҳосил қилнадиқилин бўрилади.

Демак, суртанда ўтирган селен билан туғуллар араллиқ натижасида элемент билан кимёвий омилини ҳосил қилар эдик.

Адабиёт

1. Бақдиқов Ш.И., Аскарлов Ш.И., Нарзулов Н.И.в. АНУДУР. "Техника-ничесида кетма-кет". 1970, т. 26, с. 10, в. 2100-2105.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЖГРУППНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ II ГРУППЫ В КРЕМНИИ.

Бахадурханов М.К., Аскарбаев Ш.Ч., Нормутов Н.,
Тошбоев Т.У. ТШПТУ г.Лашкент.

В работах (1-2) сообщалось об обнаружении электронейтральных химически связанных комплексов серы с элементами переходной группы кобальта, а также подгруппой меди в кремнии.

Целью настоящей работы явилось уточнение возможности образования электронейтральных химически связанных комплексов серы с элементами других групп в кремнии, в частности с элементами II группы цинка и кадмия.

Для исследований были изготовлены образцы кремния последовательно легированные серой и цинком, а также серой и кадмием. В качестве исходного материала использовались образцы монокристаллического кремния марки КДБ с удельным сопротивлением при комнатной температуре $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Образцы предварительно диффузионно легировались серой при температуре 1250°C . После чего эти образцы дополнительно легировались цинком и кадмием в интервале температур $1000-1250^\circ\text{C}$. Для учета влияния повторного отжига и сравнения электрических параметров в каждом случае отжигались контрольные образцы $S_i[\delta S]$, $S_i[\delta, Zn]$ и $S_i[\delta, Cd]$.

Результаты исследований показали, что независимо от температуры легирования кремния с кадмием, параметры образцов $S_i[\delta, S, Cd]$ оказались сравнимы с параметрами контрольных образцов $S_i[\delta S]$. Тогда как параметрам образцов $S_i[\delta, S, Zn]$ существенно отличались от параметров контрольных образцов $S_i[\delta S]$ и $S_i[\delta, Zn]$, а при температуре $\approx 1100^\circ\text{C}$ практически приобретали параметры исходного кремния - свидетельствуя тем самым о полной электрической нейтрализации как примесных атомов серы так и цинка.

Установлено, что сера в кремнии образует электронейтральные химически связанные комплексы также и с кадмием. При этом температура наиболее эффективного комплексообразования $T_{эф}$ соответствует температур 20°C .

В конце следует отметить о наличии четкого корреляции между $T_{эф}$ и черткой Гиббса соответствующих соединений в природе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахадурханов М.К. и др. ФТД, 1980, т. 21, в. в. с. 1456-1459.
2. Бахадурханов М.К. и др. Изв. АН УЗССР, физ.-матем. науки, 1980, т. 23, № 10, стр. 200-202.