

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ¹

P-4732/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

**К ТЕОРИИ АНИЗОТРОПИИ
Пороговой Энергии Образования
Первичных Радиационных Дефектов в Кристаллах**

Панов В. И., Смирнов Л. С., Харьков А. А.

Рассмотрено аналитическое описание анизотропии пороговой энергии образования первичных радиационных дефектов в кристаллах теоретико-групповым методом. Пороговая энергия как функция направлений $\mathcal{E}_d(n)$ представляется разложением в ряд по сферическим гармоникам (СГ), инвариантным относительно преобразований группы симметрии кристалла G. Неизвестные константы при инвариантных комбинациях СГ должны быть определены экспериментально. Для групп T_d и C_{6v} , к которым относятся наиболее важные с точки зрения применения в полупроводниковой электронике кристаллы, пороговая энергия представлена как в декартовых, так и в полярных координатах. Аналитическое выражение $\mathcal{E}_d(n)$ для кремния иллюстрируется характеристической поверхностью. Полученные выражения позволяют описать известные экспериментальные результаты по исследованию эффектов анизотропии пороговой энергии в полупроводниковых кристаллах.

Новосибирский электротехнический институт

Получена 6.11.1986

P-4611/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

**Термоэлектрические свойства
многослойной p-n-p... структуры**

Балмуш И. И., Дашевский З. М., Касиян А. И.

Теоретически исследуются термоэлектрические явления, возникающие в многослойных полупроводниковых p-n-p... структурах под действием постоянного градиента температуры. Расчет проведен на основе феноменологических уравнений в предельных случаях резкого и постепенного перепада температуры. Найдено выражение для полной термоэдс отдельной p-n-p-структуры, состоящей из вкладов от объемной термоэдс, ЭДС Бенедикса p- и n-областей, а также барьерных термоэдс на p-n- и n-p-переходах. Выделенная p-n-p-структура рассматривается в дальнейшем как элементарная ячейка для многослойной периодической структуры. Показано, что для симметричных (по отношению к концентрациям основных носителей тока) структур барьерные термоэдс имеют противоположные знаки и компенсируют друг друга. В случае асимметричных структур барьерные термоэдс преиму-

¹ Копии депонированных статей можно заказать в Институте «Электроника» по адресу: 117415, Москва, В-415, пр. Вернадского, д. 39, отдел фондов.

ществено имеют одинаковые знаки и в структуре складываются, давая сравнительно большие термоэдс. Для асимметричных многослойных периодических $p-n-p$... структур предсказан эффект аномально больших термоэлектрических напряжений (АТН эффект). Приводятся результаты численного расчета барьерных термоэдс для $p-n-p$ -структур на основе Ge и PbTe при различных перепадах температуры и геометрических размерах областей. Проведена оценка величины АТН эффекта.

Полученные результаты могут быть использованы для создания высокоэффективных приемников теплового излучения.

Кишиневский политехнический институт
им. С. Лазо

Получена 5.02.1987

P-4830/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

РАСПАД ПЕРЕСЫЩЕННОГО ТВЕРДОГО РАСТВОРА КИСЛОРОДА В НЕЙТРОННО-ОБЛУЧЕННОМ КРЕМНИИ

Гроза А. А., Литовченко П. Г., Николаева Л. Г.,
Старчик М. И., Шматко Г. Г.

Получены данные о постоянной времени распада пересыщенного твердого раствора кислорода в кремнии, выращенном методом Чохральского, облученном потоками быстрых нейтронов ($10^{16} \div 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$) и термообработанным при 1000 °С. Для всех облученных кристаллов в сравнении с необлученными установлено ускорение преципитации избыточного кислорода. По данным ИК спектроскопии и электронной трансмиссионной микроскопии получено, что преципитация кислорода сопровождается образованием двух видов новой фазы, предположительно кристобалита и аморфного кварца.

Установлено, что величина потока нейтронного облучения влияет на тип образующейся в кремнии фазы. Обсуждаются возможные механизмы участия радиационных дефектов в преципитации избыточного кислорода.

Институт ядерных исследований АН УССР
Киев

Получена 9.03.1987

P-4624/87

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

ФОТОПРИЕМНИК С ИНЖЕКЦИОННЫМ УСИЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНОЙ СТРУКТУРЫ

Курмашев Ш. Д., Викулин И. М., Чалая И. И.

Изучалось фотоэлектрическое инжекционное усиление в длинном диоде на основе кремния, компенсированного золотом, с поверхностно-барьерной областью $Ni-n-Si$ в качестве инжектирующего контакта. Достижению большого коэффициента инжекции ($\gamma \approx 0.3$) способствует наличие туннельно-прозрачного слоя SiO_2 или V_2O_5 между никелем и кремнием. Сверхлинейный рост тока с напряжением свидетельствует о сильной модуляции проводимости базы инжектированными носителями. В диапазоне спектра, соответствующего энергии активации уровней золота в Si ($\lambda = 1.5 \div 2 \text{ мкм}$), имеет место инжекционное усиление фототока вследствие непосредственного воздействия примесного света на биполярную дрейфовую подвижность. В области напряжений, предшествующей инжекционному пробою, коэффициент инжекционного усиления достигает 10%. $Ni-n-Si(Au)$ -диоды могут быть использованы в качестве эффективных фотоприемников для ИК области спектра.

Одесский государственный университет
им. И. И. Мечникова

Получена 11.05.1987

ПОВЕДЕНИЕ МЫШЬЯКА В ИОННО-ЛЕГИРОВАННОМ СЛОЕ КРЕМНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ СЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Базулевич Ю. Ю., Гретчел Р., Кагадей В. А., Лебедева Н. И.,
Проскуровский Д. И., Янкелевич Е. Б.

Методами Ван-дер-Пау и спектроскопии РОР ионов гелия исследованы слои кремния с ориентациями (111) и (100), имплантированные ионами мышьяка ($D=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, $E=100 \text{ кэВ}$) и отожженные в вакууме с помощью электронного пучка. Параметры пучка: плотность мощности до 40 Вт/см^2 , энергия электронов до 10 кэВ , длительность облучения 5 и 15 с. Максимальная температура образцов, достигаемая во время облучения, составляла $1000 \div 1500 \text{ К}$.

Установлены оптимальные режимы облучения ИЛС, обеспечивающие совершенную кристаллическую структуру слоя, высокую степень активации примеси ($90 \div 100 \%$) и практически полное отсутствие ее диффузии в глубь образца. При превышении оптимальных температурно-временных параметров нагрева наблюдаются деактивация и сублимация мышьяка. Установлено влияние на эти процессы кристаллографической ориентации образцов. Прослежена связь сублимации мышьяка с его деактивацией в ИЛС: из замещающих положений в междоузлия выходят лишь ионы, избыточные над равновесным пределом электрической активации, они же по междоузлиям мигрируют к поверхности и сублимируют, чему способствует проведение облучения в вакууме.

Институт сильноточной электроники
СО АН СССР
Томск

Получена 13.07.1987

ТЕРМОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ ГОРЯЧИХ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ В НЕДИФФУЗИОННОМ ПРИБЛИЖЕНИИ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ ФОНОНОВ

Гасымов Т. М., Катанов А. А.

Для стационарного режима теоретически изучены изотермические поперечный и продольный эффекты Нернста—Эттингсгаузена, а также термоэдс горячих носителей тока и фононов в примесных невырожденных полупроводниках, находящихся во внешних электрическом E и классически сильном магнитном H полях, с учетом разогрева и произвольного увлечения электронов и акустических фононов в недиффузионном приближении для последних вблизи порога акустической неустойчивости. Показано, что в отсутствие разогрева фононов и при наличии взаимного увлечения в случае параболического спектра электронов механизм взаимодействия носителей тока с пьезоакустическими фононами не является удерживающим, т. е. для этого механизма рассеяния имеет место эффект убегаания электронов. Учет разогрева фононов приводит к устранению этого эффекта. Эффективная электронная температура не зависит от E и определяется функцией неустойчивости и параметрами, относящимися к электронной и фононной подсистемам, а термомагнитные величины в случае взаимного увлечения линейным и нелинейным образом зависят от E . Для параболического спектра носителей тока фононная часть изменения термоэдс в магнитном поле отлична от нуля, даже если электроны не разогревы. В случае термоувлечения термомагнитные величины неограниченно растут или сильно уменьшаются с функцией неустойчивости. Однако эти изме-

нения носят относительный характер, и найдены необходимые условия, ограничивающие эти изменения как снизу, так и сверху. Если фононы разогреты, то при $E \parallel H$ увеличение роли взаимного увлечения сопровождается уменьшением степени разогрева.

Нахичеванский
государственный педагогический институт
им. Ю. Г. Мамедалиева

Получена 6.08.1987

P-4845/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

ПРОДОЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ НЕРНСТА—ЭТТИНГСГАУЗЕНА ЭЛЕКТРОНОВ И ФОНОНОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ В НЕДИФФУЗИОННОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

Гасымов Т. М., Катанов А. А.

Для стационарного случая построена теория изотермических термомагнитных эффектов в примесных вырожденных полупроводниках и полуметаллах, находящихся во внешних электрическом E и неквантующем магнитном H полях в недиффузионном приближении (НДП) для акустических фононов с учетом разогрева и произвольного увлечения электронов и фононов. Доказывается несостоятельность диффузионного приближения для акустических фононов даже в отсутствие разогрева электронов. В случае термоувлечения и в отсутствие разогрева фононов как при $E \parallel H$, так и при $E \perp H$ возможны случаи, когда электронная температура становится большей, меньшей температуры решетки и равной ей. Во втором случае происходит охлаждение электронной подсистемы из-за излучения электронами фононов или в самой точке акустической неустойчивости (АН) или в непосредственной близости от нее. Построенная теория применена к изучению продольного эффекта Нернста—Эттингсгаузена (ПЭНЭ). Показано, что в условиях сильного произвольного увлечения фононная часть ПЭНЭ в НДП отлична от нуля даже в отсутствие разогрева и в случае параболического спектра электронов. С учетом разогрева и произвольного увлечения фононов и электронов для каждого конкретного случая установлены необходимые условия, ограничивающие как сильный рост сверху термоэдс, так и ее изменения в магнитном поле вблизи точки АН или же в самой точке АН. Показано, что изменение термоэдс увлечения вблизи точки АН в магнитном поле по величине на несколько порядков больше значения термоэдс вдали от этой точки.

Нахичеванский
государственный педагогический институт
им. Ю. Г. Мамедалиева

Получена 8.09.1987

P-4797/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

ОДНОВРЕМЕННАЯ ДИФФУЗИЯ ДВУХ ЗАРЯЖЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПОЛУПРОВОДНИКЕ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Покоева В. А.

Выполнен анализ диффузии ионизованной примеси из постоянного источника в полубесконечный полупроводник, равномерно легированный другой подвижной примесью, связываемой во время диффузионного отжига границей, с учетом внутреннего электрического поля. Анализ проводился в общем виде (вне рамок приближения локальной электро-

нейтральности) на основе численного решения двух диффузионных уравнений и уравнения Пуассона при квазиравновесном распределении электронов и дырок. Получены концентрационные распределения обеих примесей, электронов и дырок, объемного заряда, а также профилей электрического поля и потенциала по глубине полупроводника для различных значений поверхностной концентрации диффундирующей примеси, исходного уровня легирующей примеси, коэффициентов диффузии обеих компонент, времени диффузии. Рассчитанные профили концентрации примесей отличаются от кривых нейтральных невзаимодействующих примесей, что свидетельствует о существенном влиянии внутреннего электрического поля на диффузию ионизованных примесей в полупроводнике.

Куйбышевский государственный
университет

Получена 2.10.1987

P-4770/88

ФТП, том 22, вып. 12, 1988

РАDIАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В Si : Al, ОБЛУЧЕННОМ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Латушко Я. И., Петров В. В.

Методы измерения спектров ИК поглощения (ИКП) и фотолюминесценции (ФЛ) использованы для изучения алюминийсодержащих радиационных дефектов (РД) в Si : Al, облученном электронами. Показано, что обнаруженные в области 0.79—1.21 эВ полосы ИКП и ФЛ обусловлены электронными переходами на двух РД: однократно ионизованном двухзарядном доноре — междуузельном атоме алюминия (Al_i^{2+}), а также на комплексе, включающем в свой состав два атома данной примеси. Установлено, что первый из них имеет две конфигурации, причем переход в более устойчивую сопровождается понижением симметрии комплекса с T_d до D_{3d} и характеризуется энергией активации 0.95 ± 0.1 эВ. Показано, что возбужденные состояния Al_i^{2+} в обеих конфигурациях описываются в рамках теории эффективной массы для однократно ионизованного гелиеподобного центра, основное состояние которого является расщепленным вследствие долино-орбитального взаимодействия. Установлено, что уровень $E (+/+)$ центра Al_i^{2+} локализован в запрещенной зоне при $E_c + 0.200$ эВ. Предполагается, что РД, содержащий два атома алюминия, является акцепторным центром с энергетическим уровнем $E_c + (0.21 \pm 0.1)$ эВ; показано, что он обладает тригональной симметрией.

Белорусский государственный
университет им. В. И. Ленина
Минск

Получена 14.10.1987