

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ¹

P-4737/88

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

РАСШИРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ
РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ВОЛН
В ПОЛУПРОВОДНИКАХ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ИНЖЕКЦИИ

Корнилов Б. В.

Рассматривается возможность расширения температурной области существования рекомбинационных волн (РВ) в полупроводниках методом оптической инжекции носителей. В линейном приближении получен количественный критерий, устанавливающий величину интенсивности света, необходимую для возбуждения РВ при данной температуре. Из полученных соотношений для кремния, легированного цинком, определена величина интенсивности, необходимая для возбуждения РВ в диапазоне температур 100÷260 К.

Получена 29.07.1985

P-4644/88

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ВАКАНСИИ И ДИВАКАНСИИ
В КРЕМНИИ ПРИ ПАССИВАЦИИ СВЯЗЕЙ ВОДОРОДОМ |

Фролов В. В., Мукашев Б. Н.

Рекурсионным методом функции Грина в приближении сильной связи проведены расчеты электронной структуры наводороженных вакансий и дивакансий в Si. Установлены общие закономерности изменения положения и числа дефектных уровней при увеличении степени заполнения вакансии и дивакансии водородом. Показано, что полное удаление электронных состояний из запрещенной зоны происходит только при пассивации всех оборванных связей водородом. На основании расчетов сделано предположение о том, что полосы поглощения, наблюдаемые в κ -Si : H, в области 1.7—3.5 мкм обусловлены частично насыщенными водородом вакансионными комплексами.

Институт физики высоких энергий
АН КазССР
Алма-Ата

Получена 11.03.1986

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

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ЭНЕРГИИ ИОНИЗАЦИИ γ-РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В *n*-Ge ПРИ ОДНООСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Семенюк А. К., Назарчук П. Ф.

Исследованы температурные зависимости пьезо-холл-эффекта и электропроводности кристаллов *n*-Ge⟨Sb⟩, облученных γ-квантами ⁶⁰Co в широком интервале механических напряжений (0 ÷ 10 000 кг/см²), прикладываемых вдоль главных кристаллографических направлений [100], [110] и [111], совпадающих с направлением тока.

Показано, что изменения энергетического зазора между глубоким уровнем $E_c - 0.3$ эВ и нижними долинами зоны проводимости *n*-Ge сильно различаются для главных кристаллографических направлений. Найденные барические коэффициенты смещения самого уровня различаются не только по величине, но и по знаку для направлений [111], [110] и [100], что свидетельствует об анизотропии глубокого центра с уровнем $E_c - 0.3$ эВ.

Львовский политехнический институт
Луцкий филиал

Получена 25.06.1986

P-4433/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ИНЖЕКЦИОННОГО ТОКА В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ МАРГАНЦЕМ

Бахадырханов М. К., Зикриллаев Н. Ф., Турсунов А. А., Аскарров Ш. И.

Рассматриваются колебания тока, возбуждающиеся в образцах *p*-Si⟨Mn⟩ с удельным сопротивлением при комнатной температуре $\rho_0 = 5 \cdot 10^3 - 8 \cdot 10^4$ Ом·см в темноте при 77 К и полях 800—1200 В/см.

Предварительно снятые ВАХ образцов в темноте в состоянии остаточной проводимости и при наличии слабого интегрального освещения имеют омический, квадратичный и вертикальный со степенным ростом участки. Временные зависимости квадратичного участка показывают медленное нарастание (в течение нескольких минут) тока до стационарного значения, вертикального — более быстрое нарастание, а затем спад от стационарного, а при более высоких напряжениях — быстрое нарастание, а затем спад и возникновение колебаний тока с нарастающей амплитудой.

С ростом поля частота колебаний убывает, а амплитуда увеличивается, форма колебаний от квазисинусоидальных через дополнителную гармонику переходит к пиковым.

Наблюдаемые особенности ВАХ и осцилляции тока качественно объясняются монополярной инжекцией дырок в полупроводник с хвостами плотности состояний для дырок в запрещенной зоне, возникающих из-за неоднородности потенциала.

Ташкентский государственный университет
им. В. И. Ленина

Получена 24.07.1986

P-4536/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ВЛИЯНИЕ ДИФфуЗИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИМЕСЕЙ I ГРУППЫ С ВАКАНСИЯМИ НА СВОЙСТВА CdS

Байрамов А. И., Джафаров Т. Д., Новрузов В. Д.

Исследовано влияние давления паров серы при отжиге CdS *n*-типа, а также донорных (лития, натрия) и акцепторных (меди, серебра) примесей, введенных диффузионным методом, на пик фотопроводимости при $\lambda = 0.55$ мкм ($T = 300$ К), природа которой являлась дискуссионной.

Показано, что с увеличением давления паров серы, а следовательно, с увеличением концентрации вакансий кадмия интенсивность пика при $\lambda=0.55$ мкм растет. Эти результаты свидетельствуют о том, что пик фоточувствительности при $\lambda=0.55$ мкм обусловлен вакансиями кадмия ($V\bar{Cd}$). Диффузионное введение донорных (лития, натрия) и акцепторных (меди, серебра) примесей в CdS соответственно увеличивает и уменьшает фотопроводимость при $\lambda=0.55$ мкм. Для объяснения этих данных привлечена модель влияния донорно-акцепторного взаимодействия на концентрацию отрицательно заряженных вакансий кадмия $N(V\bar{Cd})$. В соответствии с этой моделью введение донорных примесей лития или натрия должно увеличивать $N(V\bar{Ca})$, а следовательно, и интенсивность пика при $\lambda=0.55$ мкм, а при введении акцепторных примесей меди или серебра должен наблюдаться противоположный эффект.

Исследованы также электрические свойства термообработанных (при различных давлениях паров серы) и диффузионно легированных литием, натрием, медью или серебром образцов CdS.

Институт физики АН АзССР
Баку

Получена 9.10.1986

P-4469/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ХОЛЛОВСКАЯ ПОДВИЖНОСТЬ В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ С ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ

Валдате Г. А., Кирсон Я. Э., Клотыньш Э. Э.

Изучается влияние неслучайной неоднородности электрических свойств арсенида галлия, созданной путем диффузии меди в исходные электронные кристаллы. Приведена методика изучения неоднородности электрических свойств, основанная на пропускании тока нормально направлению диффузии, и измерения электропроводности и эффекта Холла в сечениях, перпендикулярных диффузии меди, при утоньшении образцов в направлении диффузии меди.

Показано, что для кристаллов, в которых электропроводность и концентрация дырок являются функциями только одной координаты, в температурной области, в которой преобладает рассеяние дырок на примесях, наблюдается экспоненциальный спад усредненной холловской подвижности дырок, показатель степени которого зависит от толщины образца. Выяснены условия, при выполнении которых по усредненным значениям электропроводности и коэффициента Холла можно определить истинное значение холловской подвижности носителей заряда в структурах с прямолинейной неоднородностью.

Предложена модель энергетического спектра акцепторных уровней, на которых вдоль направления диффузии меди меняется концентрация основных или компенсирующих примесей. Модель качественно согласуется с экспериментальными данными.

Физико-энергетический институт
АН ЛатССР
Рига

Получена 21.10.1986

P-4586/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНЫХ ГЛУБОКИХ ЦЕНТРОВ СО СПЛОШНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СПЕКТРОМ МЕТОДОМ ДВОЙНОЙ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ ЕМКОСТИ (ТЕОРИЯ)

Берман Л. С.

Предложен метод определения энергетического спектра плотности состояний и сечений захвата электрона и дырки для глубоких центров, образующих сплошные энергетические спектры в запрещенной зоне полупроводника или в ее части. Метод применим и при наличии

профиля плотности состояний по толщине области объемного заряда. Используется двойная изотермическая релаксация емкости, т. е. поочередное переключение образца ($p-n$ -диода или диода Шоттки) от обратного напряжения V_1 до $V_2 > V_1$ и от $V_1 + \Delta V$ до V_2 . Измеряются релаксация емкости после каждого из этих переключений и их разность $\Delta C(t)$. Даны формулы для определения энергетического спектра плотности состояний и его профиля, а также зависимости сечений захвата электрона и дырки из временной зависимости $\Delta C(t)$ при различных значениях V_1 , ΔV и V_2 .

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Получена 3.02.1987

P-4626/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ В ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ CdP_2 И $CdSiP_2$

Горбань И. С., Корец Н. С., Крыськов Ц. А., Чукичев М. В.

В работе исследованы некоторые общие закономерности поведения примесей меди, цинка, висмута, марганца в кристаллах CdP_2 и $CdSiP_2$. Для этого проанализированы их спектры люминесценции при возбуждении электронным пучком, измеренные в температурном интервале $6 \div 300$ К в области $1.1 \div 2.3$ эВ, а также определены их электрические параметры. Концентрация легирующей примеси в кристаллах определена методом масс-спектрометрии вторичных ионов. Обсуждается вопрос о роли примесей в формировании центров излучательной рекомбинации. Установлено, что эти примеси замещают преимущественно кадмий в кристаллической решетке исследуемых кристаллов и способствуют образованию комплексов дефектов, являющихся центрами излучательной рекомбинации. В процессах дефектообразования комплексов принимают участие также вакансии кадмия. В кристаллах $CdSiP_2$ обнаружено излучение, которое связывается с дефектами типа «межузельный кадмий».

Киевский государственный педагогический
институт им. А. М. Горького

Получена 24.03.1988

P-4637/88

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОНОВ И ВОЛН ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА В СТРУКТУРЕ ПОЛУПРОВОДНИК—ДИЭЛЕКТРИК—ПОЛУПРОВОДНИК

Буртыка М. В., Ханкина С. И., Яковенко В. М.

В структуре металл—полупроводник—диэлектрик—полупроводник—металл (МПДПМ) обнаружена неустойчивость поверхностных плазмонов в области субмиллиметровых длин волн. Их раскачка обусловлена инжекцией горячих носителей заряда из области n -канала инверсионного слоя через туннельно-прозрачный диэлектрик в субмикронную подзатворную пленку. Механизм неустойчивости определяется взаимодействием волн пространственного заряда инжектированного потока, движение которого носит квазибаллистический характер, с поверхностными плазмонами МПДПМ структуры. Численные оценки показывают, что в полупроводниковых структурах типа $p-Si-SiO_2-p^+-Si$ с омическими контактами и толщи-

ной поликремниевой пленки порядка 0.25 мкм инкремент нарастания превосходит диссипативное затухание. Существенным для проявления данного механизма усиления являются высокие плотности и малые скорости движения инжектированных потоков.

Институт радиофизики
и электроники АН УССР
Харьков

Получена 8.04.1987

P-4541/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ТОКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ $p-i-n$ - И p^+-i-p^+ -СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ГИДРИРОВАННОГО АМОРФНОГО КРЕМНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И УРОВНЯХ ФОТОВОЗБУЖДЕНИЯ

Аронов Д. А., Кабулов Р., Юабов Ю. М., Ягудаев Д. А.

Изготовлены a -Si : H $p-i-n$ -структуры из a -кремния с различным содержанием моносилана в смеси его с аргоном. Экспериментально и теоретически исследованы ток короткого замыкания (КЗ) и напряжение холостого хода (ХХ) в зависимости от уровня освещения и температуры $p-i-n$ солнечного элемента. Установлено, что в случае «бедной» смеси (4 % моносилана) ВАХ ток КЗ—напряжение ХХ содержит один, в случае «богатой» (почти 100 % моносилана) — два экспоненциальных участка с различными наклонами и отсекаемыми по оси токов отрезками. Для обоих участков определены фактор идеальности диода, темновой ток как функция температуры и энергия активации темновой проводимости. Показано, что механизмы возникновения экспоненциальных участков связаны с процессами генерации-рекомбинации носителей в слое объемного заряда перехода и в квазинейтральной части i -слоя. Для доказательства этого были созданы симметричные a -Si : H p^+-i-p^+ -структуры, в которых исследовались темновые токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ). По температурной зависимости ТОПЗ определена энергия активации проводимости, оказавшаяся почти такой же, как и для второго экспоненциального участка на световых ВАХ $p-i-n$ -структур. По данным теории и эксперимента определены также последовательное и дифференциальное сопротивления $p-i-n$ -перехода, фактор прилипания носителей и равновесная концентрация дырок в i -слое структур. Последняя оказалась порядка $10^9 \div 10^{10} \text{ см}^{-3}$, что указывает на заметное легирование i -слоя примесями бора.

Получена 14.04.1987

P-4640/87

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ЗОННАЯ СТРУКТУРА И ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ ZnSe, ZnTe, CdTe С УЧЕТОМ d -СОСТОЯНИЙ МЕТАЛЛА В МЕТОДЕ СИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Мельничук С. В., Курек И. Г.

Полуэмпирическим методом сильной связи получен энергетический спектр электронов соединений ZnSe, ZnTe, CdTe со структурой сфалерита с учетом как s -, p -, так и d -состояний металла. На основании полученных зависимостей $E(k)$ рассчитана плотность состояний данных соединений. Показано, что d -состояния металла играют существенную роль при образовании энергетического спектра электронов соединений A_2B_6 , влияя на состояния s - и p -типа как в валентной зоне, так и в зоне проводимости.

Получена 20.04.1987

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЬНО НЕРАВНОВЕСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ В КРЕМНИИ

Панченко О. Ф., Шаталов В. М.

Энергетическое распределение вторичных электронов и дырок, образующихся в кристалле в результате каскада электрон-электронных и электрон-фононных столкновений при наличии стационарного потока первичных электронов малых энергий (до 17 эВ выше уровня вакуума), определяется путем численного решения системы линеаризованных кинетических уравнений методом квадратурных формул в приближении изотропного рассеяния. Эти уравнения отражают тот факт, что при неупругом электрон-электронном рассеянии создается некоторая плотность концентрации неравновесных дырок, а последние, рассеиваясь, создают неравновесные электроны с энергией возбуждения, не превышающей ширину валентной зоны. Входящие в уравнения вероятности межэлектронного рассеяния определяются через статистические веса конечных состояний, которые рассчитываются на основе реальной энергетической структуры кремния, полученной методом эмпирического псевдопотенциала. Энергетические зависимости обратного времени жизни носителей позволяют установить пороговую энергию возбуждения, выше которой преобладает рассеяние с рождением электрон-дырочной пар. Рассчитанные распределения по энергии концентрации неравновесных носителей повторяют особенности тонкой структуры плотности состояний независимо от энергии первичных электронов. Об этом же свидетельствует и монотонно возрастающий с уменьшением энергии возбуждения характер функции заполнения уровней, что позволило подобрать для нее аналитическое выражение $f(E) = (E - E_F)^{-s}$, при этом $s \approx 2$. Полученная функция заполнения может быть использована в расчетах спектров вторичной электронной эмиссии, спектров тормозного излучения медленных электронов, фотоэлектронной и электрон-фотонной эмиссии и др.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР

Получена 27.05.1987

P-4738/88

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ОТЖИГ ЯДЕРНО ЛЕГИРОВАННОГО АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Акулович Н. И., Быковский В. А., Гирий В. А., Горупа К. С.,
Коршунов Ф. П., Утечко В. И.

Исследованы электрофизические и рекомбинационные свойства монокристаллов ядерно легированного арсенида галлия (ЯЛАГ) в процессе изохронного отжига. Показано, что восстановление оптимальных значений подвижности носителей заряда в ЯЛАГ происходит при $T_{отж} > 650$ °С и на ~ 100 °С опережает восстановление уровня легирования кристаллов. При $T_{отж} > 800$ °С наблюдается деградация параметров ЯЛАГ. До $T_{отж} \leq 650$ °С кристаллы ЯЛАГ проявляют высокую фоточувствительность в примесной области спектра. Излучательная рекомбинация в ЯЛАГ в зависимости от температур отжига и измерения и от уровня легирования определяется преимущественно одним из каналов рекомбинации типа зона-зона или s -зона-акцепторные состояния. Акцепторами, активно участвующими в процессах рекомбинации, являются, в частности, атомы германия, локализованные в подрешетке мышьяка.

Белорусский политехнический институт
Минск

Получена 10.08.1987