

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## НОВЫЕ КНИГИ ПО ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Козуб В. И.

**Solid State Physics. Advances in Research and Applications / Ed. by H. Ehrenreich, D. Turnbull. V. 39. Orlando etc.: Academ. Press. inc., 1986. 477 p.**

Книга представляет собой очередной том известного издания, посвященного фундаментальным проблемам физики твердого тела. С точки зрения физики полупроводников интерес представляет глава, в которой рассматривается электронная структура  $3d$ -примесей атомов переходных металлов в полупроводниках. Изложены основные феноменологические представления; описаны экспериментальные данные (полученные с помощью химических методов, спектроскопии электронных переходов, с помощью изучения симметрии решетки в окрестности примеси и т. д.). Освещены теоретические методы, используемые для расчета энергий возбуждения и ионизации. Определены вклады, соответствующие самосогласованному приближению, многоэлектронным эффектам, а также вклады релаксационной природы. Описаны расчеты электронной структуры в рамках метода самосогласованного приближения. В специальном разделе приведены результаты подробных теоретических исследований из первых принципов, основанных на методе функций Грина. Определены одноэлектронные примесные уровни и волновые функции, плотность заряда, эффективные электронные конфигурации, а также искажения решетки, обусловленные «дышащей» моной: найдены значения  $g$ -фактора, энергии донора, акцептора и энергии Мотта—Хаббарда. Изучены эффекты спиновой поляризации; обсуждаются возможности существования центров с отрицательной энергией Хаббарда. Кроме того, в книге содержатся разделы, посвященные структуре зон Гюнье—Престона в сплавах, применению концепции фракталов в физике твердого тела и физике разрушения.

**Инжекционные лазеры в системах передачи и обработки информации / Тр. ФИАН СССР, т. 185. М.: Наука, 1987. 211 с.**

Данный сборник оригинальных работ посвящен проблемам управления излучением инжекционных лазеров (ИЛ) для систем передачи и обработки информации. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований генерации ультракоротких (с длительностью менее 1 пс) импульсов света ИЛ с внешним резонатором в режиме активной, активно-пассивной синхронизации мод и синхронизации мод сталкивающихся импульсов. Проанализированы влияние нестационарных процессов на спектральный состав излучения, а также методы подавления пульсаций интенсивности излучения. Изучены излучательные и электрические свойства лазерных усилителей регенеративного типа с целью создания усилителей для приема и передачи оптических сигналов. Сообщается об исследованиях флуктуаций мощности и фазы излучения ИЛ различных типов. Выявлены факторы, влияющие на флуктуации в диапазонах высоких и низких частот. Представлены данные о ширине и форме линии генерации, а также о низкочастотных флуктуациях фазы одночастотных ИЛ. Обсуждаются элементы интегральной оптики на полупроводниковых соединениях  $CdS_xSe_{1-x}$ . Описаны характеристики акусто- и электрооптического взаимодействия в тонких слоях  $CdS_xSe_{1-x}$ , а также волноводный интерферометр Маха—Цендера, управляемый излучением с длиной волны 0.44 мкм. Освещены вопросы, связанные с применением ИЛ для оптической обработки

информации: установлены оптимальные соотношения между параметрами ИЛ, оптических схем записи-считывания и информационной емкостью фурье-голограмм, исследовано взаимодействие излучения ИЛ со звуковыми волнами в кристаллах и т. д. Рассмотрено применение волноводных голограмм на основе  $As_2Se_3$  для передачи, хранения и обработки информации.

---

Думаревский Ю. Д., Ковтонок Н. Ф., Савин А. М. Преобразование изображений в структурах полупроводник—диэлектрик. М.: Наука, 1987. 176 с.

Систематизированы материалы по физическим исследованиям электронных и оптических процессов в структурах полупроводник—электрооптический кристалл, используемых для регистрации и преобразования изображений, причем основное внимание уделяется преобразователям, в которых в качестве приемника изображения используется высокоомный полупроводник, а электрооптической средой служит жидкий кристалл. Представлены общие свойства структур, осуществляющих пространственно-временную модуляцию света (в том числе методы их изготовления). Освещены электронные процессы в фоточувствительных структурах полупроводник—диэлектрик (релаксация поля в обедненной области, накопление заряда на поверхностных центрах захвата, согласование импедансов слоев структуры, диффузионное растекание фотоносителей и т. д.). С использованием феноменологической теории изучены распространение света в анизотропном жидкокристаллическом слое преобразователя: фазовополяризационная модуляция, формирование пространственных дифракционных решеток, неинвариантность спектра и асимметрия поляризации дифракционных порядков. Анализируются функциональные свойства структур полупроводник—жидкий кристалл, в том числе саморепродукция изображений, эффект перефокусировки, селекция динамических объектов, пространственное очертывание изображений и т. д. Даны важнейшие характеристики структур полупроводник—жидкий кристалл (спектральная и энергетическая чувствительность, разрешающая способность, временные и температурные характеристики). Рассмотрены некоторые конкретные структуры. Описано применение структур полупроводник—жидкий кристалл в системах обработки и преобразования изображений (динамические корреляторы, голографическая запись, пространственно-частотная фильтрация, бистабильные оптические системы и т. д.).

---

Волькенштейн Ф. Ф. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции. М.: Наука, 1987. 432 с.

В книге, носящей энциклопедический характер, приведены данные, относящиеся к физикохимии поверхности полупроводников, причем значительная часть результатов получена в процессе исследований, выполненных автором с сотрудниками, а также сведения об электронах и дырках в полупроводниках (механизмы электропроводности, энергетический спектр, статистика). Представлены основные типы адсорбции; освещены важнейшие закономерности адсорбции, физическая и химическая адсорбции, виды связи, квантово-механические расчеты. Изучены переходы между различными формами адсорбции, адсорбционное равновесие, кинетика адсорбции и десорбции, роль уровня Ферми в хемосорбции. Подробно анализируется взаимодействие поверхности полупроводника с объемом: связь между поверхностными и объемными свойствами, эффекты, обусловленные зарядением поверхности, влияние поверхности на распределение примеси внутри полупроводника, поведение полупроводниковых пленок на металле. Обсуждается каталитическое действие полупроводника, в том числе роль уровня Ферми в катализе, электронные механизмы каталитических реакций, связь каталитической активности с электронными характеристиками и т. д. Специальная глава посвящена процессам на реальной поверхности, в частности роли структурных дефектов, адсорбции в дисперсных полупроводниках, управлению стехиометрией кристаллов. Исследовано влияние освещения на адсорбционные и каталитические свойства, приведены экспериментальные и теоретические результаты для фотоадсорбционного эффекта на идеальной и реальной по-

верхностях, а также для фотокаталитического эффекта. Рассмотрена связь между адсорбцией и люминесценцией (влияние адсорбции на люминесценцию, основные закономерности радикало-рекомбинационной люминесценции, ее механизм, адсорболоминесценция). В библиографии насчитывается свыше 400 наименований.

---

Колтун М. М. Солнечные элементы, М.: Наука, 1987. 192 с.

Популярно изложен материал, относящийся к современному состоянию технологии и применения солнечных элементов (СЭ). Описаны принципы действия, конструкция и характеристики СЭ, в том числе оптические и электрофизические свойства полупроводниковых материалов и слоев, преобразование оптического излучения в электроэнергию в полупроводниковых СЭ, ВАХ СЭ и его конструкция; освещены вопросы оптимизации СЭ, а также спектральная чувствительность и коэффициент сбора СЭ. Специальная глава посвящена КПД СЭ. Обсуждаются новые конструкции СЭ: высокоэффективные и дешевые СЭ из кремния (описана автоматизированная технология их изготовления), тонкопленочные СЭ из  $\alpha$ -Si, СЭ из GaAs с гомо- и гетеропереходами, а также повышение КПД СЭ на основе простых и сложных полупроводниковых структур. Кроме того, в книге рассмотрены вопросы, связанные с характером солнечного излучения на земле и в космосе и с конкретными применениями солнечных батарей и наземных фотогенераторов.

---

Физика и материаловедение полупроводников с глубокими уровнями Под ред. В. И. Фистуля. М.: Металлургия, 1987. 232 с.

Содержание книги составляют лекции, прочитанные во Всесоюзной школе по физике и материаловедению полупроводников с глубокими уровнями (1984 г.), впоследствии переработанные авторами. Освещено состояние теории глубоких уровней в полупроводниках (в том числе одноэлектронная и многоэлектронная теории примесей переходных металлов, теория взаимодействия  $3d$ -примесей с кристаллической решеткой, а также фотоионизации  $3d$ -примесей). Описана электронная структура глубоководных центров. Даны модели точечных дефектов, модель «квазиатома», модель, учитывающая эффекты спиновой поляризации: изучена роль электрон-фонового взаимодействия. Анализируется магнетизм примесных центров с глубокими уровнями: магнитные свойства примесей переходных металлов, взаимодействие носителей с локализованными магнитными моментами и т. д. Подробно исследованы различные взаимодействия глубоководных центров в полупроводниках, в том числе донорно-акцепторная рекомбинация и люминесценция, релаксационные процессы, реакционная и фотостимулированная диффузия, взаимодействие с радиационными дефектами. Обсуждаются получение и свойства материалов с глубоководными примесями, в частности поведение  $4d$  и  $5d$  в Si, свойства глубоких центров в гидрированном  $\alpha$ -Si, в полупроводниках  $A^{III}B^V$  и др. Описаны некоторые экспериментальные методы исследования полупроводников с глубокими уровнями: оптическая спектроскопия, нелинейная оптика, ЭПР, ЯМР, параупругий резонанс, емкостная и токовая спектроскопия.

---

Фундаментальные вопросы ионной имплантации. Алма-Ата: Наука, 1987. 218 с.

Сборник содержит материалы III Всесоюзной школы по ионной имплантации (Алма-Ата, 1985 г.). В нем показано современное состояние использования ионной имплантации в полупроводниках и металлах. Изучено распределение примесей, созданных ионной имплантацией в различных условиях; выявлены возможности низкоэнергетической ионной имплантации.

Анализируются ионно-стимулированные процессы в кристаллах, ионное перемешивание, образование и взаимодействие структурных дефектов. Описано использование импульсного отжига ионно-имплантированных слоев. Значительное внимание уделено диагностике имплантированных слоев; обсуждается использование для этих целей спектроскопии поверхностных поляритонов, ядерных реакций и рентгенофлуоресцентного анализа, ультрамягкой рентгеновской и оже-электронной спектроскопии. Рассмотрены также внутренние трение в кристаллах с дефектами, ионная имплантация в стекле, а также ионно-оптические системы для низкоэнергетической ионной имплантации.

---

**Кристаллизация и свойства кристаллов. Межвузовский сборник. Новочеркасск: изд-во НПИ, 1987. 134 с.**

Данный сборник оригинальных работ посвящен вопросам управления электрофизическими свойствами и условиями кристаллизации полупроводниковых и металлических материалов. Исследованы различные особенности эпитаксиального метода выращивания полупроводниковых материалов и структур (в том числе выращивание соединений  $AlGaV$  из растворов, жидкофазная эпитаксия на вращающихся подложках, особенно выращивания из нейтральных растворов). Значительное место отведено кремнию: изучению распределения атомов в эпитаксиальных слоях Si, оптимизации обработки Si при жидкостной эпитаксии, термостабильности монокристаллов, свойствам пленок  $\alpha$ -Si и т. д. Изучены некоторые вопросы, связанные с влиянием примесей и дефектов (перераспределение примеси при зонной перекристаллизации градиентом температуры, влияние легирующей примеси на процессы растворения, влияние взаимодействия комплексов на кристаллизацию твердых растворов и т. д.).

---

**Булычев А. Л., Прохоренко В. А. Электронные приборы. Минск: Высшая школа, 1987. 316 с.**

В учебном пособии, содержание которого соответствует программе курса «Электронные приборы», освещены физические основы работы приборов, а также вопросы практического применения, причем значительное место отведено полупроводниковым приборам. Даны основы теории электропроводности электронно-дырочных переходов (в том числе общие сведения о полупроводниках и о контактных явлениях в полупроводниках). Приведена информация, относящаяся к таким полупроводниковым диодам, как выпрямительные диоды, стабилизаторы, импульсные диоды и варикапы, СВЧ диоды, туннельные и обращенные диоды, фото- и светодиоды. Проанализированы статический и динамический режимы биполярных транзисторов, дифференциальные параметры и эквивалентные схемы транзисторов, их частотные свойства. Описаны особенности работы транзистора в импульсном режиме. Приведены данные о различных типах тиристоров (таких как динисторы, тринисторы, симметричные тиристоры, тиристорные оптроны и т. д.). Специальная глава посвящена полевым транзисторам как с  $n-p$ -переходом, так и с изолированным затвором. Исследован вопрос о шумах в биполярных и полевых транзисторах. Рассмотрены элементы интегральных микросхем. Обсуждаются проблемы надежности электронных приборов. Кроме того, в книге есть сведения, относящиеся к электронно-вакуумным и газоразрядным приборам.

---

Сборник оригинальных работ содержит результаты многоплановых исследований полупроводников и гетеропереходов на их основе, причем основное внимание уделено получению материалов и материаловедению. В частности, описаны применение жидкофазной эпитаксии для создания образцов на основе GaAs, использование рентгеновских и оже-методов для диагностики структур, влияние адсорбции на свойства поверхности и др. Освещены различные методы создания гетеропереходов. Значительное место отведено оптическим свойствам: люминесценции, фотоэлектрическим свойствам, а также вопросам, связанным с работой инжекционных лазеров. Обсуждается влияние дефектов различных типов (в том числе дислокаций, дефектов эпитаксиального слоя, остаточных доноров, крупномасштабных дефектов и т. д.) на свойства полупроводниковых материалов и структур.

---

Физика гидрогенизированного аморфного кремния. Вып. 1. Структура, приготовление и приборы / Под ред. Дж. Джоунопулоса, Дж. Люковски. Пер. с англ. под ред. А. А. Андреева, В. А. Алексеева. М.: Мир, 1987. 364 с.

Книга, отдельные главы которой написаны ведущими зарубежными специалистами, представляет собой первую часть двухтомной серии, посвященной физическим явлениям, на которых базируются исследования аморфного кремния и сплавов на его основе. Подробно освещена структурная и химическая характеристика материала. Даны история вопроса, обзор задачи: описаны атомная структура, структурные неоднородности, формы содержания H в аморфном Si, а также других примесей (кроме H), неоднородности состава и свойства свободных поверхностей и границ раздела. Значительное место отведено результатам фундаментальных и прикладных исследований материала, приготовляемого в тлеющем разряде. Содержится информация о методе тлеющего разряда, плотности состояний в  $\alpha$ -Si, о легировании в аморфной фазе. Рассмотрены полевой транзистор из  $\alpha$ -Si, переход из  $\alpha$ -Si и его использование, а также микрокристаллический  $\alpha$ -Si, получаемый в плазме тлеющего разряда. Последовательно обсуждаются материалы, полученные распылением, и материалы, полученные методом химического осаждения из газовой фазы (в том числе процессы распыления и другие методы, применяемые для получения  $\alpha$ -Si : H, свойства  $\alpha$ -Si, полученного распылением, структура материала, получаемого осаждением из газовой фазы, его оптические свойства, роль оборванных связей и т. д.). Специальная глава посвящена преобразованию солнечной энергии. Изучены свойства  $\alpha$ -Si : H, определяющие фотоэлектрические характеристики условия осаждения при изготовлении солнечных элементов, приборные структуры, теоретические модели и т. д. Освещены вопросы, связанные с устройствами, использующими фторированный материал (в том числе свойства фторированного  $\alpha$ -Si, фотоэлектрические устройства, МДП устройства, вопросы воспроизводимости и стабильности).

---

Электроны в полупроводниках. 6. Электронная структура и оптические спектры полупроводников / Под ред. Ю. Пожелы. Вильнюс: Мокслас, 1987. 232 с.

Дан обзор электронной структуры и оптических параметров трех классов сложных полупроводников, перспективных для практических применений. Изучены электронное строение и свойства неметаллических редкоземельных монохалькогенидов Sm, Eu, Tm и Yb, в которых присутствуют незаполненные  $4f$ -оболочки. Исследовано влияние различных взаимодействий на спектры этих материалов; анализируются приближения, используемые для теоретических моделей электронного спектра. В рамках указанных моделей интерпретируются существующие экспериментальные данные. Представлены результаты экспериментов по изучению оптических свойств силенидов. Описаны характеристики кристаллов, данные спектроскопических исследований собственных и примесных электронных уровней и решеточных колебаний, а также влияние внешних воздействий. Подробно освещаются оптические свойства

соединений  $Cd_xHg_{1-x}Te$ , обсуждаются зонная структура, поглощение в области фундаментального края и ниже его, спектры фотолюминесценции, нелинейные оптические свойства. Рассмотрены также квазидвумерные системы на основе  $Cd_xHg_{1-x}Te$ , оптические свойства имплантированных кристаллов и влияние состояния поверхности на оптические параметры.

---

**Аронов Д. А., Зайтова В. Фотомагнитный эффект и фотопроводимость в полупроводниках при высоких уровнях возбуждения. Ташкент: Фан, 1987. 244 с.**

Приведены результаты теоретического исследования влияния изменения концентрации неравновесных носителей, созданных фотовозбуждением (от очень низкой до очень высокой), на фотопроводимость (ФП) и фотомагнитоэлектрический эффект (ФМЭЭ) в однородных полупроводниках и структурах с  $p-n$ -переходами. Дана теория ФП полупроводников с симметричным сечением захвата электронов и дырок. Описаны ФМЭЭ и ФП в полупроводниках при небольших концентрациях неравновесных носителей, а также в условиях преобладания рекомбинации на уровнях ловушек с резко асимметричными сечениями захвата электронов и дырок. Исследовано влияние прямой межзонной и поверхностной рекомбинаций на ФП и ФМЭЭ в полупроводниках с глубокими уровнями. Обсуждается возможность определения рекомбинационных параметров полупроводника с резко асимметричными сечениями захвата электронов и дырок глубокими уровнями из измерений стационарных ФП и ФМЭЭ. Изучено влияние процессов захвата и поверхностной рекомбинации на ФМЭЭ и ФП в полупроводниках с большой концентрацией глубоких центров двух типов. Специальная глава посвящена фотоэлектрическому эффекту и ФМЭЭ в  $p-n$ -переходе и многослойных структурах с  $p-n$ -переходами. Рассмотрены особенности ФМЭЭ и ФП в кристаллах полупроводниковых соединений  $A^{III}B^V$  при низких температурах.

---

**Георгиу В. Г. Вольтфарадные измерения параметров полупроводников. Кишинев: Штиинца, 1987. 65 с.**

В книге освещены вопросы определения основных параметров полупроводников по результатам измерений вольтфарадных характеристик структур металл—полупроводник и металл—диэлектрик—полупроводник. Даны теоретические основы вольтфарадных измерений, описаны процессы в слое объемного заряда и распределение потенциала в системе. Изложена методика для ряда конкретных параметров: концентрации носителей, контактной разности потенциалов, концентрации и энергии ионизации глубоких примесных центров, параметров МДП структур. Обсуждаются аппаратная реализация и погрешности вольтфарадных установок. Специальная глава посвящена экспрессным вольтфарадным измерениям параметров полупроводников (в том числе профилей распределения концентрации носителей, параметров глубоких примесных центров и т. д.).

---