

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## НОВЫЕ КНИГИ ПО ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Козуб В. И

**Semiconductor-based heterostructures: Interfacial structure and stability. Application of the Metallurgical society, Inc., 1986. 462 p.**

Книга содержит материалы совещания по свойствам границ раздела (ГР) и устойчивости полупроводниковых гетероструктур, состоявшегося в мае 1986 г. в США. Изучены различные вопросы, относящиеся к устойчивости границ раздела, в частности, установлены ограничения на толщину эпитаксиальных пленок. Значительное место отведено приготовлению ГР. Освещены различные методы определения качества ГР, свойства эпитаксиальных структур, влияние тепловой обработки и т. д. Специальный раздел посвящен выращиванию и свойствам сверхрешеток с деформированными слоями, полученных методами [молекулярно-пучковой эпитаксии, металлоорганического химического осаждения из газовой фазы, а также плазменного химического осаждения. Рассмотрены приготовление и свойства гетероструктур других типов на основе полупроводниковых соединений (в частности, рост слоев GaAs на Si, Ge на Si и т. д.). Обсуждается выращивание полупроводниковых слоев на диэлектриках. Даны сведения о различных новых структурах, в том числе о гетероструктурах ZnO/CnInSe<sub>2</sub>, Pd<sub>x</sub>GaAs/GaAs, об омических контактах на основе AuGeNiAg и Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As и др., о металлизации соединений A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>, пассивации соединений A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> и о металлизации тонких пленок гидрогенизированного аморфного Si.

**VLSI electronics. Microstructure science. V. 13 / Ed. by S. S. Cohen, G. S. Gildenblat. Metal—Semiconductor. Contacts and Devices. N. Y.: Acad. Press, 1986. 424 p.**

Данный том серии, посвященной микроэлектронике со сверхвысокой степенью интеграции, освещает различные вопросы, связанные с контактами металл—полупроводник и устройствами на их основе. Описаны важнейшие характеристики границы металл—полупроводник (МП) (область пространственного заряда, туннелирование через контакт, инжекция неосновных носителей и т. д.). Более подробно проанализированы свойства барьера, причем основное внимание сосредоточено на экспериментальных методах определения его высоты (фотовозбуждение, емкостная спектроскопия и т. д.). Рассмотрены различные структуры для характеризации омических контактов. Подробно анализируются способы приготовления МП контактов (в том числе соответствующие химические аспекты, методы нанесения металла, геометрия контакта и т. д.). Изложены сведения, относящиеся к используемым на практике омическим контактам к кремнию; при этом, в частности, обсуждаются общие требования к таким контактам в микроэлектронике, электромиграция в контактах, металлизация на основе Al и др. Представлены другие МП структуры (омические контакты к соединениям A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> и контакты к эмиттерной области в биполярных транзисторах на основе поликристаллического кремния). В специальной главе разбираются конкретные устройства, использующие МП структуры—МОП транзистор с барьером Шоттки, диоды Шоттки в биполярных интегральных схемах и МП полевой транзистор.

Данный том посвящен свойствам и применению сверхтонких слоев, гетероструктур на основе полупроводников  $A^{III}B^V$ , полученных современными эпитаксиальными методами. Подробно освещены важнейшие характеристики двумерных квантовых структур из материалов  $A^{III}B^V$ , обеспечивающие возможность их использования в оптических и микроэлектронных устройствах. Анализируются факторы, влияющие на работу полевых транзисторов с модулированным легированием на основе  $(Al, Ga)As/GaAs$  в схемах СВЧ и в цифровых устройствах. Даны сведения о модулированном легировании, принципах работы транзисторов, об аномалиях ВАХ и т. д. Описано применение полевых транзисторов с двумерным электронным газом в устройствах СВЧ. Обсуждается использование транзисторов с высокой подвижностью электронов в сверхбыстродействующих интегральных схемах. Изучается возможность использования нелинейных оптических характеристик структур квантовых ям для обработки оптических сигналов; разбираются как экситонные нелинейные эффекты, так и изменение оптических свойств под действием статического поля. Специальная глава посвящена устройствам, использующим сверхрешетки и материалы с переменной зонной структурой, в частности структурам с переносом заряда в реальном пространстве, канальным диодам, малопшумящим лавинным фотодиодам, биполярным транзисторам с гетероконтактом и др. Рассмотрены полупроводниковые лазеры, использующие структуры квантовых ям, а также свойства и применение сверхрешеток с деформированными слоями.

---

Silicon processing for photovoltaics. II // Material processing theory and practices. V. 6 / Ed. by C. P. Khattak, K. V. Ravi. Amsterdam, etc.: North-Holland, 1987. 412 p.

В книге дан обзор различных технологий обработки Si для использования в дешевых фотовольтаических устройствах. Представлен теоретический анализ роли границы зерен и микродефектов в Si, их влияния на характеристики солнечных элементов; предложены методы, позволяющие уменьшить такое влияние. Описаны методы коммерческого производства поликристаллического Si: метод литья, а также метод направленной кристаллизации (обеспечивающий очистку материала). Освещена ленточная технология, использующая рост пленок с краев (в том числе изучены кинетика процесса, роль термических напряжений, влияние примесей и дефектов). Описаны солнечные элементы на основе эпитаксиальных пленок Si, позволяющие уменьшить использование высокоочищенного Si; особое внимание уделено путям снижения стоимости процессов эпитаксии. Обсуждаются металлургические методы приготовления заготовок Si для фотовольтаических устройств, также позволяющие снизить стоимость исходного материала (улучшенный карботермический процесс, металлургический процесс, металлургическая очистка и др.). Рассмотрен новый тип солнечного элемента, в котором излучение собирается на обеих сторонах элемента.

---

From optical bistability towards optical computing. The European Joint Optical Bistability Project / Ed. by P. Mandel, S. D. Smith, B. S. Wherrett. Amsterdam, etc.: North-Holland, 1987. 362 p.

Книга содержит развернутый отчет об исследованиях, выполненных в рамках общеевропейского проекта по оптической бистабильности, имеющего целью создание элементной базы для оптической вычислительной техники, не использующей оптоэлектронные методы. Обсуждаются теоретические аспекты оптических нелинейностей, приводящих к бистабильности, а также данные соответствующих экспериментальных исследований по оптической бистабильности (ОБ) в  $InSb$ ,  $CdSe$ ,  $CdS_{1-x}Se_x$ , полупроводниковых халькогенидах  $Pb$ , в  $CdHgTe$  и  $GaInAsP$ . Изложена теория использования ОБ в устройствах (анализируются динамика переключения, роль шумов, действие оптического транзистора и т. д.). Приведены результаты многочисленных экспериментов по ОБ и использованию ее в устройствах для  $InSb$ ,  $CdS$ , халькогенидов свинца,  $CdHgTe$ ,  $CdTe$ ,  $GaAsZnSe$ . Рассмотрены некоторые альтернативные схемы ОБ. В специальной главе описаны оптические схемы и архитектура оптического компьютера (устройства с разделением пучков, принципы цифровой обработки сигналов и др.).

В книге дан обзор явлений, относящихся к применению фотоакустических и других фототермических методов исследования полупроводников. Подробно освещена микроскопия, основанная на использовании тепловых волн; последние возникают при модуляции лазерного излучения, сфокусированного на поверхности образца и представляют собой модулированный поток тепла. Соответствующая неразрушающая методика позволяет изучать структуру поверхностных дефектов и дислокаций. Изложены теоретические и экспериментальные основы методов, использующих визуализацию распространяющихся тепловых волн, особое внимание уделено определению таких параметров полупроводника, как профили ионного имплантирования, характеристики поверхностных электронных состояний, локальная температуропроводность. Описаны некоторые новые фототермические методы (пирозлектрическая спектроскопия, импульсная фототермическая радиометрия, фурье-фотоакустическая спектроскопия), соответствующие далекой инфракрасной области (которая отвечает энергиям мелких дефектов). Обоснована возможность использования метода тепловых волн для изучения кинетических явлений в электронной системе и различных безызлучательных процессов в полупроводниках. Обсуждаются важнейшие достижения, полученные с использованием фототермической спектроскопии: данные фотоакустических исследований CdS, фотоакустические спектры различных материалов при комнатной температуре и при низких температурах (в том числе применительно к исследованиям фазовых переходов). В специальной главе рассмотрены фотоакустические свойства аморфных полупроводниковых пленок.

---

Amorphous semiconductor technologies and devices. (Japan, annual reviews in electronics, computers and telecommunication. V. 22) / Ed. by Y. Hamakawa, Tokoi, etc.: OHM and North-Holland, 1987. 318 p.

В книге дан обзор последних достижений в области исследования и применения аморфных полупроводников (прежде всего аморфного кремния), полученных ионными методами. Освещены некоторые фундаментальные свойства аморфных полупроводников — их структура, электронные состояния оборванных связей и др. Изложены новые аспекты, связанные с приготовлением и кинетикой роста, в частности, управление процессами осаждения при высоких скоростях осаждения, а также осаждение с использованием в качестве источника энергии лазерного излучения. Обсуждаются некоторые физические явления в приборах; анализируются эффект Стаблера—Вронски, устройства на основе кваптовых ям в сверхрешетках  $\alpha$ -SiN/ $\alpha$ -Si, оптические и электрические характеристики границ раздела металл—водородизированный  $\alpha$ -Si. Значительное место отведено использованию  $\alpha$ -Si в солнечных элементах. Указано на возможности гетероконтактов на основе  $\alpha$ -Si; описана технология изготовления элементов с большой площадью, технология изготовления интегральных солнечных элементов и т. д. Рассмотрены некоторые конкретные электронные устройства на основе аморфных материалов. Специальная глава посвящена применению аморфных полупроводников в оптоэлектронике.

---

Техника оптической связи. Фотоприемники: Пер. с англ. / Под ред. У. Тсанга. М.: Мир, 1988. 526 с.

Книга посвящена физике и технике фотоприемников различных типов, прежде всего лавинных фотодиодов (ЛФД). Даны основные сведения о физических процессах в ЛФД (теория ударной ионизации, представления о лавинном умножении, характеристики ЛФД с большим отношением коэффициентов ударной ионизации). Описаны фотодиоды на основе полупроводниковых соединений, в частности, их различные свойства, а также интегральные схемы на их основе. Специальная глава посвящена кремниевым и германиевым ЛФД. Обсуждается вопрос о пороге чувствительности приемных оптоэлектронных модулей с ЛФД для высокоскоростных длинноволновых волоконно-оптических систем передачи. Освещены порог чувствительности цифрового приемного оптоэлектронного модуля, шумовой ток приемного оптоэлектронного модуля, методы расчета порога чувствительности. Анализируются существующие экспериментальные данные, а также факторы, ухудшающие чувствитель-

ность. Представлены фототранзисторы для волоконно-оптических систем передачи. Рассмотрены особенности усиления фототранзисторов с гетеропереходом, переходные характеристики и ширина полосы частот, шумы фототранзисторов, лавинный пробой коллекторного перехода, новые структуры на основе фототранзисторов и полевые фототранзисторы.

---

**Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применение:** Пер. с англ. / Под ред. Р. Херланда. М.: Мир, 1988. 466 с.

Книга посвящена вопросам создания сильных и сверхсильных магнитных полей и их применения в различных физических исследованиях. С точки зрения физики полупроводников интерес представляет прежде всего глава, освещающая квантовые явления переноса в полупроводниках в сильных магнитных полях (СМП). Описано поведение электронов в магнитном поле (в частности, роль взаимодействия с примесями). Изучаются основные гальваномагнитные эффекты (магнитосопротивление, эффект Холла, циклотронный резонанс), а также термомагнитные эффекты. Особое внимание уделено двумерным системам. Проанализированы подзоны в инверсионных слоях, поведение электронного двумерного газа в СМП, в частности, магнитосопротивление и квантовый эффект Холла. Представлен вывод выражений для динамической магнитопроводимости. Кроме того, в книге излагаются результаты новых исследований эффектов электронной корреляции в  $\text{Hg}_{0,8}\text{Cd}_{0,2}\text{Te}$ ; рассмотрены также вопросы магнетизма в СМП, поведение биомолекул и полимеров в СМП, удержание горячей плазмы и т. д.

---

**Биленький Б. Ф., Филатова А. К. Сульфид ртути: получение и применения.** Львов: Вища школа, 1988. 190 с.

В книге изложены основные сведения о материале  $\text{HgS}$ , используемом в оптоэлектронике. Дана общая характеристика материала (кристаллическая структура и химическая связь, диаграмма состояния системы  $\text{Hg}-\text{S}$ , фазовые переходы при высоких давлениях, роль примесей). Освещена технология выращивания кристаллов и тонких слоев  $\text{HgS}$ . Основное место отведено энергетической структуре и физическим свойствам  $\text{HgS}$ . Даны модели зонной структуры  $\alpha\text{-HgS}$  и  $\beta\text{-HgS}$ ; описаны тепловые, механические и диэлектрические характеристики. Изучены электропроводность, эффект Холла, термостимулируемая проводимость и термоэлектрические явления. Подробно рассмотрены оптические явления: фотопроводимость и фотовольтаический эффект, оптические характеристики  $\text{HgS}$ , спектры отражения и поглощения, электрооптический эффект и эффект Фарадея в  $\alpha\text{-HgS}$ . Исследованы также поверхностные свойства, контактная разность потенциалов, магнитные свойства. Специальная глава посвящена различным твердым растворам на основе  $\text{HgS}$ . Рассмотрены некоторые практические применения  $\text{HgS}$ .

---

**Микроэлектронные устройства СВЧ / Под ред. Г. И. Веселова.** М.: Высшая школа, 1988. 280 с.

Книга представляет собой учебное пособие для радиотехнических специальных вузов. Освещены характеристики пассивных микроэлектронных устройств СВЧ: изложены вопросы теории микрополосковых структур, анализируются планарные линии передачи, делители мощности, резонаторы и т. д. Основное место отведено активным микроэлектронным устройствам. Даны физические основы работы генераторов СВЧ на диодах Ганна, описаны принципы проектирования диодных автогенераторов СВЧ. Обсуждаются усилители мощности на полевых транзисторах СВЧ, причем описана структура таких транзисторов. Представлены параметрические усилители, транзисторные усилители СВЧ, а также диодные преобразователи частоты. В книге рассмотрены также антенны СВЧ в интегральном исполнении.

**Полевые транзисторы на арсениде галлия. Принципы работы и технология изготовления:** Пер. с англ / Под ред. Д. В. Ди Лоренцо, Д. Д. Канцелуола. М.: Радио и связь, 1988. 496 с.

Книга, написанная ведущими специалистами ряда стран, охватывает широкий круг вопросов, отражающих состояние технологии изготовления и области применения полевых транзисторов (ПТ) на основе GaAs. Даны сведения о полужолирующих подложках из GaAs (в том числе о механизмах проводимости полужолирующего GaAs, о методах выращивания и исследования материалов и т. д.). Значительное внимание уделено технологии материалов, используемых в ПТ. Разобраны эпитаксия из паровой фазы, молекулярно-пучковая эпитаксия (получение активного слоя, формирование профиля распределения основных носителей заряда, изготовление омических контактов, селективная эпитаксия и т. д.), а также имплантация в GaAs (явления в подложках, отжиг, характеристики легирующих примесей). Изучены малопомнящие полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПТШ) (в частности, их характеристики в СВЧ диапазоне) и общие шумовые и усижительные свойства ПТШ с длиной затвора менее 1 мкм. Представлены мощные ПТ на основе GaAs. Описаны технология изготовления, геометрия и свойства прибора, а также мощные ПТШ (структура и проектирование топологии, принципы конструирования, процессы изготовления и технология материалов); анализируются характеристики приборов в СВЧ диапазоне. Специальная глава посвящена учету тепловых процессов при конструировании. Рассмотрены проблемы надежности (математический аппарат для анализа надежности, механизмы отказов, методы испытаний). Значительное место отведено вопросам применения GaAs — ПТ. Представлены малосигнальные и нелинейные свойства, схемотехнические аспекты, применение мощных ПТ, использование ПТ в цифровых схемах (логические схемы на ПТ с обеднением—обогащением, логические элементы на ПТ с непосредственными связями, планарная технология локальной ионной имплантации БИС и СБИС на ПТШ). Рассмотрены перспективы развития технологии и применения ПТ на основе GaAs.

---

**Квантово-статистические свойства экситонов большой плотности / Под ред. В. А. Москаленко.** Кишинев: Штиинца, 1988. 244 с.

Книга содержит оригинальные работы, посвященные различным вопросам, связанным с поведением полупроводников при больших оптических накачках. Рассмотрены влияние квантовых флуктуаций на установление когерентно-возбужденной поляритонной моды и нестабильность в энергетическом спектре виеконденсатных поляритонов, а также явление оптической мультитабильности в системе экситонов и биэкситонов с учетом внутренней и внешней обратных связей. Изучены фазовые переходы, связанные с одновременной одно- и двухчастичной конденсацией экситонов с различными ориентациями спинов, переходы экситонный газ—вырожденная электронно-дырочная плазма и диэлектрическая экситонная жидкость. Обсуждаются двойной оптический резонанс на зона-зонных переходах, а также некоторые оптические свойства квазидвумерных структур с квантовыми ямами.

---

**Першенков В. С., Попов В. Д., Шальнов А. В. Поверхностные радиационные эффекты в ИМС.** М.: Энергоатомиздат, 1988. 256 с.

Книга посвящена влиянию поверхностных радиационных эффектов в структуре диэлектрик—полупроводник на свойства элементов интегральных микросхем (ИМС) со структурой металл—диэлектрик—полупроводник и биполярных ИМС. Описаны методы проведения радиационных испытаний. Подробно освещены различные поверхностные радиационные эффекты в структуре диэлектрик—полупроводник. Анализируются соответствующие поверхностные дефекты и механизмы их образования (в том числе особенности структуры Si—SiO<sub>2</sub>, механические напряжения и их релаксация при воздействии излучения, поверхностные состояния и т. д.), накопление заряда в МДП структуре, изменение проводимости диэлектрической пленки. Изучены особенности радиационных свойств современных биполярных микроэлектронных структур. Даны феноменологический подход к анализу радиационных эффектов и физико-математические модели таких эффектов в биполярных транзисторах; специальный раздел посвящен способам выделения отдельных составляющих тока базы.

Представлены радиационные эффекты в МДП транзисторах. Исследованы влияние техно-логических дефектов на образование заряда в объеме диэлектрика, радиационные эффекты в МДП—ИМС низкой и высокой, а также сверхвысокой степени интеграции (в том числе в КМОП—ИМС). Обсуждаются особенности радиационных эффектов в МОП транзисторах с коротким и узким каналами, влияние условий облучения на радиационную стойкость, понижационные эффекты, эффекты смещения атомов и т. д.

---

**Бамбуров В. Г., Борухович А. С., Самохвалов А. А.** Введение в физико-химию ферромагнитных полупроводников. М.: Металлургия, 1988. 206 с.

Книга содержит обзор достижений в области приготовления и исследования двух наиболее известных групп ферромагнитных полупроводниковых материалов: 1) монооксида европия и твердых растворов на его основе, 2) хром-кадмиевых халькогенидных шпинелей. Подробно освещены физические свойства  $\text{EuO}$  (электронная структура и механизм ферромагнитного обмена, магнитные характеристики, магнитооптические и СВЧ параметры, критическое поведение и т. д.). Представлены методы получения  $\text{EuO}$ , а также синтез и физико-химические параметры твердых растворов на основе  $\text{EuO}$ . Особое внимание уделено вопросу повышения температуры Кюри  $\text{EuO}$  и свойствам твердых растворов  $\text{Eu}_{1-x}\text{R}_x\text{O}$  ( $\text{R}=\text{Sn}, \text{Cd}$ ). Анализируются роль примесных состояний и магнитных квазимолекул, особенности критического поведения, влияние высокого давления и т. д. Изложены физические свойства и электронная структура хром-кадмиевых халькогенидных шпинелей (ХКХШ) (магнитные характеристики, электро- и фотопроводимость, ферромагнитный эффект). Изучена термодинамика магнитных фазовых переходов в шпинелях  $\text{CdCr}_2\text{S}_4$  и  $\text{CdCr}_2\text{Se}_4$  и  $x$  взаимных твердых растворах. Обсуждаются методы получения ХКХШ. Специальная глава посвящена исследованию электрон-магнитного взаимодействия в ферромагнитных полупроводниках. Рассмотрены магнитные свойства ферромагнитных полупроводников в сильном электрическом поле, а также СВЧ поглощение, оптические и магнитооптические свойства, электрические и магнитные шумы в сильном электрическом поле.

---

**Грибковский В. П.** Полупроводниковые лазеры. Минск: изд-во Университетское, 1988. 304 с.

Книга представляет собой учебное пособие для студентов вузов по специальности «радиофизика и электроника». Представлены основные части лазера и принципы, лежащие в основе его работы (активная среда, накачка, оптические резонаторы). Подробно разбирается вопрос о пороге генерации инжекционных лазеров, в том числе генерация по 3- и 4-уровневым схемам, активные слои инжекционных гомо- и гетеролазеров, пороговый ток, усиленная люминесценция в лазерах. Изучаются мощность и КПД стационарной генерации лазерных диодов; анализируются основные каналы потерь, а также спектральные и пространственные характеристики излучения. Изложены временные характеристики генерации инжекционных лазеров (свободная импульсная генерация, генерация нано- и пикосекундных импульсов, модуляция излучения, шумы). Последовательно рассмотрены лазеры с оптической и электронной накачкой, в том числе энергетические характеристики межзонной и примесной генерации экситонный механизм генерации, лазеры с распределенной обратной связью, возбуждение полупроводников быстрыми электронами. Описано возбуждение генерации электрическим и магнитным полями, причем обсуждаются свойства стримерных разрядов, а также лазеры дальнего ИК диапазона в скрещенных электрическом и магнитном полях. Специальная глава посвящена деградации лазеров; даны ее внешние признаки, основные механизмы, принципы отбраковки и прогнозирования ресурса.

---

**Ионная имплантация и лучевая технология / Под ред. Дж. С. Вильямса, Дж. М. Поута.** Пер. с англ. Киев: Наукова думка, 1988. 356 с.

Книга содержит обзор физических принципов и главных направлений технического применения ионной имплантации и лучевой технологии для обработки полупроводниковых

материалов. Дано краткое введение в имплантацию и лучевую технику. Подробно освещены аморфизация и кристаллизация полупроводников (имплантационное нарушение структуры, твердофазная и жидкофазная кристаллизация, основные термодинамические соображения). Анализируются возможности применения кинетического уравнения Больцмана к описанию ионной имплантации в полупроводниках и многослойных мишенях. Описаны каскады столкновений с высокой плотностью энергии и эффекты пиков. Изучено изменение состава сплавов и соединений под воздействием ионной бомбардировки. Рассмотрено ионно-лучевое и лазерное перемешивание в различных системах. Значительное внимание уделено высокодозовой имплантации; разобраны влияние температуры имплантации на степень повреждения, свойства высокодозовых имплантаций, а также ионные имплантаторы для высоких флуенсов. Представлены тенденции использования ионной имплантации в кремниевой технологии, а также имплантация в технологии приборов на основе GaAs. Обсуждаются контакты и межсоединения на полупроводниках применительно к Si и GaAs,

---

**Тучкевич В. М., Грехов И. В. Новые принципы коммутации больших мощностей полупроводниковыми приборами (в серии «Академические чтения»). Л.: Наука, 1988. 116 с.**

В книге описаны новые принципы коммутации, позволившие увеличить мощность, коммутируемую полупроводниковыми приборами в микросекундном диапазоне, почти на порядок, в наносекундном диапазоне — на 3 и в пикосекундном диапазоне — на 4 порядка. Освещена коммутация с помощью управляющего плазменного слоя (в реверсивно-включаемом диодисторе, реверсивно-управляемом транзисторе и в дрейфовом диоде с резким восстановлением). Обсуждается коммутация с помощью задержанной ударно-ионизационной волны в полупроводниках. Даны физические основы формирования такой волны; представлены приборы на основе соответствующего принципа коммутации (диодные, триодные и тиристорные обострители импульсов). Рассмотрены коммутаторы и генераторы микро-, нано- и пикосекундного диапазонов.

---

**Гассанов Л. Г., Липатов А. А., Марков В. В., Могиляченко Н. А. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи. М.: Радио и связь, 1988. 288 с.**

В книге изложены основополагающие сведения о твердотельных приборах и устройствах СВЧ, используемых в аппаратуре связи. Описаны особенности систем СВЧ связи, определены требования к соответствующим устройствам. Представлены пассивные элементы и узлы твердотельных устройств СВЧ. Даны общие характеристики активных элементов — полупроводниковых диодов, биполярных транзисторов и полевых транзисторов (как одно-, так и двухзатворных). Обсуждаются полупроводниковые управляющие устройства (выключатели на  $p-n$ -диодах, аттенюаторы на  $p-i-n$ -диодах, полупроводниковые фазовращатели). Рассмотрены генераторы и усилители мощности и умножители частоты; освещено применение генераторов на туннельных диодах, устройств — на лавинно-пролетных диодах, диодах Ганна и т. д. Обращено внимание на перспективные элементы твердотельных устройств, в том числе перспективные виды транзисторов (транзисторы на горячих электронах, гетероструктурные транзисторы, транзисторы с проникающей базой), приборы на поверхностных акустических волнах и др.). Значительное место отведено схемотехническим вопросам.

---

**Сальков Е. А. Основы полупроводниковой фотоэлектроники. Киев: Наукова думка, 1988. 280 с.**

На основе физико-вероятностных представлений о флуктуациях физических величин, определяющих свойства фотонного и электронного ансамблей, сформулированы основные научные принципы фотоэлектроники как науки об обнаружении слабых электромагнитных сигналов на фоне помех. Даны общие сведения о случайных процессах, статистической термодинамике электронов и фотонов и теории флуктуаций. Описаны физические свойства излучения, а также движение электронов в кристаллах, в частности в полупроводниках. Значительное место отведено неравновесным электронным процессам. Освещены особенности

генерации и рекомбинации электронов и дырок в полупроводниках, в том числе генерация через экситонные состояния, внутренний фотоэффект, статистика рекомбинации через донор-акцепторные пары, прилипание неравновесных носителей. Анализируются поведение электронов и дырок в условиях пространственной неоднородности, в частности двойная инжекция, диффузия и дрейф оптической информации, спектральные характеристики фотопроводимости. Специальная глава посвящена порогу чувствительности и шумам. Рассмотрены шумы в полупроводниковых фотоприемниках: генерационно-рекомбинационный шум собственного фотопроводника и шумы типа  $1/f$ .

---

**Вавилов В. С., Кекелидзе Н. П., Смирнов Л. С. Действие излучений на полупроводники.** М.: Наука, 1988. 192 с.

Книга, предназначенная для студентов и аспирантов, специализирующихся в области физики твердого тела, физики полупроводников и микроэлектроники, а также для инженеров и технологов, посвящена различным аспектам действия электромагнитных излучений, быстрых заряженных частиц и нейтронов на полупроводники (ПП). Даны общие представления о поглощении света ПП, фотоионизации и фотопроводимости, в том числе об ионизации при поглощении фотонов большой энергии (рентгеновского и гамма-излучения). Рассмотрены фотоэлектронная эмиссия и вторично-электронная эмиссия. Описана ионизация в ПП при торможении заряженных частиц и гамма-квантов (в частности, анализируются механизмы потерь заряженными частицами). Освещены природа и механизмы возникновения радиационных дефектов под действием гамма-излучения, а также нейтронов и заряженных частиц. Специальная глава посвящена подпороговому дефектообразованию (экситонному, электронно-дырочному, примесно-ионизационному и др.). Изучены энергетический спектр и природа некоторых радиационных дефектов; представлены экспериментальные методы их исследования (ЭПР, емкостная спектроскопия, аннигиляция позитронов). Значительное место отведено ионной имплантации, а также лазерному отжигу. Обсуждаются трансмутационное легирование ПП, а также радиационные дефекты в соединениях  $A^{III}B^V$ .

---

**Пекар С. И. Избранные труды.** Киев: Наукова думка, 1988. 512 с.

В книге представлены основополагающие работы С. И. Пекара по различным вопросам физики: значительная часть из них посвящена физике полупроводников. Дан краткий очерк о жизни и научной деятельности С. И. Пекара. Представлена теория поляронов как для классической, так и для квантовой ситуаций; описано влияние поляронного эффекта на термодинамику электронов проводимости в полупроводниках. Изложена теория электромагнитных волн в кристалле с экситонами; изучается дисперсия света в области экситонного поглощения. На основании анализа пространственной дисперсии в области экситонного резонанса развита теория добавочных световых волн. Исследованы примесный фотоэффект, подвижность и эффект Холла с учетом поля заряженных примесей, а также ВАХ полупроводника с электрон-фононной связью, пропорциональной приложенному полю. Рассмотрены усиление звука в полупроводниках, теория поляронов в многодолинных кристаллах, самофокусировка света в средах с нелинейной поляризуемостью. Кроме того, в сборнике представлены работы по физике  $F$ -центров, физике сильно возбужденных газов и химических лазеров.

---

**Современные проблемы физической химии поверхности полупроводников.** Сб. науч. тр. / Под ред. А. В. Ржанова, С. М. Репинского. Новосибирск: Наука, 1988. 240 с.

Книга содержит ряд оригинальных обзоров, посвященных проблемам термодинамики, кинетики и строения поверхности полупроводников. Даны сведения о строении и свойствах поверхностных фаз на поверхности кремния ( $Si-Me$ ,  $Si$  — металлострой) как двумерных образований конечной толщины; систематизирован экспериментальный материал, практически важный для разработки высоковакуумных методов молекулярно-лучевой эпитаксии. Рас-



смотрены свойства поверхности соединений  $A^{III}B^V$  и физико-химические процессы на границе раздела  $A^{III}B^V$ —металл; анализируются как результаты расчета электронных спектров поверхности, так и природа барьеров Шоттки, а также адсорбционные и термодинамические данные. Изучена химическая кинетика роста слоев диэлектриков; изложена теория этого процесса в представлении многостадийной и многомаршрутной реакции. Освещены принципы моделирования процессов осаждения диэлектрических слоев из газовой фазы в реакторах пониженного давления. Значительное место отведено гетерогенным реакциям в процессах газового и ионно-плазменного травления кремния. Описаны оборудование и принципы сухого травления, технологические аспекты. Развита кинетический подход к анализу механизма реакций химического травления, а также травления, стимулированного ионами и лазерным излучением.

---

Гяббе Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 518 с.

Книга является первой в мировой литературе монографией по оптической бистабильности (ОБ) и ее применениям. Значительное место отведено проявлению ОБ в полупроводниках. Описаны тепловая бистабильность в ZnS, ZnSe, GaAs, Si и использование ZnS и ZnSe в интерференционных фильтрах. Анализируется ОБ, обусловленная резонансной нелинейностью в GaAs; представлено устройство на основе сверхрешеток GaAs—AlGaAs. Специальный раздел посвящен ОБ в CdS. Освещены особенности проявления ОБ в ряде других полупроводников (Te, CdS, SbIn, CuCl, InAs, CdHgTe, GaSe). Обсуждаются сравнительные возможности оптических переключающих устройств относительно устройств, изготовленных по другим технологиям. Рассмотрены характеристики сред с нелинейным показателем преломления, в частности нелинейная рефракция при заполнении зоны (InSb, InAs), нелинейная рефракция при экситонном резонансе (GaAs, CdS), многочастичная ОБ, нелинейная рефракция электронно-дырочной плазмы ( $Hg_{1-x}Cd_xTe$ ). Кроме того, книга содержит материалы, посвященные общим вопросам ОБ, оптическому переключению, неустойчивостям в системах с ОБ и др.

---

Вул Б. М. Избранные труды. Физика диэлектриков и полупроводников. М.: Наука, 1988. 372 с.

Книга содержит избранные труды академика Б. М. Вула, значительная часть которых посвящена физике полупроводников. Рассмотрен вопрос о емкости переходных слоев в полупроводниках; представлены результаты анализа дифференциальной емкости  $p$ — $n$ -переходов, в том числе при гелиевых температурах. Выполнено подробное исследование лавинного пробоя и туннельного эффекта в полупроводниках; показано, что причиной пробоя в  $p$ — $n$ -переходах обычно является лавинный пробой: лишь в тонких образцах рост тока в сильных полях может быть обусловлен туннельным эффектом. Описано проявление ударной ионизации примесей при гелиевых температурах. Даны сведения о полупроводниковых лазерах на основе GaAs, а также о ряде электрических и оптических свойств GaAs. Группа работ посвящена изучению электропроводности компенсированных полупроводников (основные исследования проведены на  $n$ -GaAs, описан переход Мотта в компенсированном GaAs). Значительное место отведено исследованиям приповерхностных явлений (в частности, на поверхностях скола Ge и в бикристаллах Ge), а также двумерных систем. Кроме того, в книге представлены работы, посвященные физике диэлектриков.

---

Барабин А. П., Булавинов В. В., Коворов П. П. Электроника слоев  $SiO_2$  на кремнии. Л.: изд-во ЛГУ, 1988. 304 с.

В книге обобщаются результаты исследований электронных процессов и физических свойств структур Si— $SiO_2$ . Освещены методы получения слоев  $SiO_2$  на Si и электрофизические характеристики структур Si— $SiO_2$ ; описаны их атомное строение и электронная

энергетическая структура (в частности, структура дефектов в слоях  $\text{SiO}_2$ ). Изучены инжекция носителей заряда в структурах  $\text{SiO}_2$ , в том числе фотоинжекция и оптическая генерация, полевая инжекция, лавинная инжекция и перенос носителей на границе электролит— $\text{SiO}_2$ . Проанализированы процессы переноса и разогрева носителей в слоях  $\text{SiO}_2$ , а также захвата электронов и дырок в слоях  $\text{SiO}_2$ . Представлены методы определения параметров ловушек. Обсуждается люминесценция слоев  $\text{SiO}_2$ , в частности электролюминесценция структур  $\text{Si—SiO}_2$  в системе электролит—диэлектрик—полупроводник, спектральное распределение и механизм возбуждения электролюминесценции, природа центров люминесценции и механизм их высветивания, использование люминесценции для изучения состава и строения слоев  $\text{SiO}_2$ . Специальная глава посвящена процессам полевой деградации структур  $\text{Si—SiO}_2$ . Рассмотрены изменение энергетического распределения и плотности поверхностных состояний в процессе деградации, изменение зарядового состояния оксидного слоя, влияние сильных электрических полей на генерационные процессы, изменение проводимости оксидного слоя при полевых воздействиях и физические механизмы процессов полевой деградации. Библиография насчитывает 640 наименований.

---

**Сложные полупроводники. Кишинев: Штиинца, 1988. 164 с.**

В книге, освещающей широкий круг вопросов, связанных с получением, исследованием и использованием ряда полупроводниковых соединений, представлены результаты изучения тройных магнитных полупроводников со структурой шпинели; описаны кинетика роста и физико-химические свойства монокристаллов  $\text{CdCr}_2\text{Se}_4$ , отрицательное дифференциальное сопротивление и эффект переклужения, электрические и магнитные свойства селенохромиды меди, влияние нестехиометрии на магнитные свойства и т. д. Изложены сведения, относящиеся к тройным соединениям  $\text{Al}^{\text{IV}}\text{V}^{\text{III}}\text{CVI}$  (методы роста монокристаллов, оптические свойства: краевое поглощение, межзонные оптические переходы, процессы излучательной рекомбинации). Обсуждаются получение и применение тройных халькогенидов молибдена. Изучаются свойства узкозонных полупроводников  $\text{Al}^{\text{IV}}\text{BV}$  и их твердых растворов ( $\text{CdA CdSb, ZnAs, CdP}$ ), в том числе электрические параметры, явления переноса, осцилляции Шубникова—де-Гааза и магнетофононные осцилляции, спонтанное и вынужденное излучение. Специальная глава посвящена  $\text{InP}$  и структурам на его основе; описаны излучательные свойства ионно-легированных слоев, исследование неоднородностей и глубоких центров, генерационно-рекомбинационные процессы в гетеропереходах. Рассмотрены гибридные структуры на основе  $\text{ZnTe}$  и  $\text{CdTe}$  (физические процессы в них, влияние условий получения на эпитаксиальный рост пленок, электрические параметры гетеропереходов и др.).

---

**Фосфид индия в полупроводниковой электронике / Под ред. С. Н. Радауцана. Кишинев: Штиинца, 1988. 294 с.**

Данный сборник научных работ содержит результаты исследований и практического применения  $\text{InP}$ . Освещены достижения в области технологии получения объемных монокристаллов; особое внимание уделено полуизолирующему  $\text{InP}$ , легированному Fe. Значительное место отведено технологии эпитаксиального роста тонких слоев, процессам диффузии, вопросам полной имплантации. Исследованы различные свойства материалов и структур на их основе: свойства контактов металл— $\text{InP}$  и устойчивость барьеров Шоттки, природа радиационных дефектов в  $\text{InP}$  и т. д. Описаны подвижность электронов в  $\text{InP}$ , электрические характеристики  $\text{InP}:\text{Zn}$ , рассеяние света свободными электронами и фонон-плазменные колебания в  $\text{InP}$  и твердых растворах  $\text{Ga—In—P}$ , квантовые поправки к проводимости в магнитном поле и отрицательное магнитосопротивление в  $n\text{-InP}$ . Ряд статей посвящен конкретным применениям  $\text{InP}$ : обсуждаются перспективы использования  $\text{InP}$  в полупроводниковой электронике СВЧ, особенности полевых приборов на основе  $\text{InP}$ , неселективные фотоприемники на основе ПДП структуры  $\text{InP—SiO}_2\text{—InAs}$ , полевые транзисторы с барьером Шоттки на эпитаксиальных структурах  $\text{InP}$  и т. д.