

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

НОВЫЕ КНИГИ ПО ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Козуб В. И.

Ninth international conference on noise in physical systems (including $1/f$ noise and noise in biological systems and membranes) / Ed. by C. M. Van Vliet. Singapore, etc.: World Scientific, 1987. 618 p.

Книга содержит материалы IX Международной конференции по шумам в физических системах (включая $1/f$ -шум и шумы в биологических системах и мембранах), состоявшейся в 1987 г. в Монреале. Значительная часть этих материалов посвящена шумам в полупроводниках и приборах на их основе. Описаны шумовая спектроскопия глубоких уровней в гетероструктурах GaAs—AlGaAs и шумовая спектроскопия ловушек в тонких ионно-имплантированных поликристаллических пленках Si, генерационно-рекомбинационный шум в гетероструктурах в режиме насыщения скорости. Ряд сообщений посвящен системам горячих носителей, в том числе горячим носителям у границ раздела гетероструктур GaAs—AlGaAs, корреляции и диффузии в системе горячих носителей, шумам горячих электронов в GaAs и InP при 80 К и др. Специальный раздел посвящен шумам в двумерных системах и шумам в условиях квантового эффекта Холла. Значительное место отведено шумам в конкретных устройствах. Исследованы детерминированные шумы в фотопроводниках, влияние зонной структуры на шумовые характеристики лавинных фотодиодов на основе $Hg_{1-x}Cd_xTe$, шумовые свойства лавинных диодов на основе сверхрешеток InGaAs/AlInAs, поверхностные шумы в устройстве на основе GaAs, низкочастотные шумы в гетероконтактах GaAs. Широко представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований $1/f$ -шумов в полупроводниках, в том числе в полевых транзисторах на основе Si, в длинных кремниевых $p-i-n$ -диодах, в диодах на основе HgCdTe. Анализируется $1/f$ -шум тока затвора в МДП транзисторах на основе GaAs, в лавинных фотодиодах на основе $Hg_{0.56}Cd_{0.44}Te$ и в некоторых других устройствах. Сообщается также о наблюдении вклада в низкочастотные шумы отдельных ловушек в МДП структурах и об использовании флуктуаций для изучения горячих электронов в милликельвиновском диапазоне температур. Кроме того, сборник содержит материалы, посвященные общей теории флуктуаций, квантовым шумам, шумам в биологических мембранах, квантовым $1/f$ -шумам, флуктуациям сопротивления металлов и новым экспериментальным методам.

Heterojunction band discontinuities. Physics and device application / Ed. by F. Capasso, G. Margaritondo. Amsterdam: North-Holland, 1987. 452 p.

В книге освещаются достижения в области теоретических и экспериментальных исследований гетероконтактов (ГК) за последние 10 лет. Дан обзор теории зонной структуры ГК. Представлены результаты определения параметров указанной структуры исходя из соответствующих экспериментальных данных (по кинетическим явлениям, оптическим измерениям, измерениям фотоэмиссии). Описаны основные тенденции в исследовании ГК. Согласно результатам рентгеновской фотоэмиссионной спектроскопии, изучается влияние поверхности раздела на параметры зонной структуры. Приведены данные измерений зонных особенностей с помощью оптических методов; сообщается о прямых оптических измерениях «скачков» валентной зоны в ГК GaAs/Al_xGa_{1-x}As. Изложены также результаты измерений изгиба зон

с помощью емкостных методов и в рамках спектроскопии пространственного заряда. Значительное место отведено техническим аспектам, связанным с приготовлением зонной структуры, обладающей заданными свойствами. Обсуждаются современное состояние теории явлений переноса в ГК, инжекция горячих носителей в ГК и устройства, использующие резонансное туннелирование. Рассмотрены физика лазеров с квантовыми ямами, а также явления, связанные с экситонами, локализованными в квантовых ямах, и возможности технического применения последних.

Christopher M. Snowden. Introduction to semiconductor device modeling. Singapore: World Scientific, 1986. 222 p.

В книге приведены подробный обзор методов моделирования полупроводниковых устройств, основные уравнения, описывающие явления переноса в полупроводниках (уравнение Больцмана, гидродинамические уравнения и др.); обсуждаются граничные условия к ним, а также процессы генерации и рекомбинации носителей. Освещены методы решения указанных уравнений и аналитические модели замкнутого вида (применительно к $p-n$ -переходу, полевому и МДП транзисторам). Описано численное решение в рамках метода конечных разностей. Представлены методы конечных элементов, в частности метод Галеркина. Даны квазиклассические уравнения переноса для описания горячих электронов. Специальная глава посвящена численному моделированию устройств на основе гетероконтактов (в том числе транзисторов с высокой подвижностью, биполярных транзисторов с гетероконтактом и др.). Значительное место отведено методу Монте-Карло (в частности, моделированию механизмов рассеяния). Рассмотрены некоторые квантово-механические эффекты в квантовых структурах.

Хаджи П. И., Шибаршина Г. Д., Ротару А. Х. Оптическая бистабильность в системе когерентных экситонов и биэкситонов в полупроводниках. Кишинев: Штинца, 1988. 121 с.

Книга содержит результаты теоретических исследований оптической бистабильности (ОБ) в полупроводниках в экситонной области спектра. Представлены гамильтониан и основные уравнения, описывающие систему. Обсуждаются гистерезис типа плотность—свет и пространственное распределение экситонов и поля в кристалле, а также эффект нелинейного просветления кристалла в экситонной области спектра (ЭОС). Изучены гистерезис типа свет—свет, бистабильность в отражении света и ОБ при учете нелинейного затухания. Значительное внимание уделено ОБ в системе когерентных экситонов и биэкситонов. Описана ОБ в области M -полосы люминесценции (ОМП), ОБ с учетом переходов в ЭОС и ОМП под действием фотонов одного и того же импульса, ОБ с учетом перехода в ЭОС и ОМП под действием фотонов двух различных импульсов. Рассмотрены ОБ в условиях двухфотонного возбуждения биэкситонов, а также ОБ при одновременном участии переходов в ЭОС, ОМП и двухфотонного возбуждения биэкситонов.

Тележкин В. А. Теория радиационных эффектов в полупроводниках. Киев: Наукова думка, 1988. 132 с.

Изложены оригинальные результаты, полученные автором в области многоэлектронной теории глубоких примесных центров в неметаллических материалах (применительно к случаю полупроводников). Даны строгая постановка задачи о дефекте в кристалле, а также различные приближения (адиабатическое приближение, методы самосогласованного поля и др.). Подробно описан метод функций Грина (в том числе разобраны случаи вырожденных возмущений, кластерное приближение, введение возмущающего потенциала дефекта, основное состояние и возбуждения электронной подсистемы, эффективный потенциал). Освещена элек-

тронная структура дефектов: сильно и слабо связанные электроны, локализованные функции и оценка матричных элементов, методы рассеянных волн и квазимолекулярной ячейки, кластерные расчеты. Обсуждаются адиабатический потенциал, равновесное положение ядер и изменения колебательного спектра, вызванные дефектом; рассмотрены методы молекулярной динамики. Проанализированы различные процессы радиационного дефектообразования (в основном подпорогового) и связанные с ними проблемы.

Основы оптоэлектроники. Пер. с японск. / Под ред. К. М. Голанта. М.: Мир, 1988. 288 с.

Второй том одиннадцатитомной серии по микроэлектронике написан японскими специалистами, значительное внимание уделившими полупроводниковым устройствам. Изложены физические основы функционирования оптических устройств. Освещены явления поглощения и излучения света (главным образом на примере полупроводников), внутренний фотоэффект и фотогальванический эффект, электро- и магнитооптические эффекты. Описаны принципы действия различных оптических приборов (полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов, фотоприемников); представлены соответствующие модуляционные, частотные и шумовые характеристики. Рассмотрено преобразование неэлектрических величин в электрический сигнал, и наоборот, причем упор сделан на полупроводниковые датчики и преобразователи. Дан краткий обзор различных запоминающих устройств с зарядовой связью. Обсуждены компоненты фокусирующих систем, световоды, дисплеи и индикаторы.

Disordered semiconductors / Ed. by M. A. Kastner, G. A. Thomas, S. R. Ovshinsky. N. Y.: Plenum Press, 1987. 778 p.

В книгу включено 75 оригинальных работ, выполненных ведущими специалистами в области неупорядоченных полупроводников. Значительное число работ (16) посвящено переходу металл—диэлектрик: освещены вопросы, связанные со свойствами примесных зон в Ge и Si, критическими явлениями, магнитными свойствами доноров и акцепторов в Si, аномалиями низкочастотной проводимости в сильно неупорядоченных полупроводниках, влиянием давления на фоновые спектры и состоянием в запрещенной зоне.

Изучены многочисленные оптические и электрические явления в аморфных халькогенидных полупроводниках, в частности фотоиндуцированные и радиационно-индуцированные структурные переходы в халькогенидах As, фотоиндуцированные парамагнитные состояния, поляризационная память фотолюминесценции и фотоиндуцированная оптическая анизотропия в халькогенидных стеклах, нестационарные процессы в контактах Al— α -As₂Se₃. Проанализированы структура и характер связей в аморфных полупроводниках; при этом представлены данные, полученные рентгеновскими и оптическими методами, методом спектроскопической эллипсометрии. Специальный раздел посвящен переходным процессам, фотовозбуждению и спиновым явлениям в тетраэдрических аморфных полупроводниках (α -Si : H). Исследовались пикосекундная модуляция захвата носителей, фотолюминесценция из зонных хвостов, процессы рекомбинации, корреляционная энергия, дефекты и т. д. Описаны также различные методы приготовления и характеристики тетраэдрических аморфных полупроводников. Подробно обсуждаются явления в многослойных структурах и у границ раздела (резонансное туннелирование, остаточная фотопроводимость, кинетика рекомбинации, влияние зонных хвостов на электрические поля в солнечных элементах). Изучены вопросы устойчивости α -Si, в том числе движение атомов H и эффект Стаблера—Вронского, фотоиндуцированная деградация, формирование дефектов и их отжиг, переход из аморфного состояния в кристаллическое. Рассмотрен ряд теоретических моделей для описания электронных свойств аморфных полупроводников (теория ковалентных аморфных полупроводников, модель хвостов плотности состояний, теории локализации, статический сдвиг энергии Ферми, влияние беспорядка на формирование и движение полярона малого радиуса).

Сборник, составленный из обзорных статей, написанных американскими и японскими специалистами, содержит разнообразную информацию о свойствах, технологии изготовления и применениях GaAs и структур на его основе, отвечающую самому современному уровню исследований. Освещены перспективы развития технологии интегральных схем на основе GaAs, а также методов приготовления GaAs (выращивание монокристаллов, прямая ионная имплантация, свойства подложки и активного слоя). Специальная глава посвящена границе раздела: описаны ее электронные свойства, структура, изучены вопросы воспроизводимости и стабильности. Анализируются ограничения, накладываемые границами раздела на архитектуру полевых транзисторов с затворами Шоттки и МДП транзисторов (разбираются конкретные модели транзисторов, химические реакции между металлами и соединениями $A^{III}B^V$, поверхностные и межфазные свойства тройных и четверных соединений $A^{III}B^V$, нестабильность характеристик полевых МДП транзисторов). Описаны интегральные схемы (ИС) СВЧ диапазона на GaAs (основы технологии изготовления, принципы разработки и применения). Рассмотрены перспективы использования цифровых ИС на GaAs с высоким быстродействием, в частности цифровые ИС на биполярных транзисторах. Даны сведения о селективно-легированном гетероструктурном транзисторе (материалы, приборы, схемы). Отражены вопросы, относящиеся к монтажу и корпусированию цифровых ИС, а также СБИС на GaAs для быстродействующих ЭВМ. Подробно обсуждаются радиационные дефекты в ИС на GaAs — механизмы нарушения, деградация приборных характеристик при облучении быстрыми нейтронами, эффекты суммарной дозы радиации, переходные процессы и моделирование отказов логических ИС, характеристики отжига дефектов и перспективы создания радиационно-стойких ИС.

Чернышев А. А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 1988. 256 с.

На основе современных физических представлений в книге анализируются вопросы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС). Даны основы теории надежности; описаны виды внешних воздействий и их классификация. Освещена роль механических воздействий, в частности реакция конструктивных элементов приборов на механические нагрузки, влияние вибрационных воздействий, ударные воздействия. Рассмотрены климатические воздействия и роль агрессивной среды (воздействие пониженных и повышенных температур, влажности и биологической среды, пониженного и повышенного давления). Кратко описано радиационное воздействие на электрофизические параметры исходных материалов и на параметры полупроводниковых приборов. Специальная глава посвящена воздействию технологических факторов на полупроводниковые приборы и ИМС, таких как процессы обработки, очистка поверхности, эпитаксия и фотолитография, диффузия и имплантация. Изучено также воздействие технологических и природных факторов на использование аппаратуры, в частности воздействие статического электричества и тепловых режимов. Разбираются виды и механизмы отказов полупроводниковых приборов и ИМС (в том числе электромиграция, коррозия, пробой, эффект горячих носителей, действие нагрузок и радиационное воздействие). Рассмотрены виды испытаний на надежность, прогнозирование надежности и диагностика. Обсуждаются организационные особенности обеспечения надежной работы полупроводниковых приборов и ИМС в аппаратуре.

Современные проблемы полупроводниковой фотоэнергетики / Под ред. Т. Коутса, Дж. Микина. Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 307 с.

В коллективной монографии ученых из Великобритании, США и Японии в систематизированном виде представлены наиболее важные результаты исследований в области солнечных элементов (СЭ) на основе полупроводниковых материалов. Кратко изложена теория гетеропереходов (ГП), освещены преимущества и недостатки СЭ с ГП. Анализируются формирование потенциального барьера в ГП, контактные явления, конкретные виды ГП и их модели, а также каскадные СЭ. Описаны тонкопленочные СЭ на основе трех компонентных соединений

меди со структурой халькопирита. Приведены результаты изучения химического состава и структуры таких соединений. Освещены методы получения монокристаллов и тонких пленок, оптоэлектронные свойства, конструкции СЭ и свойства поверхности раздела ГП на основе CuInSe_2 . Значительное место отведено СЭ из тонких пленок аморфного Si. Рассмотрены особенности α -Si и его преимущества при создании СЭ, основные параметры электронной структуры, роль электростатического поля в возникновении фотоэффекта и для повышения эффективности СЭ. Специальная глава посвящена усовершенствованию СЭ, предназначенных для работы с концентрированным излучением. Даны обзор разработок таких СЭ, характерные особенности СЭ при концентрированном излучении; описаны конкретные каскадные элементы с КПД, превышающим 30 %, и системы с концентрированным излучением. Обсуждаются СЭ на основе CdS и Cu_2S .

Гваргизов Е. И. Искусственная эпитаксия — перспективная технология элементной базы микроэлектроники. М.: Наука, 1988. 176 с.

На основе современных представлений о физике кристаллизации обобщены результаты многочисленных исследований в области ориентированной кристаллизации на аморфных подложках. Даны основные сведения о росте кристаллов, а также об искусственной эпитаксии (ИЭ) — графоэпитаксии. Изложены история проблемы, общие принципы ИЭ, некоторые методы кристаллизации пленок, родственные ИЭ. Изучены механизмы ориентации при ИЭ. Освещены другие методы ориентированной кристаллизации пленок на аморфных подложках: «боковая» эпитаксия, перенос выращенных пластинок на инородную подложку, кристаллизация при подаче вещества к торцу растущей пленки и кристаллизация от локальной затравки, реаксия и квазиреаксия. Обсуждаются альтернативные методы создания кремниевых структур на изоляторах. При этом описаны усовершенствованные методы получения пленок Si на сапфире, гетероэпитаксиальные многослойные структуры, имплантация ионов, образующих изолирующую прослойку, и электрохимический подход. Рассмотрены перспективы применения полупроводниковых пленок на изолирующих подложках в микроэлектронике (улучшение характеристик ИС и удешевление их производства, трехмерные ИС и др.).

Picosecond electronics and optoelectronics II. Springer series in Electronics and Photonics. 24. Proceedings of the second OSA IEEE (LEOS) (Incline Villaye, Nevada, 1987) / Ed. by F. J. Leonberger, C. H. Lee, F. Capasso, H. Morkos. Berlin, etc.: Springer-Verlag, 1987. 290 p.

Книга содержит материалы совещания по пикосекундной электронике и оптоэлектронике, состоявшегося в 1987 г. в Неваде (США). Освещены последние достижения в области контролируемых устройств со сверхвысоким временным разрешением (прежде всего для проверки работы различных интегральных схем). Представлены данные по нестационарным явлениям переноса (в том числе по горячим электронам в GaAs и структурах на его основе, а также по фемтосекундному электронному теплопереносу в пленках золота). Обсуждаются явления, связанные с баллистическим транспортом и с резонансным туннелированием. Специальная глава посвящена квантовым ямам. Значительное место отведено конкретным сверхбыстродействующим электронным устройствам. Изложены особенности молекулярно-лучевой эпитаксии для таких устройств; описаны различные переключающие устройства, транзисторы с модулированным легированием и транзисторы с высокой электронной подвижностью и др. Рассмотрены быстродействующие лазеры и оптические детекторы, фотопроводящие переключающие устройства (прежде всего на кремнии), а также оптические микроволновые устройства.

Moreau W. M. Semiconductor, lithography. Principles, practices and materials (in: Microdevices: Physics and fabrication technologies). N. Y.: Plenum Press, 1988. 932 p.

Книга содержит подробный обзор современной технологии литографии микронного масштаба применительно к Si. Даны общие представления об изготовлении полупроводниковых устройств, о литографии, об используемых материалах и оборудовании. Последовательно освещены позитивные и негативные фоторезисты как для оптического диапазона излучения, так и для рентгеновских, ионных и электронных пучков. Рассмотрены проблемы, связанные с подготовкой поверхности и с нанесением покрытий резистов (очистка поверхности, удаление загрязняющих веществ, хранение, изготовление отверстий в покрытиях). Обсуждаются процессы проявления и обработки резиста до и после экспозиции. Описаны особенности экспозиции в условиях использования как оптического излучения, так и рентгеновских, ионных и электронных пучков. Представлены аддитивные процессы, в которых резист используется как маска при осаждении или как материал для осаждения. Значительное место отведено травлению; анализируется жидкое, газофазное и плазменное травление применительно к Al и Si. Изучены различные методы удаления резиста. Специальные главы посвящены контролю осуществляемых процессов, в том числе тех, где не использован резист.

Madan A., Shaw M. P. The physics and applications of amorphous semiconductors. Boston etc.: Academ. Press, 1988. 546 p.

Книга, предназначенная для специалистов в области физической электроники, инженеров и студентов, посвящена свойствам и применению аморфных полупроводниковых материалов. Даны краткие характеристики стеклообразных и аморфных материалов. Подробно освещены оптоэлектронные свойства материалов на основе аморфного кремния (кинетика роста, структура и состав, плотность состояний, оптическое поглощение и электроперенос, фотопроводимость и люминесценция, особенности легирования и т. д.). Представлены основные применения указанных материалов: солнечные элементы, тонкопленочные транзисторы для дисплеев и др. Описаны методы характеристики и свойства (оптические и электрические) аморфных халькогенидных сплавов. Специальная глава посвящена эффектам переключения и устройствам памяти на основе халькогенидных сплавов: приведены модели порогового переключения. Обсуждается использование аморфных материалов в электрофотографии; изложены физическая картина явлений и параметры конкретных материалов. Рассмотрены элементы оптической памяти, основанные на эффектах оптической записи и считывания. Книга содержит богатую библиографию (более 800 наименований).

Ion implantation. Science and technology. Second edition / Ed. by J. F. Ziegler. Boston, etc. Academ. Press, 1988. 498 p.

Книга содержит обширный обзор физической картины, связанной с ионной имплантацией, а также конкретных технических методов и приборов. Изучены вопросы, связанные с торможением ионов в материале и их длиной пробега; представлены, в частности, расчеты сечения торможения на ядрах и электронах, а также машинные расчеты распределения длин пробега. Освещены нарушения, возникающие в процессе ионной имплантации в Si (первичные нарушения, реакции дефектов, тепловой отжиг, роль остаточных дефектов). Специальная глава посвящена отжигу и активации при различных уровнях имплантации. Анализируются электронная активность при высоких дозах имплантации, пределы низкоэнергетической и высокоэнергетической имплантации, твердотельные реакции на имплантированной поверхности, дефекты имплантации и эффект геттерирования, пути оптимизации отжига и методы быстрого отжига. Представлены различные методы характеристики имплантированных материалов, калибровки оборудования. Дан вводный обзор по ионным источникам; изучаются вопросы ионной оптики и фокусировки. Обсуждаются проблемы фоторезиста и загрязнения имплантированной поверхности. Рассмотрены также вопросы техники безопасности при ионной имплантации.

Данный том посвящен различным свойствам разбавленных магнитных полупроводников (РМП). Освещены их кристаллическая структура, состав, а также методы приготовления. Описан зонный спектр и оптические свойства (в частности, оптические свойства d -электронов) широкозонных сплавов $A_{1-x}^{II}Mn_xB^{VI}$ в отсутствие магнитного поля. Приведены результаты различных макроскопических исследований магнитных свойств (методами ЭПР, магнитной восприимчивости, теплоемкости и др.), а также данные нейтронных исследований магнитной структуры и ее динамики. Анализируются зонная структура и квантовые кинетические явления в узкозонных РМП (в частности, свойства двумерного электронного газа в $Hg_{1-x}Mn_xTe$ и $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$). Значительное внимание уделено магнитооптике как узкозонных, так и широкозонных РМП (разбираются теоретическое описание электронных состояний в узкозонных РМП, обменное расщепление основного состояния свободного экситона, результаты детальных исследований магнитопоглощения экситонными состояниями и др.). Изучаются особенности проявления мелких акцепторов в РМП: обменное расщепление, прыжковая проводимость, отрицательное магнитосопротивление, резонансные явления. Специальная глава посвящена рамановскому рассеянию, причем обсуждаются рассеяние на колебательных и магнитных возбуждениях, а также колебательные электронные и магнитные состояния в сверхрешетках. Представлена теория связанных магнитных поляронов в полумагнитных полупроводниках.

19 International Conference on the Physics of Semiconductors (Warsaw, Poland, Aug. 15—19, 1988). V. 1 / Ed. by W. Zawadzki. Warsaw: Polish. Acad. Sci., 1988. 834 p.

Книга содержит материалы 19-й Международной конференции по физике полупроводников, состоявшейся в 1988 г. в Варшаве. Данный том практически полностью посвящен системам с пониженной размерностью. Представлены результаты, относящиеся к общему случаю низкоразмерных систем (с размерностью 0, 1 и 2), но прежде всего — к одномерным и квазиодномерным структурам; в частности, анализируются баллистический электроперенос в 2-мерном электронном газе с сужением, квантование баллистического сопротивления в 1-мерных структурах, локализация и контактная в мезоскопических системах. В специальной главе освещаются многочастичные эффекты в 2-мерных системах, в том числе аспекты, связанные с дробным квантовым эффектом Холла, свойства электронно-дырочной плазмы в квантовых ямах и др. Изложены особенности квантового эффекта Холла и детали поведения плотности состояний в 2-мерных системах. Значительное место отведено квантовым ямам на основе соединений $A^{III}B^V$; изучены соответствующая им электронная структура, оптические и магнитооптические характеристики, различные кинетические явления; рассматриваются также сверхрешетки на основе $A^{III}B^V$. Подробно исследовано поведение экситонов в 2-мерных системах, линейные и нелинейные оптические явления, эффекты локализации, электронно-дырочная плазма в 2-мерной структуре. В ряде сообщений представлены данные для 2-мерных структур на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$, $A^{II}B^{VI}$. Анализируются характеристики изгиба зон вблизи гетерограниц. Изложены результаты, относящиеся к границам раздела полупроводник—полупроводник, а также к свойствам структур металл—полупроводник (в том числе вопросы формирования и устойчивости, структурные и электронные свойства, методы изучения). Обсуждаются свойства поверхности, а также явления, связанные с адсорбцией и травлением. Исследованы некоторые явления, обусловленные фононами в 2-мерных системах и структурах квантовых ям. Кроме того, в данный том включены пленочные доклады, посвященные атомной структуре поверхности, спектроскопии в режиме квантового эффекта Холла, молекулярно-пучковой эпитаксии и физике дефектов в интегральных схемах со сверхвысокой степенью интеграции.

19 International Conference on the physics of semiconductors (Warsaw, Poland, Aug. 15—19, 1988). V. 2 / Ed. by W. Zawadzki. Warsaw: Polish. Acad. Sci., 1988. 837 p.

В данный том включены сообщения, относящиеся к свойствам объемных материалов. Подробно анализируется электронная структура (как расчетные данные, так и данные мно-

гочисленных экспериментов, полученные с помощью оптических, ИК и иных методов). Значительное внимание уделено глубоким уровням и дефектам. Представлены теория глубоких уровней, результаты расчетов энергетических уровней для ряда конкретных систем, а также экспериментальные данные по изучению люминесценции, емкостной спектроскопии и т. д. Изучаются диффузия и взаимодействие дефектов, захват и испускание носителей дефектами, ионизация дефектов и другие вопросы. Специальная глава посвящена водороду в полупроводниках с тетрагональной координацией, в том числе в кристаллических Si, GaAs. Рассмотрены вопросы, связанные с локализацией и прыжковой проводимостью. В ряде сообщений исследуются резонансные состояния [в частности, аспекты, связанные со сверхпроводимостью в твердых растворах $(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{Te}:\text{In}$], а также свойства мелких примесей. Определенное внимание уделено экситонам в объеме. Обсуждается поведение полупроводников при высоких уровнях возбуждения, например в фемтосекундном диапазоне. Представлены результаты исследований явлений, связанных с горячими электронами, а также явлений, обусловленных фононами и электрон-фононным взаимодействием. Анализируются особенности полумагнитных материалов. Приведены сообщения по изучению состояния дефектов в аморфных полупроводниках (в основном $\alpha\text{-Si}:\text{H}$). В нескольких сообщениях рассматриваются свойства высокотемпературных сверхпроводников.

Semiconductor heterostructures: Physical processes and applications / Ed. by Zh. I. Alferov. Moscow: MIR Publ., 1989. 284 p.

Книга представляет собой сборник работ советских авторов, посвященный приготовлению, исследованию и использованию полупроводниковых гетероструктур (ПГС). Дан краткий обзор применений ПГС в электронике. Освещены важнейшие электрические и фотоэлектрические свойства ПГС (зонные диаграммы, протекание тока, особенности фотоотклика и т. д.). Изучена излучательная рекомбинация в ПГС на основе соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, полученных методом жидкостной эпитаксии; представлены преобразователи солнечной энергии на основе ПГС. Особое внимание уделено полупроводниковым лазерам. Разобраны вопросы о коэффициенте усиления в прямозонных полупроводниках и пороговых характеристиках в лазерах с тонкой активной областью. Описаны гетероструктуры с согласованной структурой решетки на основе четверных сплавов $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$. Значительное место отведено применению ПГС. Рассмотрены конструкции диодов, транзисторов и тиристоров на основе ПГС и особенности использования ПГС в микроэлектронике. Обсуждаются неидеальные ПГС и возможности их применения, а также методы анализа характеристик ПГС.

Amorphous silicon and related materials. V. A. Adv. in disordered semiconductors. V. 1 Ed. by H. Fritzsche. Singapore: World Scientific, 1989. 718 p.

Книга содержит серию статей, отражающих современное развитие понимания физики гидрогенизированного аморфного кремния. Подробно освещены аспекты, связанные со структурой: структурные неоднородности в аморфных гидрогенизированных полупроводниках, локальная структура легирующих примесей, микропоры, методы изучения структуры с помощью малоуглового рассеяния. Описаны плазменное осаждение аморфного и кристаллического Si (влияние водорода на рост, структурные и электрические свойства), а также термодинамические и кинетические свойства $\alpha\text{-Si}$, полученного с помощью ионной имплантации. Основное место в данном томе отведено дефектам и их динамике. Анализируются равновесные дефекты в $\alpha\text{-Si}$, формирование метастабильных дефектов в $\alpha\text{-Si}:\text{H}$ за счет особенностей кинетики носителей, плотность состояний в щели, приповерхностные электронные свойства. Дана модель «водородного стекла»; разбирается применение концепции «объединения дефектов» для описания метастабильных и стабильных дефектов. Представлены результаты исследований глубоких дефектов с помощью нестационарной фотоемкостной спектроскопии, исследований состояний в щели с помощью фотомодуляционной спектроскопии, а также определения плотности состояний с помощью метода термостимулированного тока. Обсуждаются природа и микроскопическая структура дефектов в $\alpha\text{-Si}:\text{H}$ и аналогичных материалах, рекомбинационные процессы и их связь с природой состояний в «хвосте» и в запрещенной зоне

в α -Si : H и многослойной структуре α -Si : H/ α -Si_x : H. Рассмотрены природа дефектов в пленках аморфных сплавов на основе Si, оптически и термически индуцированные изменения состояний в щели и метастабильные дефекты в α -Si : H, обусловленные электронным облучением.

Amorphous silicon and related materials. V. B. Adv. in disordered semiconductors. V. 1 / Ed. by H. Fritzsche. Singapore: World Scientific, 1989. 721 p.

Данный том двухтомной серии, посвященной гидрогенизированному аморфному кремнию и аналогичным материалам, содержит сведения, относящиеся к электропереносу и рекомбинации, аморфным сплавам Si—Ge, а также поверхностям раздела и многослойным структурам. Описаны взаимодействие состояний в «хвосте» и его влияние на явления переноса, рекомбинация в α -Si : H (в частности, насыщение фотолюминесценции под действием электрических полей и температуры), фотолюминесценция в пленках и многослойных структурах на основе α -Si : H. С помощью метода нестационарной фотопроводимости изучены локализованные состояния; представлены результаты исследований дрейфовой подвижности в сильно неравновесной ситуации, оптические исследования в пикосекундном диапазоне электропереноса в многослойных аморфных структурах, а также результаты определения длины амбиполярной диффузии. Освещены оптоэлектронные свойства и распределение состояний в щели в сплавах α -Si, Ge и фотолюминесценция в таких сплавах. Обсуждаются дифференциальная спектроскопия поглощения в структурах квантовых ям на основе α -Si, рост и структура поверхностей раздела в многослойных структурах и гетероконтактах α -Si : H/ α -SiO_x : H и α -Si : H/ α -SiN_x : H. Рассмотрены рамановское рассеяние как метод изучения аморфных многослойных структур, спектр акустических фононов в аморфных сверхрешетках, параллельный и перпендикулярный перенос в многослойных структурах α -Si : H, F/ α -Si, Ge : H, F.

Носов Ю. Р. Оптоэлектроника. М.: Радио и связь, 1989. 360 с.

В книге изложены физические основы оптоэлектроники, причем значительное место отведено элементной базе. Подробно рассмотрены различные излучатели: инжекционные лазеры, светодиоды и др., даны принципы их действия, важнейшие характеристики и параметры основных материалов, используемых для создания соответствующих приборов. Обсуждаются тенденции развития излучателей, связанные, в частности, с использованием широкозонных материалов и искусственных квантовых ям и сверхрешеток. Изложены основные сведения, относящиеся к фотоприемникам. Представлены кремниевые $p-i-n$ -фотодиоды, кремниевые лавинные фотодиоды, фоточувствительные приборы с зарядовой связью, фототранзисторы, фототиристоры, фоторезисторы и т. д. Специально обсуждаются фотоприемники ИК диапазона. Обсуждаются солнечные фотопреобразователи. Кроме того, в книге описаны волновые и квантовые аспекты оптоэлектроники, оптоэлектронные средства отображения информации и оптоэлектронные системы.

Конструирование аппаратуры на БИС и СБИС / Под ред. Б. Ф. Высоцкого, В. Н. Сретенского. М.: Радио и связь, 1989. 272 с.

В книге освещаются актуальные вопросы создания микроэлектронной аппаратуры высокой степени интеграции. Изложены задачи и проблемы, стоящие на пути создания микроэлектронных приборов (в том числе приемы устранения диспропорций в степени интеграции устройств различного типа, физические пределы быстродействия ИС, физические пределы миниатюризации, масштабирование и т. д.). Даны основы конструирования цифровых и аналоговых устройств высокой интеграции; обсуждаются возможности оптимизации параметров, методы эффективного использования площади кристаллов, роль паразитных связей и особенности обеспечения устойчивости и электромагнитной совместимости и др. Представ-

лена технология больших и сверхбольших ИС (в том числе базовые технологические процессы микроэлектроники, взаимосвязь технологии и надежности многоуровневой системы металлизации, методы построения систем межсоединений, методы формирования слоев металлизации и элементов БИС и СБИС, различные литографические методы). Обсуждаются методы прогнозирования надежности устройств. Кроме того, в книге рассмотрены основы конструирования микрополосковых антенных решеток, автоматизация конструирования устройств высокой интеграции и различные схемотехнические вопросы.

МОП—СБИС. Моделирование элементов и технологических процессов / Под ред. П. Антоненшти, Д. Антониадаса, Р. Даттона, У. Оулдхема. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 496 с.

Книга, адресованная прежде всего специалистам в области машинного моделирования в микроэлектронике, представляет собой сборник лекций, прочитанных ведущими специалистами на симпозиуме по математическому моделированию технологических процессов изготовления кремниевых интегральных схем. Изложены основные сведения, относящиеся к диффузии в Si (механизмы диффузии, неравновесные эффекты, моделирование процессов диффузии). Описано термическое окисление кремния: кинетика, процессы в окисле, физические модели и взаимодействие с другими технологическими процессами. Освещено применение хлорированных окислов и методов внутреннего геттерирования. Значительное место отведено ионной имплантации и пучковому отжигу имплантированного кремния. Разобраны различные методы контроля материалов. Представлены одномерное моделирование технологических процессов изготовления ИС, моделирование поликристаллических кремниевых структур для процессов производства ИС, а также двумерное моделирование (в рамках программы SUPRA). Специальная глава посвящена численному моделированию процессов перераспределения примеси вблизи края маски. Дана система моделирования диффузионных процессов методом конечных элементов. Изучены оптическая литография и литография в глубокой ультрафиолетовой области. Рассмотрено моделирование топографии; анализируются непланарные приборы. Обсуждается двумерное моделирование МОП транзисторов, а также анализ приборов с помощью метода конечных элементов.

Марченко А. Н., Свечников С. В., Смож А. К. Полупроводниковые сенсорные потенциометрические элементы. М.: Радио и связь, 1988. 192 с.

В книге изложены физико-технические и технологические основы создания оптоэлектронных и магнитоуправляемых сенсорных потенциометрических элементов как датчиков перемещений для робототехнических устройств. Освещены общие принципы построения оптоэлектронных позиционных сенсорных элементов. Даны сведения о получении фотопроводящих пленок сульфида и сульфоселенида кадмия для координатно-чувствительных фотоприемников термодеструкцией хелатных металлоорганических соединений. Описаны расчеты и принципы конструирования фотопотенциометров, а также функциональных фоторезисторов, в частности расчеты позиционных характеристик, влияние неадекватности математической модели на точность характеристики, анализ погрешностей. Представлены параметры и характеристики оптоэлектронных потенциометрических сенсорных элементов, а также позиционных видеосенсорных элементов. Рассмотрены магнитоуправляемые резисторы, в том числе физико-технические принципы их работы, технологические основы создания конкретных устройств.

Глазов В. М., Вобст М., Тимошенко В. И. Методы исследования свойств жидких металлов и полупроводников. М.: Металлургия, 1989. 384 с.

Книга, написанная совместно специалистами СССР и ГДР, посвящена современным методам исследования структуры и физических свойств жидких металлов и полупроводников. Представлены дифракционные методы, в том числе рентгенографические и нейтронографиче-

ские. Значительное место отведено изучению молекулярно-кинетических свойств расплавов. Освещены методы исследования вязкости (метод капиллярного истечения, вибрационный метод, метод затухающих крутильных колебаний), диффузии (капиллярно-резервуарный метод, метод длинного капилляра и др.), плотности (метод гидростатического взвешивания, пикнометрический и дилатометрический метод, метод проникающего гамма-излучения и др.), а также скорости ультразвука. Проанализированы контактные и бесконтактные методы изучения электрофизических и магнитных свойств, таких как электропроводность, термоэдс, эффект Холла и магнитная восприимчивость. Описаны методики измерения оптических констант и поверхностного натяжения. Рассмотрен также способ исследования теплофизических и термодинамических свойств. Для всех методов даны оценки погрешности измерения и рекомендации по использованию метода при исследовании веществ различных классов; обсуждаются перспективы развития методов исследования высокотемпературных расплавов с использованием компьютерной техники.

Угай Я. А., Гончаров Е. Г., Семенова Г. В., Лазарев В. Б. Фазовые равновесия между фосфором, мышьяком, сурьмой и висмутом. М.: Наука, 1989. 233 с.

Книга содержит сведения, относящиеся к взаимодействию Р и элементов подгруппы As между собой, необходимые для разработки и обоснования оптимальных условий синтеза целого ряда широко применяемых в полупроводниковой электронике материалов, в частности твердых растворов $A^{III}B^V-A^{III}C^VI$, $A^{IV}B^V-A^{IV}C^V$. Дана общая характеристика Р и элементов подгруппы As, в частности физико-химические и электрофизические свойства, особенности структуры и химической связи. Изучено взаимодействие Р, As, Sb и Bi между собой в бинарных сочетаниях в газовой и конденсированной фазах; рассмотрены диаграммы давление—температура—концентрация для двойных систем, учитывающие трехфазные равновесия, а также некоторые особенности взаимодействия в системах с участием 3 и 4 компонент. Приведены методы выращивания кристаллов бинарных сплавов; освещены их основные физико-химические и электрофизические свойства. Дан термодинамический анализ взаимодействия элементов VA подгруппы в бинарных системах. Обоснована возможность получения однородных кристаллов твердых растворов с двумя летучими компонентами.

Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов: последние достижения / Под ред. Д. Миллера. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 286 с.

Книга содержит доклады известных специалистов из разных стран на IV Международной конференции по моделированию полупроводниковых приборов и интегральных схем, состоявшейся в 1985 г. в г. Дублине. Представлены все развиваемые в настоящее время физические модели, описывающие перенос носителей: диффузионно-дрейфовая, квазигидродинамическая, гидродинамическая, кинетическая и гибридная. На примере МОП транзисторов на основе Si и GaAs исследована область применимости каждой из указанных моделей для различных длин канала, напряжений на затворе и стоке. Предложена универсальная диффузионно-дрейфовая модель, позволяющая адекватно описать эффекты сильного поля, сильного легирования и разогрева носителей. В частности, предложены новые модели для описания подвижности носителей и скорости ударной ионизации. В рамках расчетов конкретных приборов исследовано влияние размерности и нестационарности на их характеристики. Подробно освещено использование метода Монте-Карло для нахождения вольтамперных характеристик приборов с микронным размером. Описано моделирование технологических процессов применительно к оптической литографии, травлению, окислению, диффузии примесей и ионной имплантации. Обсуждаются новые модели диффузии, учитывающие соответствующую диффузию примесей и точечных дефектов, а также модели, описывающие диффузию примесей при окислении в случае вязкоупругого материала. Рассмотрены различные численные методы; сравниваются разные способы линеаризации, задачи и методы решения больших систем алгебраических уравнений. Ряд работ посвящен построению сеток и их адаптации со временем.