

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

НОВЫЕ КНИГИ ПО ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Козуб В. И.

Барейкис В., Катилюс Р., Милюшите Р. Флуктуационные явления в полупроводниках в неравновесных условиях. Вильнюс: Мокслас, 1989. 220 с.

В книге освещена теория флуктуационных явлений в слабо разогретом электронном газе полупроводников. Даны общие основы кинетической теории флуктуаций (разобраны неравновесное состояние электронного газа, флуктуации функции распределения, одновременный двухчастичный коррелятор и др.). Проведено сравнение флуктуационных и диффузионных характеристик системы неравновесных носителей. Анализируются флуктуации тока и коэффициента диффузии горячих носителей при редких межэлектронных столкновениях (в условиях квазиупругого рассеяния определены распределение Давыдова, флуктуации в иглообразном распределении, флуктуации и диффузия в многодолинных полупроводниках и др.). Изучено влияние межэлектронных столкновений на флуктуации тока и коэффициента диффузии горячих носителей для модели электронной температуры (в том числе энергетические распределения носителей, малосигнальные проводимость и диффузия, спектральная плотность флуктуаций и корреляционный тензор). Обсуждаются флуктуации в условиях частых межэлектронных столкновений, обеспечивающих распределение Максвелла с дрейфом; сравнивается влияние указанных столкновений на анизотропию флуктуаций тока и коэффициента диффузии. Представлены расчеты флуктуаций скорости горячих носителей методом Монте-Карло, в частности результаты для коррелятора флуктуаций и спектральной плотности флуктуаций в изотропной модели, конвективного шума, флуктуаций в условиях преобладания спонтанного испускания оптических фононов и т. д. Изложены методы экспериментального исследования шумов. Рассмотрены экспериментальные данные по шумам горячих носителей заряда в дырочном Ge, в InSb n -типа, в n -Si и в микронных структурах GaAs типа $n^+ - n - n^+$.

Физика полупроводниковых лазеров / Под ред. Х. Тикумы. Пер. с японск. М.: Мир, 1989. 310 с.

В книге, написанной рядом японских специалистов, изложены сведения, относящиеся к физике, технологии и применению полупроводниковых лазеров (ПЛ). Даны основы теории ПЛ. Анализируются частотный шум в ПЛ, спектральная ширина линии генерации и методы управления ею. Описаны модуляция частоты, внешние и внутренние лазерные шумы, синхронизация внешним излучением и фазовая подстройка частоты. Изучены шумы интенсивности (шумы переключения мод). Представлена внешняя оптическая обратная связь в ПЛ (модель составного резонатора, неустойчивость лазерной генерации и подавление шумов, обусловленных внешней оптической обратной связью). Освещены характеристики динамически одночастотных ПЛ (в том числе ПЛ с распространенными обратной связью и брегговскими отражателями). Описаны теории работы лазеров с квантово-размерными слоями, а также оптические свойства сверхрешеток и ПЛ на их основе. Специальная глава посвящена оптической бистабильности и проявлению ее в ПЛ; разобраны оптический отклик нелинейной среды, оптические логические элементы, бистабильные ПЛ. Особое внимание уделено

сверхкоротким оптическим импульсам. Рассмотрены интегральные оптические схемы (общие представления, современное состояние, возможности и проблемы). Обсуждаются перспективы ПЛ.

Гаман В. И. Физика полупроводниковых приборов. Томск: Изд-во ТГУ, 1989. 336 с.

Книга представляет собой учебное пособие для студентов вузов, специализирующихся по радиофизике и электронике. Даны подробные сведения о контактах металл—полупроводник. Описаны контактная разность потенциалов, запиорный и антизапиорный слои, в частности запиорный слой Шоттки, диодная и диффузионная теории выпрямления, влияние сил изображения, ВАХ диодов с барьером Шоттки. Значительное место отведено электронно-дырочным переходам. Освещены образование перехода, распределение потенциала в нем, емкость перехода, влияние центров с глубокими уровнями, ВАХ диода с тонкой базой, частотные свойства и т. д. Изучены различные виды пробоя $n-p$ -переходов (тепловой, лавинный, туннельный). Представлены свойства гетеропереходов. Анализируются переходные процессы в полупроводниковых диодах, а также функциональные возможности диодов (выпрямительные диоды, диоды с накоплением заряда, СВЧ диоды, варикапы, фото- и светодиоды). Специальное внимание уделено диодам для генерации и усиления СВЧ мощности (туннельные, лавинно-пролетные и ганновские диоды). Представлены принципы действия, статические и динамические характеристики и эквивалентные схемы биполярных и полевых транзисторов (обсуждаются, в частности, энергонезависимые элементы памяти). Рассмотрены различные приборы с ВАХ S -образного типа (инжекционные и лавинные S -диоды, S -диоды на основе стеклообразных полупроводников, тиристоры, энергонезависимые элементы памяти).

Воробьев В. Л. Термодинамические основы диагностики и надежности микроэлектронных устройств. М.: Наука, 1989. 160 с.

Изложены физические и прикладные основы интегрального термодинамического подхода к диагностике и надежности микроэлектронных устройств (МУ). Представлены цели и методы оценки надежности МУ, а также термодинамические модели надежности. Даны сведения о термодинамике необратимых процессов, о процессах эволюции и принципах временной организации МУ. Сформулированы термодинамические основы интегральной диагностики МУ. Обсуждаются термодинамические методы оценки надежности для различных классов задач (с информационным содержанием да—нет, параметр—время, параметр—поле допуска). Рассмотрены интегральные оценки состояния и надежности МУ при испытаниях.

Кооперативные и неравновесные процессы в системе экситонов большой плотности / Под ред. В. А. Москаленко. Кишинев: Штиинца, 1989. 208 с.

В сборнике представлены работы, посвященные исследованию экситонов и биэкситонов при высоких уровнях возбуждения. Освещены общие вопросы самоорганизации временных структур при квантовых переходах в конденсированных средах. Анализируются фоновый спектр полупроводника при высоких уровнях возбуждения когерентной поляритонной моды, перестройка экситонного и фононного спектров при высоких уровнях оптического возбуждения, а также свойства нелинейных TM -волн, распространяющихся вдоль границы раздела нелинейной и линейной сред. Обсуждаются прохождения интенсивного излучения через плоскопараллельную полупроводниковую пластину, кинетика дипольно не активных экситонов и фононов, явление оптической мультистабильности в системе когерентных фотонов и биэкситонов и бездисперсионная безрезонансная оптическая бистабильность, обуслов-

ленная двухдолинным возбуждением биэкситонов (экситонов). Рассмотрены гиперрамановское рассеяние в квантовых ямах, фотолюминесценция GeSe, квантовая кинетика с учетом когерентных и некогерентных поляритонов и некоторые другие вопросы.

Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 240 с.

Книга, написанная известным польским ученым, представляет собой введение в физику многослойных полупроводниковых структур — сверхрешеток (СР). Дан общий обзор свойств и характеристик СР; освещены композиционные, легированные и нелегированные композиционные СР. Представлена технология структур СР: молекулярно-пучковая эпитаксия, рост из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений, специфика выращивания СР различных типов. Изложена теория полупроводниковых СР: анализируются энергетический спектр носителей в одиночных квантовых ямах и СР типа I, энергетические подзоны в СР типа II, зонная структура политипных СР, электронная структура легированных СР. Приведены результаты различных экспериментов на полупроводниковых СР (по исследованию структурных параметров, оптических переходов, электропроводности). Рассматривается применение СР в приборах и устройствах (как оптоэлектронных на основе СР и структур со многими квантовыми ямами, так и неоптоэлектронных). Обсуждаются дальнейшие перспективы развития работ по получению и исследованию СР.

Шмиглюк М. И., Питей В. И. Когерентные поляритоны в полупроводниках. Кишинев: Штиинца, 1989. 134 с.

Представлены результаты теоретических исследований индуцированной перестройки спектров поляритонов, фононов и биэкситонов в прямозонных полупроводниках при высоких уровнях одномодового возбуждения в экситонной области спектра. Даны общие сведения об экситонах высокой плотности в полупроводниках. Описаны поляритон-поляритонное взаимодействие и перенормировка поляритонного спектра из-за экситон-экситонного взаимодействия, а также перестройка спектра взаимодействующих поляритонов в присутствии когерентной макрозаполненной поляритонной моды. Изучен поляритон-фононный спектр полупроводника при высоких уровнях возбуждения поляритонов как на нижней, так и на верхней ветвях. Выведены дисперсионные уравнения для перестроенного спектра поляритона и фононного спектра; анализируется взаимодействие как с акустическими, так и с оптическими фононами. Подробно обсуждается гиперкомбинационное рассеяние света в полупроводниках с учетом вклада биэкситонов; предсказано образование новой квазичастицы, являющейся смешанным устойчивым состоянием биэкситона и поляритона.

Басс Ф. Г., Булаков А. А., Тетеров А. П. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. М.: Наука, 1989. 288 с.

В книге дан систематический обзор сведений, относящихся к высокочастотным свойствам полупроводниковых структур, обладающих дополнительной трансляционной симметрией, соответствующих как классической, так и квантовой ситуациям. Представлены методы анализа слоистых периодических структур. Освещены электродинамические свойства диэлектрических сверхрешеток (СР), а также плазменные колебания в периодических полупроводниковых структурах (потенциальные плазменные волны, поверхностные колебания, влияние диссипации на свойства поверхностных поляритонов, медленные магнетоплазменные волны, неустойчивость поверхностных поляритонов, параметрические резонансы неустойчивости и т. д.). Разбираются акустоэлектронное взаимодействие в классических СР, нели-

нейные процессы в слоисто-периодической структуре, а также образование СР в результате свободной конвекции горячих экситонов. Исследуется поведение электронов в СР при наличии статических электрического и магнитного полей, а также статического магнитного и переменного электрического полей. Изложена нелинейная теория распространения электромагнитных волн в полупроводнике с СР в постоянном электрическом поле. Обсуждаются высокочастотные явления в постоянных электрическом и магнитном полях (штарк-циклотронные волны и циклотронный резонанс в скрещенных полях). Рассмотрены нелинейные волны огибающей в полупроводниках с СР, нелинейные волны в слабостолкновительной плазме полупроводника с СР и нелинейное взаимодействие электромагнитных волн в полупроводниках с СР.

Кожитов Л. В., Липатов В. В., Тимошин А. С., Волков М. П. Жидкофазная эпитаксия кремния. М.: Металлургия, 1989. 200 с.

Книга содержит обширную информацию об особенностях жидкофазной эпитаксии кремния. Даны общие сведения о жидкофазной эпитаксии и ее использовании в производстве полупроводниковых приборов. Описано смачивание кремния и конструкционных материалов расплавом при жидкофазной эпитаксии (термодинамика смачивания, влияние состава расплава и условий процесса, конкурирующая эпитаксия). Изучаются фазовые равновесия в системах кремний—растворитель—легирующая примесь, в 2- и 3-компонентных системах, а также физико-химические свойства расплавов для жидкофазной эпитаксии кремния. Анализируются особенности массопереноса в расплаве и механизм кристаллизации: естественная конвекция в расплаве, кристаллизация кремния вне подложек, создание контролируемых условий массопереноса. Обсуждаются процессы на фронте кристаллизации, зарождение кристаллов в объеме жидкой фазы. Обобщены результаты экспериментальных исследований по влиянию условий эпитаксии на структуру, морфологию и электрофизические свойства эпитаксиальных слоев. Рассмотрены вопросы легирования эпитаксиальных слоев кремния (особенности легирования и распределение примесей, определение коэффициентов распределения примесей при жидкофазной эпитаксии).

Physics and applications of quantum wells and superlattices / Ed. by E. E. Mendez, K. von Klitzing. N.Y.: Plenum Press., 1987. 458 p.

Книга включает в себя лекции по физике и применению квантовых ям и сверхрешеток, прочитанные в рамках школы для специалистов из стран НАТО, состоявшейся в 1987 г. в Италии. Освещены общие перспективы развития исследований в области физики квантовых ям. Описаны важнейшие свойства структур квантовых ям и методы их изготовления, в частности методы молекулярно-пучковой эпитаксии для создания слоистых материалов на основе полупроводников $A^{III}B^V$ и микроструктур на основе Hg, электронные состояния в полупроводниковых гетероструктурах и сверхрешетки с упругими напряжениями в слоях. Подробно изучены различные электронные свойства, в том числе особенности резонансного туннелирования, плотность состояний для уровней Ландау в двумерном электронном газе (с помощью термодинамических и магнитооптических методов), гальваномангнитные явления. Особое внимание уделено квантовому эффекту Холла. Обсуждаются оптические свойства структур квантовых ям; анализируются возможности использования рамановской и ИК спектроскопии для исследования гетероструктур, сверхрешеток и двумерных электронных систем. Значительное место отведено вопросам применения. Рассмотрены возможности зонной инженерии для создания новых электронных и фотонных приборов, применение спектроскопии горячих электронов при разработке новых транзисторов, новые туннельные структуры, а также физика и применение оптоэлектронных свойств квантовых ям.

Defect recognition and image processing in III—V Compounds II. Proceedings of the second international symposium on defect recognition and image processing in III—V Compounds (DRIP II). Monterey, California, April 27—29, 1987 / Ed. by E. R. Weber. Amsterdam, etc: Elsevier, 1987. 320 p.

Книга содержит материалы II Международного симпозиума по распознаванию дефектов и применению методов изображений в соединениях А^{III}В^V, состоявшегося в 1987 г. в Калифорнии. Подробно освещены дефекты, возникающие в процессе приготовления и обработки кристаллов; представлены, в частности, различные методы характеристики полупроводящего GaAs. Исследована роль структурных дефектов (прежде всего дислокаций); предложены новые неразрушающие методы быстрой характеристики соединений А^{III}В^V. Специальный раздел посвящен явлениям, обусловленным электронным и лазерным пучками. Описаны механизмы, ограничивающие контрастность люминесценции, наблюдение дефектов с помощью сканирующей оптической микроскопии, характеристика глубоких уровней в пластинах Si—GaAs с помощью фотоиндуцированного отражения СВЧ, использование спектроскопии СВЧ поглощения для изучения пространственного заряда, характеристика дислокаций в GaAs с помощью одновременного изучения токов, индуцированных электронным пучком и катодолюминесценции и т. д. Значительное место отведено выявлению картины распределения дефектов путем получения соответствующих изображений. Сообщается о контроле пластин GaAs с использованием изображений, полученных методами фотолюминесценции и оптического прохождения в ближней ИК области спектра, о наблюдении дефектов с помощью ИК томографии, о характеристиках пластин и структур квантовых ям с помощью топографии фотолюминесценции. Описаны также математические методы анализа получения изображений, определение качества пластины GaAs с помощью сканирующего изучения фотолюминесценции. Особое внимание уделено центру EL2 и связанным с ним дефектам.

Semiconductors and semimetals. V. 24. Applications of mult quantum wells, selective doping and superlattices / Ed. by R. Dingle. San Diego: Acad. Press., inc., 1987. 512 p.

Книга посвящена свойствам и применениям сверхтонких слоев гетероструктур соединений А^{III}В^V, выращенных с помощью современных методов эпитаксии. Освещены фундаментальные характеристики двумерных квантовых структур на основе А^{III}В^V, используемых для создания оптических и электронных устройств. Исследованы факторы, влияющие на работу транзисторов с модулированным легированием на основе (Al, Ga)As/GaAs и (Al, Ga)As/InGaAs (прежде всего в СВЧ области и в цифровых устройствах). При этом описаны методы модулированного легирования, изготовление транзистора, принципы его работы, аномалии вольт-амперных характеристик. Разобрано применение в СВЧ диапазоне полевых транзисторов с двумерным электронным газом (особенности кинетических явлений в таких структурах). Дана информация об интегральных схемах на основе сверхбыстродействующих транзисторов с высокой подвижностью. Анализируются нелинейные оптические свойства структур квантовых ям, позволяющие вести обработку оптических сигналов: нелинейные экситонные эффекты и изменение оптических характеристик в статических электрических полях. В специальной главе изучаются структуры со «ступенчатой» щелью и возможности создания с помощью зонной инженерии устройств на основе сверхрешеток; при этом описаны биполярные транзисторы с гетероконтактом, резонансное туннелирование в сверхрешетках, гетероконтакты с перестраиваемым барьером. Обсуждаются полупроводниковые лазеры, использующие гетероструктуры с квантовыми ямами, а также полупроводниковые сверхрешетки с деформированными слоями.

Книга содержит материалы 11-й Международной конференции по рамановской спектроскопии, состоявшейся в конце 1988 г. в Лондоне. Специальный раздел в ней посвящен полупроводникам (а также высокотемпературным сверхпроводникам). Сообщается об исследовании фотоструктурных явлений на поверхности материалов $A^{III}B^{VI}$, об определении концентрации свободных носителей в кристаллах n -ZnSe, об исследовании пленок CdHgTe. Описаны рамановское рассеяние с участием акустических фононов в квазипериодических сверхрешетках на основе (Al, Ga)As, рассеяние на связанных электрон-фононных возбуждениях в p -HgTe, резонансное рамановское рассеяние 2-го порядка в сверхрешетках и объемных образцах, резонансное рассеяние в неупорядоченном полупроводнике $GaAs_{1-x}P_x$. С помощью субпикосекундной рамановской спектроскопии определены параметры фреilihовского взаимодействия горячих электронов с многомодовой фононной системой LO -фононов в полярных полупроводниках. Обсуждаются рамановское рассеяние 1-го порядка в CdGeP₂, а также возможности использования рамановского рассеяния для изучения аморфных суперионных материалов. Кроме того, книга содержит разделы, посвященные теории рамановского рассеяния, нелинейной рамановской спектроскопии, явлениям у поверхности и границ раздела, низкоразмерным и аморфным материалам.

Optical nonlinearities and Instabilities in Semiconductors / Ed. by H. Haug. Boston, etc.: Acad. Press., inc., 1988. 440 p.

Книга содержит ряд обзорных статей, посвященных различным аспектам нелинейной оптики и написанных ведущими специалистами в соответствующей области, причем в равной мере представлены обзоры теории и эксперимента. Освещены различные виды экспериментально наблюдаемых оптических нелинейностей в однородных материалах; дана микроскопическая теория нелинейности в области спектра, соответствующей краю зоны. Анализируются нелинейные оптические свойства структур с квантовыми ямами. Приведены данные по нелинейности, связанной с неравновесными возбуждениями высокой плотности при высоких уровнях возбуждения GaAs, а также теория, описывающая свойства плотных неравновесных экспонных систем. Специальная глава посвящена изучению амбиполярного транспорта в условиях оптического возбуждения полупроводников. Обсуждаются оптическая нелинейность, связанная с биэкситонами, и сопряжение фазы в различных системах. Значительная часть книги посвящена исследованиям оптических неустойчивостей и бистабильностей. Описаны требования к нелинейной рефракции, позволяющей реализовать оптическую бистабильность; представлены оптоэлектронные и оптотермические неустойчивости. Изложена общая теория оптической неустойчивости в полупроводниках. Рассмотрены вопросы применения оптической нелинейности и бистабильности, в частности зависимость оптических свойств квантовых ям от электрического поля. Разбираются случаи конкретных устройств: оптические и оптоэлектронные нелинейности в бистабильных устройствах на основе Si и InP, бистабильность в лазерных усилителях и лазерных диодах, а также неустойчивости в полупроводниковых лазерах.

Festkörper problem — Advances in Solid state physics. V. 29. Brannschweig / Wiesbaden: Frie dr. Vieweg and Sohn, 1989. 345 p.

Книга включает в себя материалы докладов, представленных на ежегодной встрече Германского физического общества в 1989 г.; значительная часть этих докладов была посвящена физике полупроводников. Сообщается об изучении распространения длинноволновых акустических фононов в ряде материалов (GaAs, InP, InAs, InSb, Si и др.). Наблюдались такие явления, как фононное «горячее пятно», фононная фокусировка и т. д.; указано на дальнейшие перспективы развития фононной кинетики. Представлены теория динамических

по поверхностных состояний и реконструкции поверхности кристаллов, а также данные сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии для чистой и металлизированной поверхностей кремния. Исследовались оптическая дефазировка и ориентационная релаксация экситонов Ванье и свободных носителей в GaAs и квантовых ямах GaAs/AlGaAs. Приведены спектроскопические доказательства идентичности центров $EL2$ и As_{Ga} в GaAs; исходя из количественного анализа компенсации получены сведения о зарядовом состоянии глубокого уровня $EL2$. Освещаются последние экспериментальные результаты, относящиеся к глубоким донорным уровням (DX -центрам) в полупроводниках $A^{III}B^V$. Обсуждаются природа стабильных и метастабильных центров исходя из химической связи, точечная туннельная спектроскопия и когерентная электронная фокусировка. Рассмотрены вопросы надежности тонкопленочной металлизации в микроэлектронных устройствах, а также размерный переход металл—диэлектрик и связанные с ним интерференционные явления в современной микроэлектронике.
