

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## НОВЫЕ КНИГИ ПО ПОЛУПРОВОДНИКАМ

Козуб В. И.

The chemical physics of solid surfaces and heterogeneous catalysis V. S. Surface properties of electronic materials / Ed. By D. A. King, D. P. Woodguff. Amsterdam etc.: Elsevier, 1988. 474 p.

Книга содержит обзор современных представлений о фундаментальных свойствах поверхности полупроводников и об ограничениях на возможности приборов, обусловленных свойствами поверхности. Изложены общие проблемы, связанные с поверхностью полупроводников (в частности, со свободными поверхностями чистых и обычных материалов и с границами раздела металл—полупроводник и полупроводник—полупроводник). Разбираются барьеры Шоттки и омические контакты, изгиб зон и особенности роста. Освещены структурные и электронные свойства элементарных полупроводников и их поверхностей, а также поверхностей полупроводниковых соединений с тетраэдрической координацией. Значительное место отведено адсорбции и формированию барьера Шоттки на поверхности полупроводниковых соединений (в том числе адсорбции из газовой фазы, адсорбции полупроводника на полупроводниковую подложку, адсорбции металлов). Изучена адсорбция на поверхности элементарных полупроводников (Si и Ge). Особое внимание уделено адсорбции металлов на поверхности элементарных полупроводников и связанной с ней реакциям. Описаны явления, связанные с молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ) соединений  $A^{III}B^V$  в частности, аспекты кинетики и динамики роста (прежде всего применительно к GaAs). Обсуждается МПЭ кремния и связанных с ним материалов: представлены технология, методы приготовления подложки, методы легирования, свойства силицидов. Анализируется МПЭ изоляторов, метастабильных фаз и соединений  $A^{II}B^{VI}$ . Рассмотрена химия поверхности при процессах сухого травления.

---

Defects in electronic materials. Materials research society symposium proceedings. V. 104 / Ed. by M. Stavola, S. J. Pearton, G. Davies. Pittsburg, material research society, 1988. 654 p.

Книга содержит материалы симпозиума по дефектам в электронных материалах, состоявшегося в конце 1987 г. в Бостоне (США). Во вступительных докладах сообщалось об оптическом детектировании магнитного резонанса межузельного Zn и френкелевских пар в ZnSe, об образовании агрегатов кислорода в кремнии, о метастабильных дефектах в кремнии, о новых явлениях в сверхрешетках и гетерослоях, связанных с дефектами. Значительное место отведено дефектам в кремнии: как собственным дефектам (идентификации межузельных дефектов и вакансий, дислокационной динамике и др.), так и примесям различного типа (переходным металлам, бору, кислороду и т. д.), причем специальный раздел посвящен водороду в кремнии (реакциям с участием водорода, пассивации дефектов, влиянию водорода на ионную имплантацию и т. д.). Изучалось также поведение водорода в соединениях  $A^{III}B^V$ : в частности, перераспределение имплантированного водорода, взаимодействие с акцепто-

рами, комплексы водорода с различными примесями. Описаны некоторые характерные дефекты  $EL2$  в GaAs (данные полученные с помощью спектроскопии глубоких уровней, роль ян—теллеровской релаксации, влияние условий роста, свойства  $EL2$  в  $Ga_{1-x}Al_xAs$  и др.). Подробно обсуждались различные дефекты в соединениях  $A^{III}B^V$  — дислокации, точечные дефекты, влияние высоких давлений, использование метода оптического детектирования магнитного резонанса, диффузия вакансий, характеристика с помощью электронного микроскопа, пиннинг уровня Ферми. Специальное внимание при этом уделено мелким примесям и  $DX$ -центрам. Рассмотрены слоистые структуры, полученные с помощью эпитаксии: механизмы разупорядочения, метастабильные фазы, дефекты на поверхности раздела, роль дислокаций, управление концентрацией дефектов в процессе эпитаксии кремния.

---

**Semiconductor device modelling / Ed. by C. M. Snowden. London, ETC.: Springer—Verlag, 1989. 260 p.**

Книга, написанная рядом ведущих зарубежных специалистов, содержит обзор различных методов моделирования полупроводниковых устройств. Представлены классические и квазиклассические модели. Разбираются численные методы: конечных разностей, граничного элемента и конечного элемента. Специальное внимание уделено GaAs и Si. Приведены физические модели для кремниевых сверхбольших интегральных схем, устройств на основе полупроводниковых соединений, полупроводниковых лазерных диодов. Обсуждаются модель эквивалентных цепей для кремниевых устройств и высокочастотная модель эквивалентных цепей, моделирование процессов шума, методы Монте-Карло. Рассмотрены моделирование квантового транспорта, машинное моделирование, а также практические аспекты моделирования устройств.

---

**Thin films: Trends and new applications (proceedings of the second international symposium on trends and new applications in thin films. Regensburg, FRG, 1989) / Ed. By H. Hoffmann. V. 1. London, ETC.: Elsevier applied science, 1989. 336 p.**

Книга содержит материалы 2-го международного симпозиума по тенденциям развития и новым применениям тонких пленок, состоявшегося в ФРГ в 1989 г. Значительное место отведено полупроводниковым пленкам и пленкам из материалов, имеющих отношение к полупроводниковой электронике. Представлены данные по осаждению пленок и их последующей обработке, в том числе о новых исходных металлоорганических материалах для изготовления пленок  $A^{III}B^V$ , о создании поверхностных слоев и микроструктур с помощью плазменных пучков малых энергий, о выращивании тонких пленок GaAs и AlAs с помощью нового метода эпитаксии атомных слоев и др. Описаны формирование пленок и методы их анализа. Специальный раздел отведен электрическим и электронным свойствам. Освещены технологические аспекты осаждения аморфного кремния, электронная характеристика новых тонкопленочных приборов на основе  $c\text{-Si}/a\text{-Si} : \text{H}/\text{Pt}$ , электрические свойства и фотопроводимость пленок CdSe, легированных As. Исследовано влияние гидростатического давления на сопротивление пленок InSb, сильно легированных элементами VI группы, влияние атмосферы на измерения термоэдс пленок  $\text{SnO}_2$  и  $\text{CdIn}_2\text{O}_4$ . Описано новое оборудование для приготовления и исследования пленок.

---

Во втором томе значительное внимание уделено применению тонких пленок в микроэлектронике. Даны общие сведения о микроструктурах в полупроводниковой технологии. Описаны новые методы металлизации в устройствах с очень высокой степенью интеграции, физические и электрические свойства тонких эпитаксиальных слоев Zr, стабилизированных иттрием, осажденных на кремниевую подложку, а также характеристики тонкопленочных транзисторов на основе аморфного кремния. Обсуждаются низкотемпературные процессы при производстве тонких пленок: в частности, использование лазерной технологии в микроэлектронике, изучение формирования тонких металлических пленок на полупроводниковых соединениях  $A^{III}B^V$  и недостатки предлагаемых механизмов осаждения кремния из силана. Подробно представлены материалы, относящиеся к оптическим свойствам и оптоэлектронике. Изложены, в частности, сведения о линейных и нелинейных оптических свойствах осажденных и эпитаксиальных пленок  $A^{II}B^{VI}$ , о фотоугловом эффекте в пленках  $CdS(Cn, Cl)$  о выращивании монокристаллических пленок  $KTa_{1-x}Nb_xO_3$ , а также об оптической дисперсии пленок  $In_2O_3 : SnO_2$ . Кроме того, в обоих томах широко представлены материалы, относящиеся к ВТСП, к полимерным пленкам и пленкам на основе магнитных материалов.

---

Smith H., Jensen H. H. *Transport phenomena*. Oxford: Clarendon press, 1989. 432 p.

Книга содержит подробный обзор различных явлений переноса в газах, жидкостях и твердых телах, выполненный с единых позиций, основанных на использовании уравнения Больцмана. Значительное место отведено кинетическим явлениям в полупроводниках. Освещены явления переноса в неоднородных полупроводниках: представлена зонная структура последних, описаны сопротивление и термоэдс. Обсуждаются различные механизмы рассеяния в полупроводниках (примесное, деформационное акустическое и пьезоакустическое, деформационное оптическое и полярное оптическое). Особое внимание уделено проблеме горячих электронов. Рассмотрены явления переноса в сильных магнитных полях: осцилляционные явления, целочисленный и дробный квантовые эффекты Холла.

---

*Instabilities in silicon devices, silicon passivation and related instabilities*. V. 2 Ed. by G. Barlotin, A. Vapalle. Amsterdam, etc.: North-Holland, 1989. 833 p.

В книге, представляющей собой коллективный труд группы европейских специалистов, дан обзор различных физических процессов (прежде всего неустойчивостей), связанных с пассивацией кремния слоями  $SiO_2$ . Освещены различные электронные явления в объемном  $SiO_2$ , в частности, захват и освобождение носителей, инжектированных в  $SiO_2$ . Подробно описаны кинетика процессов, а также методы, используемые для характеристики ловушек. Изучаются электрические явления на поверхности раздела  $Si-SiO_2$ . Описаны собственные состояния и фиксированные заряды на указанной поверхности: представлены основные факторы, динамические свойства генерационно-рекомбинационных центров, эквивалентные цепи для реальных МОП структур, их вольт-фарадные характеристики, влияние технологии на поверхностный заряд и модели состояний на поверхности. Исследованы электронные состояния на поверхности  $Si-SiO_2$ ; проанализированы квазистатический метод, различные методы вольт-фарадных характеристик, метод изучения проводимости, метод нестационарной спектроскопии глубоких центров и т. д. Разбираются примесные состояния: в частности, специ-

фика конкретных примесей, экспериментальные данные по влиянию примесей на свойства поверхностных состояний. Дан обзор неустойчивостей в современных кремниевых устройствах, связанных с пассивацией. Описаны неустойчивости в биполярных приборах: пробой  $p-n$ -переходов в простой геометрии, методы, используемые для увеличения пробойных напряжений, неустойчивости пробойного напряжения в планарных контактах, поверхностные состояния, характеризующие поверхность  $\text{SiO}_2$ , фундаментальные аспекты, связанные с поверхностными шумами в биполярных устройствах, и использование шумовых измерений для диагностики. Значительное место отведено неустойчивостям в полевых транзисторах. Представлены основные уравнения: неустойчивости, обусловленные подвижностью ионов, зарядами на поверхности раздела и упругими напряжениями;  $1/f$ -шумы в МОП транзисторах. Освещены неустойчивости в структурах с двумя изолирующими слоями (применительно к ячейкам памяти на структурах металл—нитрид—оксид—кремний). Изложены сведения, относящиеся к радиационным дефектам. Разбираются электронная структура дефектов, механизмы образования и др. Рассмотрено влияние радиации на кремниевые устройства. Освещены первичные эффекты, влияние радиации на электронные свойства, поведение основных устройств под действием радиации, ее влияние на МОП приборы, отжиг радиационных дефектов и т. д.

---

**Мавлонов Ш. Физико-химия сегрегационных явлений при кристаллизации полупроводников.**  
 Душанбе: Дониш, 1990. 158 с.

В книге освещены различные вопросы, относящиеся к сегрегационным явлениям при кристаллизации полупроводников. Изложены физико-химические основы сегрегационных явлений при направленной кристаллизации (фазовые равновесия, роль кинетических факторов, взаимосвязь между эффективным и равновесным коэффициентами сегрегации). Освещены методы синтеза и роста кристаллов и методика их исследования. Описан характер фазового равновесия в системе теллур—примесь (роль захвата в твердых растворах  $\text{Te—Se}$  и  $\text{Te—Hg}$ , растворимость  $\text{Se}$  и  $\text{Hg}$  в  $\text{Te}$ , микродиаграмма системы  $\text{Te—Cu}$ ,  $\text{Te—Ag}$ ,  $\text{Te—S}$ ). Изучены фазовые равновесия в системе  $\text{CdSb—примесь}$  (применительно к случаю  $\text{Fe}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Ge}$ ,  $\text{In}$ ,  $\text{Sn}$ ). Рассмотрены технология получения легированного монокристалла  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  и характер его фазового равновесия. Специальный раздел посвящен проблемам фазового равновесия в соединениях  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  ( $\text{InAs}$ ,  $\text{GaSb}$ ,  $\text{InP}$ ) — примесь. Обсуждаются экспериментальные данные по сегрегации примесей в полупроводниках (в том числе по сегрегации примесей при кристаллизации, границы применимости уравнения кристаллизации, корреляционные зависимости между коэффициентом сегрегации и физико-химическими константами расплава и примеси).

---

**Многокомпонентные халькогениды  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{III}}\text{C}_4^{\text{VI}}$  / Под ред. С. И. Радауцана.** Кишинев: Штиинца, 1990. 166 с.

В книге представлены результаты многоплановых исследований физико-химических, электрофизических и оптических свойств полупроводников  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{III}}\text{C}_4^{\text{VI}}$  и многокомпонентных слоистых халькогенидов (MCX). Приведены данные по диаграммам состояния квазибиполярных разрезов  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}-\text{A}_2^{\text{III}}\text{B}_3^{\text{VI}}$ , а также по методам получения монокристаллов  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{III}}\text{C}_3^{\text{VI}}$ . Описаны кристаллическая структура, а также спектры поглощения, зависимости концентрации электронов от температуры для MCX с тетраэдрической и октаэдрической координацией катионов. Исследованы дрейф и захват электронов в  $\text{Zn}_3\text{InGaS}_8$  в сильных электрических полях. Получены спектры ЭПР ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в монокристаллах тиагаллата кадмия. Обсуждаются излучательные процессы в монокристаллах  $\text{CdIn}_2\text{S}_4$  и  $\text{CdIn}_{2(1-x)}\text{Cr}_{2x}\text{S}_4$ ; установлена природа центров излучательной рекомбинации. Проанализированы спектры краевого поглощения слоистых монокристаллов  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  (II),  $\text{HgInGaS}_4$  и основные фотоэлектрические характеристики специально легированных образцов  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  (III)  $\langle\text{Mn}\rangle$ . Рассмотрены рост кристаллов и особенности характеристики тройных магнитных полупроводников  $\text{CdCr}_2\text{S}_4$  и  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ .

В книге освещены сведения о полупроводниковых устройствах непрерывного действия (не относящихся к импульсной технике). Изложены основные физические принципы действия полупроводниковых приборов. Рассмотрены свойства электронно-дырочных переходов: структура и энергетические зоны, основные параметры полупроводников, проводимость и вольт-амперные характеристики, емкостные характеристики и пробой  $p-n$ -перехода. Представлены важнейшие типы полупроводниковых диодов (силовые и опорные диоды, диоды ВЧ и СВЧ, варикапы, туннельные диоды, фото- и светодиоды). Обсуждаются биполярные транзисторы: вольт-амперные характеристики, усилительные и частотные параметры, режимы работы. Описаны некоторые типы полевых транзисторов (с  $p-n$ -переходом, МДП транзисторы, приборы с зарядовой связью). Разбираются элементы интегральных схем. Значительное место отведено схемотехническим вопросам.

---

Лукьянчикова Н. Б. Флуктуационные явления в полупроводниках и полупроводниковых приборах. М.: Радио и связь, 1990. 296 с.

В книге представлен широкий обзор вопросов, относящихся к флуктуационным явлениям в полупроводниках (как к изучению самих явлений, так и к использованию шумовых методов для исследования различных физических свойств полупроводников). Даны общие сведения о флуктуационных процессах в полупроводниках и методах их теоретического анализа (статистический и термодинамический методы и др.). Описаны генерационно-рекомбинационные флуктуации проводимости полупроводникового резистора. Представлены сведения о флуктуационных исследованиях фотопроводимости и фотoluminesценции (в том числе о связи генерационно-рекомбинационного шума с механизмами фотопроводимости, о сверхпуассоновских флуктуациях фотопроводимости, данные экспериментальных исследований). Освещено проявление особенностей диффузионно-дрейфовых процессов в шумовых характеристиках резисторов и фоторезисторов. Специальная глава посвящена генерационно-рекомбинационным флуктуациям в структурах с потенциальным барьером; изучен генерационно-рекомбинационный шум поверхности в полевых транзисторах с  $p^+-n$ -затвором, в МДП транзисторах, диодных структурах, фотодиодах, биполярных транзисторах. Обсуждаются возможности флуктуационных исследований природы физических процессов в полупроводниковых приборах (прежде всего связанные с избыточными и  $1/f$ -шумами). Рассмотрены особенности флуктуационных процессов в лавинных и лавинно-пролетных диодах. Список литературы включает 271 наименование.

---

Narrow-gap semiconductors and related materials ed. by D. C. Seiler, C. L. Littler. Bristol and N. Y.: Adam Hilger, 1990. 345 p.

Книга содержит материалы конференции по узкозонным полупроводникам (VII), состоявшейся в 1989 г. в США и организованной Американским физическим обществом. Дан краткий обзор новых достижений в области физики УП, причем особое внимание уделялось  $\alpha$ -Sn и сплавам  $\alpha$ -Sn—Ge. Освещены различные вопросы, относящиеся к полупроводниковым устройствам. Представлены разработки структур квантовых ям на основе соединений  $A^{III}B^V$  для детекторов в длинноволновой области, вопросы физики и применения лазеров на соединениях  $A^{IV}B^{VI}$ ; изучается влияние дефектов на работу различных приборов и т. д. Обнаружены некоторые новые механизмы оптической нелинейности. Приведены данные рамановских исследований  $Hg_{1-x}Cd_xTe$ . Обсуждаются двумерные структуры на основе соединений  $A^{III}B^V$ ,  $A^{IV}B^{VI}$  и  $A^{III}B^V$ : в частности, данные по ИК поглощению, квантовые провода и квантовые

точки, структуры квантовых ям и фотолюминесценция в них. В специальном разделе изложены сведения, относящиеся к разбавленным магнитным полупроводникам на основе соединений  $A^{IV}B^{VI}$  и  $A^{II}B^{VI}$ . Рассмотрены проблемы выращивания материалов, а также некоторые вопросы, относящиеся к новым материалам, в том числе к  $\alpha$ -Sn.

---

**Физико-химические процессы в микроэлектронике / Сб. науч. тр. под ред. В. Б. Уфимцева. М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова. 1990. 366 с.**

Сборник оригинальных статей содержит результаты исследований, в области получения обработки и формирования свойств материалов и компонентов электронной техники, проведенных в Московском Институте тонкой химической технологии. Представлены данные о растворимости и миграции примесей в полупроводниках (в частности, по миграции примесей переходных металлов в Si), о взаимодействии фаз при гетероэпитаксии, о процессах при фотолиграфии. Значительное внимание уделено лазерному отжигу; изучены, в частности, неравновесные структурные превращения под действием лазерного излучения, отжиг в низкотемпературных средах; предложена математическая модель лазерного отжига. В ряде статей обсуждаются методы локального анализа (в частности, анализа поверхности), возможности нейтронно-активационного анализа, процессы активирующего отжига полупроводникового GaAs. Рассмотрены спектры плазменного отражения  $p-n^+$ -переходов в InSb, реagentосберегающие процессы вакуумно-плазменного травления, радиационные нарушения в полупроводниках при ионной имплантации. Освещены методы защиты поверхности полупроводниковых приборов полиорганосилоксановыми пленками и физико-химические и технологические аспекты создания сенсоров на основе оксидных пленок.

---