

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению**

11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

*Направленность «Технология и оборудование для производства полупроводников,
материалов и приборов электронной техники»*

1. Введение

Программа вступительных испытаний подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре предназначена для лиц, желающих поступить в аспирантуру ФГБОУ ВПО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (направленность: «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»).

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 19 ноября 2013 г. № 1259.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников технологических и технических вузов, а также институтов Российской академии наук, ведущих образовательную деятельность, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию, рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева:

1. «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Физика», относящихся к федеральному или вузовскому компоненту блока общих естественнонаучных дисциплин. Дисциплины преподаются студентам всех технологических специальностей университета (в соответствии с государственным образовательным стандартом (ГОС) высшего профессионального образования (ВПО)).
2. «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Физика», «Коллоидная химия», относящихся к базовой части цикла естественнонаучных дисциплин основных образовательных программ подготовки бакалавров по направлению «Химическая технология» (в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО));
3. «Поверхностные явления и дисперсные системы», относящейся к общепрофессиональному циклу дисциплин. Дисциплина преподается студентам, обучающимся по специальности «Химическая технология

монокристаллов, материалов и изделий электронной техники» (ГОС ВПО).

4. «Электротехника и промышленная электроника», относящейся к базовой части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Химическая технология» (ФГОС ВО);
5. «Физическая химия твердого тела. Части 1-2», «Технология материалов. Части 1-2», «Дополнительные главы технологии материалов», «Минералогия», относящиеся к федеральному компоненту блока специальных дисциплин. Дисциплина преподается студентам, обучающимся по специальности «Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники» (ГОС ВПО);
6. «Методы исследования гетерофазных структур, синтетических и природных монокристаллов», «Дополнительные главы физической химии твердого тела», относящиеся к федеральному компоненту блока естественнонаучных дисциплин. Дисциплина преподается студентам, обучающимся по специальности «Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники» (ГОС ВПО);
7. «Технология синтетических монокристаллов», «Технология гетерофазных структур», «Технология природных монокристаллов», », относящиеся к вариативной части блока специальных дисциплин. Дисциплина преподается студентам, обучающимся по специальности «Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники» (ГОС ВПО);
8. «Физическая химия твердого тела», «Физическая электроника и электронные приборы», «Процессы роста кристаллов», «Методы исследования материалов электронной техники и наноматериалов», относящейся к базовой части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Химическая технология» (профиль «Химическая технология материалов электронной техники и нанoeлектроники») (ФГОС ВО);
9. «Технология материалов для нанoeлектроники», «Дополнительные главы физической химии твердого тела», относящейся к вариативной части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Химическая

технология» (профиль «Химическая технология материалов электронной техники и нанoeлектроники»)(ФГОС ВО);

- 10.«Оборудование производства материалов электроники и нанoeлектроники», «Минералогия», «Техника высокого вакуума», «Дополнительные главы технологии электроники нанoeлектроники», «Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе неорганических материалов», относящейся к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Химическая технология» (профиль «Химическая технология материалов электронной техники и нанoeлектроники»)(ФГОС ВО);
- 11.«Классификация и основные характеристики наноструктурированных функциональных материалов», «Современные методы контроля качества и изучения свойств технических и ювелирных монокристаллических и наноструктурированных материалов и гетерофазных пленочных структур», относящихся к вариативной части профессионального цикла магистерской программы «Химическая технология материалов и изделий электронной техники» основной образовательной программы по направлению «Химическая технология» (ФГОС ВО);
- 12.«Классификация гетерофазных пленочных структур», «Научные основы технологии получения гетерофазных пленочных структур с заданными свойствами», «Классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)», «Основы научного подхода к синтезу технических и ювелирных монокристаллов и пути модификации их функциональных свойств», «Способы получения наноструктурированных материалов» относящихся к дисциплинам по выбору профессионального цикла магистерской программы «Химическая технология материалов и изделий электронной техники» основной образовательной программы по направлению «Химическая технология» (ФГОС ВО);

и других учебных дисциплинах подготовки специалистов, бакалавров и магистров, указанных в программах вступительных испытаний по направленности «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники», направления подготовки 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи.

Настоящая программа состоит из двух частей – программы по направлению и программы по направленности. Программа включает перечень вопросов к вступительным испытаниям по направлению и по направленности и перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы по направлению и направленности.

2. Содержание программы

Часть I. Программа по направлению

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

1. Физические основы электроники

Природа химической связи в полупроводниках. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs, Ge. Поликристаллические и амфорные полупроводники. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Эффективная масса электрона и дырки. Собственные и примесные полупроводники. Роль донорных и акцепторных примесей.

Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Температурные зависимости. Распределение Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники

Рекомбинация носителей. Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни свободных носителей заряда. Поверхностная рекомбинация.

Электропроводность полупроводников. Поведение свободных носителей заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Свободные носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна.

Электронно-дырочный переход (p-n). Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики p-n перехода. Токи носителей заряда в p-n переходе, квазиуровни Ферми. Коэффициент инжекции. Генерация и рекомбинация носителей в p-n переходе. Барьерная и диффузионная ёмкость. Пробой p-n перехода: тепловой, лавинный, туннельный.

Гетеропереходы. Контакт металл-проводник. Омический и выпрямляющий переходы Шоттки.

Поверхностные состояния. Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП). Полевой эффект в МДП-структурах.

Теплопроводность полупроводников. Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла.

Поглощение излучения в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекторная, катодо-фотолюминесценция. Электролюминесценция порошковых и пленочных полупроводников Основные материалы оптоэлектроники: соединения A^3B^5 , A^2B^6 и A^4B^6 .

Электро-, магнито- и акустооптические эффекты в твердых телах.

2. Основные полупроводниковые приборы

Полупроводниковые диоды. Основные параметры и характеристики диодов, их зависимость от температуры и режима. Эквивалентные схемы. Импульсные и частотные свойства диодов.

Выпрямительные и импульсные диоды. Диоды с накоплением заряда. Варикапы. Стабилитроны. Туннельные и обращенные диоды Лавинно-пролетные диоды. Диоды Шоттки. Диоды Ганна. Диоды для СВЧ.

Биополярные транзисторы Структура и принцип действия. Распределение носителей в областях транзисторов. Тиристоры, принцип их действия и классификация. Основные параметры и характеристики.

Полевые транзисторы МДП, с р-n переходом и с барьером Шоттки. Принцип действия. Модуляция глубины канала. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. Интегральные микросхемы. Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС. Классификация ИС по конструктивно-технологическому и функциональному решению.

Приборы с зарядовой связью. Принцип действия, основные параметры и области применения.

Оптоэлектронные приборы. Назначение и области применения. Фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы, лавинные фотодиоды. Основные параметры и характеристики. Солнечные батареи. Полупроводниковые излучающие структуры. Приборы для систем отображения информации. Оптроны и оптоэлектронные интегральные схемы.

Термоэлектрические и гальваномагнитные полупроводниковые приборы. Твердотельные датчики, включая микроэлектронные преобразователи информации. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника, криоэлектроника (общее представление). Функциональная электроника.

3. Основные процессы при получении электронных приборов.

Определение кристаллографической ориентации полупроводников. Ориентированная резка, шлифовка и полировка пластин. Станки для полировки полупроводника.

Химическое травление и химическая полировка германия, кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин. Методы контроля качества очистки. Пленарная технология. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Граничные условия и расчетные формулы для наиболее важных частных случаев диффузии. Практические методы проведения диффузионных процессов. Структурные схемы диффузионных печей.

Методы получения электронных и ионных пучков. Ионное легирование. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоев. Дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой, их устранение. Конструктивные схемы основных типов оборудования для электронно-ионной и ионно-химической обработки.

Эпитаксия. Практические методы эпитаксиального выращивания Si. Методы контроля эпитаксиальных слоев. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок A^3B^5 . Оборудование для эпитаксиального наращивания пленок. Сравнение газотранспортной, жидкофазной и молекулярной эпитаксии.

Термическое окисление кремния в парах воды, в сухом и влажном кислороде; распыление и конденсация окислов кремния в вакууме; анодное окисление; химическое осаждение окисла из газовой фазы. Маскирующая способность пленок двуокиси кремния. Заряженные примеси в пленках, методы изменения заряда пленок. Пленки нитрида кремния.

Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое осаждение из газовой фазы. Оборудование для получения тонких пленок. Материалы тонкопленочной технологии.

Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.

Тенденция развития планарной технологии Субмикронная технология.

4. Элементы радиотелевизионных систем

Физические принципы, используемые для формирования, передачи, приема и консервации изображений. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Синхронизация смены кадров и начала развертки строк. Формат телевизионного сигнала. Стандарты телевизионных сигналов.

Особенности построения телевизионных передатчиков. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал в передающей телевизионной трубке. Передающие телевизионные трубки. Устройство суперортика, видикона.

Устройство кинескопа, осциллографической трубки, ЖК-монитора.

5. Элементы техники СВЧ

Особенности СВЧ-диапазона. Модифицирование колебательного контура. Коаксиальный резонатор. Объёмный резонатор. Понятие распределённых параметров. Согласованная нагрузка. Короткозамкнутый шлейф. Коэффициенты бегущей волны (КБВ) и стоячей волны (КСВ). Волновод.

Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ. Отражательный и пролетный клистроны. Лампа бегущей волны. Лампа обратной волны. Магнетрон.

6. Элементы систем связи

Устройство оптоволоконного световода. Основные параметры световода. Спектральная зависимость потерь в световоде. Виды оптоволоконных световодов и области их применения. Световоды среднего ИК-диапазона.

7. Явления и приборы квантовой электроники

Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная заселенность. Методы создания инверсной заселенности. Оптический квантовый генератор. Трехуровневая схема. Четырехуровневая схема. Основные части лазера. Возможные потери энергии в лазере. Непрерывные и импульсные лазеры. Оптические затворы. Моды излучения. Перестройка длины волны лазера. Классификация лазеров. Твердотельные лазеры (на переходных активаторах, на РЗЭ активаторах, на центрах окраски, полупроводниковые лазеры). Лазеры на красителях. Газовые лазеры. Применение лазеров.

Часть II. Программы по направленности

«Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

Структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллов. Упругая кристаллическая деформация. Дислокационный механизм пластического течения. Прочность; ползучесть. Деформационные и прочностные свойства полимеров. Физические основы диффузии в твердых телах.

Термодинамические условия фазового равновесия. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и его применение к фазовым переходам 1-го рода. Закон распределения Нернста-Шилова, коэффициент распределения.

Комплексный физико-химический анализ и его основные принципы. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем.

Термический анализ. Основные виды диаграмм состояния бинарных систем. Р-Т-х-диаграммы состояния на примере полупроводниковых систем и материалов электронной техники.

Основы кинетической теории газов. Распределение Максвелла-Больцмана. Средние значения скорости движения, длины свободного пробега и числа столкновений молекул. Явления переноса. Режимы течения газов. Вакуум, методы получения и измерения. Испарение. Зависимость давления насыщенных паров от температуры.

Газовый разряд. Ионизация газов, ионизационный потенциал. Рекомбинация. ВАХ несамостоятельного разряда. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды. Безэлектродные разряды. Плазма и ее свойства.

Исходные вещества, используемые для производства монокристаллов и пленок. Особо чистые вещества и материалы, их роль в современной технике. Понятие о чистоте вещества, методы определения и оценка чистоты. Физико-химические основы и методы глубокой очистки веществ. Понятие о коэффициенте разделения и распределения.

Электрические свойства металлов, диэлектриков и полупроводников. Распределение Ферми-Дирака. Электропроводность металлов, полупроводников и диэлектриков и их физическая природа. Собственные и примесные полупроводники. Фотопроводимость полупроводников. Люминесценция. Излучательная рекомбинация. Когерентное излучение. Поверхностные состояния в полупроводниках; слои обогащения, инверсии и обеднения. МДП-структуры.

Свойства р-п перехода. Невыпрямляющие контакты, контакты Шоттки. Работа выхода. Эмиссия электронов. ТермоЭДС. Эффект Пельтье. Эффект Холла.

Поляризация диэлектриков и ее физическая сущность. неполярные и полярные диэлектрики. Проводимость диэлектриков и ее физическая природа. Диэлектрические потери и их природа.

Магнитные свойства пара- и ферромагнетиков. Ферриты. Магнитные пленки. Цилиндрические магнитные домены.

Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, траектория движения частиц в комбинированных полях.

Физические основы работы основных типов полупроводниковых приборов: диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, диодов Ганна, фотоэлектронных приборов, светодиодов и твердотельных лазеров.

Материалы оптоэлектроники. Излучение света в полупроводниках. Полупроводники с прямой и непрямой запрещенной зоной. Материалы полупроводниковых светодиодов, лазеров и фотоприемников. Активные диэлектрики (LiNbO_3 , LiTaO_3 , KTiOPO_4), их физико-химические и оптико-физические свойства. Их применение в оптоэлектронике. Материалы для изготовления волоконных и планарных оптических волноводов.

Жидкие кристаллы. Органические материалы в электронной технике. Органические электролюминесцентные материалы: синтез, свойства и способы формирования тонкопленочных ОСИД.

Электровакuumные и газоразрядные приборы: приемно-усилительные лампы, приборы СВЧ, фотоумножители, лучевые приборы, электронно-оптические преобразователи, газоразрядные приборы, газовые лазеры.

Тенденция развития технологии и оборудования электронной техники - интеграция и автоматизация технологических процессов, групповая обработка. Методы формообразования деталей ИЭТ и обработки поверхности. Обработка резанием, абразивная обработка хрупких материалов. Химическая обработка и подготовка поверхности. Методы вакуумной плазменной обработки материалов. Лазерная обработка.

Методы и оборудование для выращивания монокристаллов. Особенности выращивания из расплава элементарных полупроводников. Оптимизация равномерного распределения легирующих примесей в монокристаллах. Технология и оборудование получения полупроводникового кремния, германия и арсенида галлия. Особенности технологии диэлектрических лазерных кристаллов. Методы контроля и стабилизации параметров процесса выращивания монокристаллов.

Методы получения плёночных покрытий: осаждение в вакууме, химическое, термохимическое и электролитическое осаждение и плазменное нанесение покрытий. Авто- и гетероэпитаксиальное наращивание. Молекулярная эпитаксия. Термохимическое выращивание диэлектрических

покрытий. Оборудование, применяемое для получения покрытий. Свойства тонкоплёночных покрытий.

Методы получения р-п переходов, гетеропереходов и переходов металл-полупроводник. Диффузионные методы легирования. Ионное легирование /имплантация/. Отжиг ионнолегированных слоев. Оборудование для создания р-п переходов.

Физические основы и техника фотолитографии. Фотошаблоны. Электронная, ионная и рентгеновская литография. Оборудование для процессов литографии.

Основы технологии контактной, дуговой и холодной сварки, а также пайки. Методы получения вакуумноплотных соединений. Клеевые соединения. Методы контроля герметичности. Методы пассивации и защиты полупроводниковых приборов и ИМС.

Методы и технология откачки и газозаполнения электровакуумных и газоразрядных приборов. Откачка удалением и связыванием. Криогенная откачка. Вакуумное технологическое оборудование для формирования остаточной вакуумной среды в электронных приборах.

Моделирование физико-химических процессов в технологии производства изделий электронной техники.

Методы анализа материалов электроники: термические методы, оптическая спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, рентгеноструктурный анализ, методы анализа состава и микропримесей, электронная микроскопия.

Оборудование для выращивания кристаллов:

- высокотемпературные ростовые системы с резистивным и индукционным нагревом;
- высокотемпературные ростовые системы с контролируемой атмосферой.

Оборудование физико-химических методов обработки:

- оборудование для механической обработки пластичных и хрупких материалов, стеклянных и керамических деталей;
- прецизионное электроэрозионное оборудование для обработки деталей электронных приборов;
- электронно-лучевые и ионно-лучевые, магнетронные, термоионные и ВЧ распылительные устройства для получения тонких пленок;

- ионные, ионно-плазменные, ВЧ и СВЧ-плазмохимические устройства для обработки материалов;
- оборудование для обработки лучом лазера;
- оборудование для электрохимической обработки;
- термическое оборудование;
- прецизионное оборудование для сборки ИЭТ; системы ориентации, позиционирования, подачи деталей в зону сборки и соединения деталей;
- контрольно-измерительное оборудование; системы технического зрения;
- испытательное оборудование.

4. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Зломанов В.П. Фазовые равновесия. Химия дефектов в кристалле. Учебное пособие. – М.: МГУ, 2011, 114 с.
2. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011, 400 с.
3. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. Учебное пособие для вузов. - М. – Высшая школа, 2005.
4. Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы. Пер. с англ. М.: Мир, 2005.
5. Василенко О.А. Оптические явления в твердом теле: конспект лекций: Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 136 с.
6. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков. В 2 т. Т.1. – М.: Физматлит, 2003. - 496 с.
7. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Высшее образование, Юрайт-Издат., 2009.
8. Игнатов А.Н., Фадеева Н.Е., Савиных В.Л., и др. Классическая электроника и нанoeлектроника. – М., Флинта: Наука, 2009, 728 с.
9. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. Изд. 2-е, доп. – М.: Техносфера, 2009. – 368 с.
10. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы. СПб. Лань, 2006. - 480 с.
11. Аветисов И.Х., Можевитина Е.Н., Петрова О.Б. Построение $P-T$ -х диаграмм фазовых равновесий. Задачник: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. – 80 с.
12. Холодков И.В., Ефремов А.М., Светцов В.И. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. – ГОУ ВПО «Иван. гос. хим. - технол. ун-т» - Иваново, 2004. – 195 с.

13. Петрова О.Б. Физическая электроника (полупроводники). Решение задач: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013 - 44 с.
14. Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. Сборник задач по полупроводниковой электронике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 168 с.
15. Антоненко С.В. Технология тонких пленок. Учебное пособие – М.: МИФИ, 2008. - 104 с.
16. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит, 2001.
17. Багдасаров Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава, Физматлит, М., 2004, 160 с.
18. Блистанов А.А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.: Изд-во МИСИС, 2007, 432 с.
19. Осико В.В. Лазерные кристаллы. М.: Наука, 2002, 496 с.
20. Федоров О.П. Процессы роста кристаллов: кинетика, формообразование, неоднородности. Киев: Наукова думка, 2010, 208 с.
21. Портнов В.Н., Чупрунов Е.В. Возникновение и рост кристаллов. М.: Физматлит, 2006, 328 с.
22. Белозеров В.В., Босый С.И., Буйло С.И., Прус Ю.В. Современные методы диагностики материалов и изделий из них. – Ростов н/Д.: ЮФУ, 2007. – 224 с.
23. Горашенко Н.Г., Петрова О.Б., Степанова И.В. Методы исследования материалов электронной техники и наноматериалов. Лабораторный практикум: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 94 с.

Дополнительная:

1. Чеботин В.Н. Химическая диффузия в твердых телах. М.: Наука, 1989
2. Чеботин В.Н.. Физическая химия твердого тела. – М.: Химия, 1982.
3. Третьяков Ю.Д., Лепис Х. Химия и технология твердофазных материалов. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
4. Глазов В.М., Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. М.: Химия, 1981.
5. Коллонг Р. Нестехиометрия. М.: Мир, 1974.
6. Майссел Л., Глэнг Р. Технология тонких пленок. Справочник (в 2-х томах) Советское радио, 1977.
7. Третьяков Ю.Д., Лепис Х.. Химия и технология твердофазных материалов. – М.: Изд-во МГУ, 1985.

8. Дудкин В.И., Пахомов Л.Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение. Учебное пособие. М.: Техносфера, 2006.
9. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993.
10. Креггер Ф. Химия несовершенных кристаллов. М.: Мир, 1971.
11. Зиновьев А.Ю., Чередниченко А.Г., Аветисов И.Х. Технология органических электролюминесцентных устройств. Теоретические основы и материалы. Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 62 с.
12. Зиновьев А.Ю., Аветисов И.Х., Чередниченко А.Г. Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. 63 с.
13. Аветисов И.Х., Зиновьев А.Ю., Чередниченко А.Г., Аветисов Р.И. Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64 с.
14. Томилин М.Г., Невская Г.Е. Дисплеи на жидких кристаллах. Учеб. пособие, С.-Петербург, ИТМО, 2010. 108 с.
15. Парфенов В.А. Лазерная микрообработка материалов: Учеб. пособие. С.-Пб.: Изд-во СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 59 с.
16. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Система кремний – диоксид кремния в субмикронных СБИС. М.: Техносила, 2003.
17. Кузьминов Ю.С., Ломонова Е.Е., Осико В.В. Тугоплавкие материалы из холодного тигля. М., Наука, 2004. 370 с.
18. Гринев Б.В., Дубовик М.Ф., Толмачев А.В. Оптические монокристаллы сложных оксидных соединений. Изд. Института монокристаллов. Харьков 2004, 510 с.
19. Кофстад П. Отклонение от стехиометрии, диффузия и электропроводность в простых окислах металлов. – М.: Мир, 1975.
20. Вишняков А.В., Зубковская В.Н. Лабораторные работы по химии твердого тела. – М.: МХТИ, 1977.
21. Балашов В.А., Егорова А.Н., Зубковская В.Н., Федорова Т.Б. Лабораторный практикум по инструментальным методам анализа материалов электронной техники. – М.: МХТИ, 1982.
22. Лазеры. Справочник под ред. А.М. Прохорова. - М.: Наука, 1979.
23. Глазов В.М., Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. М.: Химия, 1981.
24. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. М.: Металлургия, 1979.

25. Сорокин И.Н., Акуленок М.В. Технология электронных компонентов. М.: МИЭТ, 1999.
26. Раскин А.А., Картушина А.А., Баровский Н.В. Технология материалов электронной техники. М.: МИЭТ, 1999.
27. Афанасьев В.П., Ганенков Н.А., Пщелко Н.С. Материалы и компоненты функциональной электроники. СПб.: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1999.
28. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. Материаловедение / Под ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
29. Б.Г. Зималин, Н. Н. Рукавишников. Неодимовые лазеры. Учебное пособие. СарФТИ. 2010.
30. Неупорядоченные полупроводники /А.А. Айвазов, Б.Г. Будагян, С.П. Вихров, А.И. Попов. М.: Издательство МЭИ, Высш. шк., 1994.
31. Технология СБИС. В 2 кн. / Под ред. С. Зи. М.: Мир, 1986.
32. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. М.: Мир, 1985.
33. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
34. Сорокин В.С. Методы формирования полупроводниковых сверхрешеток и квантоворазмерных структур. СПб.: СПбГЭТУ, 1996.
35. Ганенков Н.А., Закржевский В.И., Пчелко Н.С. Теория и расчет электромеханических преобразователей на активных диэлектриках. РИО ЭТУ, 1995.
36. Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
37. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
38. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М. Высшая школа, 2001.
39. Рычина Т.А., Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоматериалы. М.: Радио и связь, 1989.
40. Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники. Ч. 1. Методы исследования состава материалов электронной техники / Ю.Н. Коркишко, А.Г. Борисов, Н.Г. Никитина и др. Под ред. Ю.Н. Коркишко. М.: МИЭТ, 1997.
41. Матына Л.И., Федоров В.А., Коркишко Ю.Н. Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники. Ч. 2. Методы исследования структуры материалов электронной техники / Под ред. Ю.Н. Коркишко. М.: МИЭТ, 1997.

- 42.Редин В.М., Минкин М.Л. Исследование физических процессов загрязнения поверхности полупроводниковых пластин в чистых производственных помещениях микроэлектроники. М.: МИЭТ, 1992.
- 43.Чистые помещения / Под ред. И. Хаякавы. М.: Мир, 1990.
- 44.Калинина И.С. Расчет и конструирование чистых производственных помещений. М.: МИЭТ, 1998.
- 45.Ануфриенко В.В. Процессы и оборудование фотолитографической обработки. М.: МИЭТ, 1998.
- 46.Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.; Высш.шк.,1990, 423 с.
- 47.Парфенов О.Д. Технология микросхем. М.; Высш.шк.,1986, 320 с.
- 48.Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. Т.2. Материалы и рабочие характеристики. М.; Мир, 1981, 364 с.
- 49.Физика и химия соединений $A^{II}B^{VI}$. Под ред. С.А.Медведева М.; Мир. 1970, 625с.
- 50.Мильвидский М.Г., Освенский В.Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников. М.: Металлургия, 1984. 256 с.
- 51.Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высш.шк.,1989, 192 с.
- 52.Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. М.: Высш.шк.,1986, 304 с. Высш.шк.,1993, 352 с.
- 53.Мильвидский М.Г., Пелевин О.В., Сахаров Б.А. Физико-химические основы получения разлагающихся полупроводниковых соединений. М.: Металлургия, 1974. 391 с.