

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРИНЯТО

на заседании Приемной комиссии
протокол № 7 от 26.03.2015 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя
Приемной комиссии,
Проректор по учебной работе,
канд. филос. наук,

М.В. Румянцев



ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру

**Направление 11.06.01 «Электроника, радиотехника
и системы связи»**

**Образовательная программа 05.27.06 «Технология и
оборудование для производства полупроводников, материалов
и приборов электронной техники»**

Красноярск – 2015

1. Физические и физико-химические основы электронной техники

Основы кристаллографии. Структура и симметрия идеальных и реальных кристаллов; основные типы дефектов кристаллической структуры. Дефекты, вызванные инородными примесями. Современные методы исследования кристалла. Механизмы диффузии. Элементы математического описания диффузионных процессов.

Дифракция в кристаллах. Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел, оптические свойства, ферромагнетизм, сегнетоэлектричество, сверхпроводимость.

Электрические свойства металлов, диэлектриков и полупроводников. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Фарадея. Фотоэффект. Эффект Франца-Келдыша. Эффект Ганна. Электронная эмиссия. Основы электронной теории твердого тела.

Поляризация диэлектриков и ее физическая сущность. Диэлектрические потери и их природа.

Основы кристаллизационных методов очистки и выращивания монокристаллов. Гетерогенные равновесия. Условия стабильности и равновесия фаз. Понятие о фазах переменного состава. Термодинамика неравновесных процессов в технологии материалов электронной техники.

Основы физической химии высокодисперсных систем. Принципы создания наноконпозиционных материалов. Фазовые и структурные переходы в сверхтонких (поверхностных) системах.

2. Материалы электронной техники и технологии их получения

Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению. Физическая природа электропроводности металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков и композиционных материалов; сверхпроводящие металлы и сплавы; характеристика проводящих и резистивных материалов во взаимосвязи с их применением в электронной технике.

Элементарные полупроводники. Принципы выращивания структурно-совершенных монокристаллов. Полупроводниковые соединения $A^M B^VI$, $A^III B^V$ и $A^IV B^V$. Методы кристаллизации и легирования. Аморфные полупроводники.

Магнитные материалы. Металлы и сплавы, ферриты, магнитодиэлектрики, магнитные полупроводники, аморфные интерметаллические соединения. Магнитные пленки. Цилиндрические магнитные домены (ЦМД). Методы их получения и контроля. Принцип действия запоминающих устройств на ЦМД.

Материалы вакуумной электроники. Особенности технологии изготовления корпусов ИС на основе металлов и стекловидных материалов.

Материалы оптоэлектроники. Материалы для изготовления волоконных и планарных оптических волноводов.

Материалы акустоэлектроники. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.

Наноматериалы. Методы литографии высокого разрешения. Эпитаксиальные методы. Электрохимические методы. Золь-гель технология. Методы молекулярного наслаивания.

Органические материалы в электронной технике. Методы получения полимеров реакциями полимеризации и поликонденсации.

Неорганические стекловидные диэлектрики в электронной технике и в микроэлектронике.

Сверхпроводящие материалы. Кристаллическая структура и изотипический эффект. Эффект Джозефсона. Высокотемпературные керамические сверхпроводники. Технология изготовления.

Фоторезисты. Материалы, используемые для производства фоторезистов и проведения процессов литографии. Электронрезисты и рентгенрезисты. Технология производства.

Особо чистые элементы и материалы, их роль в современной технике. Физико-химические основы глубокой очистки веществ. Методы очистки.

3. Физические основы приборов электронной техники

Свойства p-n перехода. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Диффузия носителей и примесей. Термо-ЭДС. Эффект Пельтье.

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

Явления переноса в твердых телах, контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Электронно-дырочный переход, изотипные и анизотипные гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом.

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

Источники излучения. Физические основы работы лазеров. Технология изготовления. Оптические волноводы. Оптические усилители. Интегрально-оптические элементы. Электрооптические эффекты. Принципы нелинейной оптики.

Пьезоэффект. Принципы акустоэлектроники. Приборы с зарядовой связью. Фотоэлектронные приборы, Фотоприемники и солнечные батареи. Оптоэлектронные приборы на основе наноструктурированных полупроводников (квантовые точки и нити). Фотонные кристаллы.

Элементы микросистемной техники. Микромеханические сенсоры. Виды преобразователей. Датчики на основе микромеханических преобразователей. Микромеханические приводы движения. Устройства микропозиционирования и микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы.

4. Технология получения структур микроэлектроники

Методы эпитаксии кремния из газовой фазы. Легирование и автолегирование. Структуры для СВЧ-транзисторов, диодов Ганна и Шоттки. Структуры со скрытыми слоями. Структуры полупроводник-диэлектрик. Структуры оптоэлектроники.

Активные индикаторы. Пассивные индикаторы. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах.

Процессы толсто пленочной технологии. Процесс ионного распыления материалов. Физико-технологические основы процессов осаждения пленок и травления материалов. Методы нанесения тонких пленок в вакууме.

Технологические методы формирования наноструктур. Процессы самоорганизации и самоформирования в технологии наноструктур.

5. Методы исследования материалов и элементов электронной техники

Методы измерения электрических параметров полупроводников.

Методы исследования реальной структуры кристаллов, определения фазового состава.

Оптические методы металлографических исследований.

Методы определения химического состава.

Методы определения деформаций в структурах микроэлектроники. Туннельная и атомно-силовая микроскопия.

6. Технология и оборудование производства изделий электронной техники

Тенденции развития технологии СБИС и УБИС. Требования технологии к технологическому оборудованию (ТО), направления развития ТО. Методы проектирования технологического оборудования для получения субмикронных и наноразмерных структур.

Микромеханика и мехатроника в составе прецизионного оборудования электронной техники.

Проблемы комплексной автоматизации производства на современном уровне. Технико-экономический анализ технологического и производственного процесса. Гибкие автоматизированные системы управления технологическими процессами и производством.

Системный подход к организации современного полупроводникового производства и разработке ТО. Геометрическое моделирование и системы компьютерной графики.

Методология проектирования технических систем.

Экологические аспекты субмикронной и нанотехнологии. Принципы организации чистых производственных помещений. Транспортные и загрузочные системы микроэлектроники. Кластерный принцип организации

полупроводникового производства.

Образование и распространение аэрозольных частиц в технологических объемах микроэлектроники. Способы формирования электронных потоков. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии.

Методы очистки исходных материалов и структур.

Технология и оборудование для выращивания монокристаллов. Технология и оборудование для получения: полупроводникового кремния и германия; тонких пленок в вакууме; эпитаксиальных слоев; р-п переходов.

Технологии контактной, дуговой, холодной сварки и пайки.

Методы и технология откачки и газозаполнения электровакуумных и газоразрядных приборов.

Термохимическое оборудование в производстве электровакуумных в полупроводниковых приборов.

Электротермические устройства и системы.

Методы и оборудование травления микроструктур.

Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки.

Контрольно-измерительное и испытательное оборудование. Современные принципы автоматизации технологических процессов измерения и контроля в процессе многооперационной обработки. Аналитическое вакуумное оборудование. Методы получения высокого вакуума. Вторично-ионные масс-спектрометры, Оже-спектрометры, оборудование, использующее рентгеновское и лазерное излучение.

Литографические процессы в производстве полупроводниковых приборов. Анализ точности литографического процесса и определение требований к ТО. Сопоставительный анализ предельных возможностей процессов и ТО литографии, основанных на применении ультрафиолетового, лазерного и рентгеновского излучений, электронных и ионных пучков. Схемы процессов проектирования и формирования изображений на пластинах в производстве интегральных микросхем. Оборудование оптической литографии. Электронная литография. Основные проблемы создания и внедрения рентгеновского литографического оборудования. Ионно-лучевая литография (ИЛЛ).

Требования технологических процессов сварки и пайки к ТО сборки монтажа микросхем.

Автоматизация монтажно-сборочного оборудования микроэлектроники. Адаптивные основы управления.

Основные виды контрольно-измерительных операций на различных стадиях изготовления полупроводниковых приборов и шаблонов. Контролируемые параметры, методы и приборы неразрушающего контроля.

Технологические микросистемы. Компоненты технологических микросистем: микроклапаны, микронасосы, микродозаторы, микросмесители, микросепараторы, микротранспортеры, микрореакторы. Микро- и нано-инструмент.

Список рекомендованных источников

Основная литература

1. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: курс лекций / Г.Н.Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. - 246 с.
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника Учебн. для вузов М. Техносфера, 2008.- 512с.
3. Томилин В.И. Физико-химические основы технологии ЭС. Рекомендован УМО РФ в качестве учебника для студентов ВУЗов. – М., изд. «Академия» 2008г., - 420 с.
4. Киреев В.Ю. Столяров А.А. Технологии микроэлектроники: Химическое осаждение из газовой фазы. – М. Техносфера, 2006.- 192 с.
5. Джексон Р.Г. Новейшие датчики: Учебник-монография (пер. с англ. под ред. Лучинина В.В.) Изд. 2-е, доп. – М. Техносфера, 2008.- 400 с.
6. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. Материаловедение / Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
7. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. – М.: Мир, 1985.
8. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Система кремний—диоксид кремния в субмикронных СБИС. – М.: Техносила, 2003.
9. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. – М.: Техносила, 2002.
10. Мэттьюз Ф. Ролингс Р. Композитные материалы; Механика и технологии (пер. с англ. Баженова С.Л.). – М. Техносфера, 2006. - 408 с.
11. Кардона М. Основы физики полупроводников. – М.: Физматлит, 2002.
12. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. – М. Высш. шк., 2001.
13. Иовдальский В.А., Климачев И.И. СВЧ ГИС: Основы технологии и конструирования (под ред. Королева А.Н.). – М. Техносфера, 2006. - 352 с.
14. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике Изд. 2-е, испр., доп. – М. Техносфера, 2008. - 160 с.
15. Коротеев А.А. Малогабаритные энергонапряженные системы транспортировки электронных пучков в плотные среды. – М.: Машиностроение, 2003.
16. Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. – М.: Машиностроение, 2003.
17. Коловский, Ю.В. Метрология, стандартизация и технические измерения: Учебн. для вузов / Ю. В. Коловский. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. - 432с.
18. Патрушева Т.Н. Экстракционно-пиролитический метод получения оксидных функциональных материалов. – М.: Наука. 2006. – 176 с.
19. Шелованова Г.Н. Полупроводниковые гетероструктуры в микро- и

наноэлектронике: учебное пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 175 с.

20. Шелованова Г.Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника: Учебное пособие. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 175 с.

21. Фуллерены: Синтез и теория образования / Г.Н. Чурилов, Н.В. Булина, А.С. Федоров; отв. ред. В.Ф. Шабанов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. - 227 с.

Составитель программы:

Ю.В. Коловский, канд. техн. наук, профессор.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.