

ПРОГРАММА
вступительных испытаний в магистратуру по направлению
11.04.04 – «Электроника и нанoeлектроника»

Магистерская программа – «Проектирование и технология изделий
микро-и нанoeлектроники»

Общие положения

Вступительные испытания в магистратуру предназначены для определения практической и теоретической подготовленности бакалавра к выполнению профессиональных задач, установленных государственным образовательным стандартом и возможности продолжения обучения в магистратуре.

Бакалавр по направлению подготовки "Электроника и нанoeлектроника" должен быть подготовлен к решению следующих типовых задач:

- 1) экспериментально-исследовательская деятельность:
 - анализ, систематизация и обобщение научно-технической информации по тематике исследования,
 - экспериментальные исследования по синтезу и анализу наноматериалов и компонентов наносистемной техники;
 - применение процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики;
 - физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов;
 - описание проводимых исследований, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и другой документации.
- 2) производственно-технологическая деятельность:
 - участие в работах по освоению технологических процессов в ходе подготовки производства наноматериалов и компонентов наносистемной техники;
 - участие в работах по подготовке технической документации на оборудование и процессы нанотехнологии и нанодиагностики;

- организация метрологического обеспечения технологического процесса, использование типовых методов и разрабатываемых методов контроля качества выпускаемой продукции;
- оценка эксплуатационных и надежности параметров изделий по типовым и разрабатываемым методикам;
- оценка экономической эффективности технологических процессов по существующим методикам;
- контроль за соблюдением технологической дисциплины.

3) эксплуатация и сервисное обслуживание:

- участие в монтаже, наладке и регулировании технологического и контрольно-диагностического оборудования, используемого при производстве наноматериалов и компонентов наносистемной техники;
- организация технического обслуживания и ремонта оборудования, используемого при реализации процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики;
- определение технического состояния и остаточного ресурса технологического и контрольно-измерительного оборудования, контроль за его эксплуатацией.

В основу программы положены следующие дисциплины государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 210100.62 «Электроника и микроэлектроника» и 210600.62 «Нанотехнология»: материалы и методы нанотехнологии, физика твердого тела, элементы и приборы наноэлектроники, процессы микро- и наноэлектроники, компьютерное моделирование расчет и проектирование наносистем.

Критерии оценки ответов при проведении вступительных испытаний в магистратуру.

При оценке ответов при проведении вступительных испытаний в магистратуру учитывается:

- правильность и осознанность изложения содержания ответа на вопросы., полнота раскрытия понятий и закономерностей, точность употребления и трактовки общенаучных, специальных, технических и технологических терминов;
- степень сформированности интеллектуальных и научных способностей экзаменуемого;
- самостоятельность ответа;
- речевая грамотность и логическая последовательность ответа.

Оценка **«отлично»:**

- полно раскрыто содержание вопросов в объеме программы и рекомендованной литературы;
- четко и правильно даны определения и раскрыто содержание физических концептуальных понятий, закономерностей, корректно использованы научные, технические и технологические термины;
- для доказательства использованы различные теоретические знания, выводы из наблюдений и опытов;
- ответ самостоятельный, исчерпывающий, без наводящих дополнительных вопросов, с опорой на знания, приобретенные при изучении дисциплин специализации.

Оценка **«хорошо»:**

- раскрыто основное содержание вопросов;
- в основном, правильно даны определения понятий и использованы научные и технологические термины;
- ответ самостоятельный;
- определения понятий неполные, допущены нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных, технических и технологических терминов, которые исправляются при ответе на дополнительные вопросы экзаменаторов.

Оценка **«удовлетворительно»:**

- усвоено основное содержание учебного материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно;
- определение понятий недостаточно четкие;
- не использованы в качестве доказательства выводы из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении;
- допущены ошибки и неточности в использовании научной, технической и технологической терминологии, в определении физического смысла исследуемого параметра.

Оценка «неудовлетворительно»:

- ответ неправильный, не раскрыто основное содержание программного материала;
- допущены грубые ошибки в определении понятий, физического смысла исследуемого параметра при использовании научной и технологической терминологии.
- Не даны ответы на вспомогательные вопросы экзаменаторов.

Структура вступительного экзамена по направлению.

Материалы и методы нанотехнологии

Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы; гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы, коллоидные растворы, золь-гель технология, методы молекулярного наслаивания, электрохимические методы, сверхбыстрое охлаждение, сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков; методы получения упорядоченных наноструктур: искусственное наноморфообразование, самоорганизация при эпитаксиальном росте, методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы; пучковые методы нанолитографии: электронная, ионная, рентгеновская; радиационные методы формирования наноструктур: образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев, формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе; методы зондовой нанотехнологии; контактное и бесконтактное формирование нанорельефа поверхности подложек; локальная глубинная модификация поверхности подложек; межэлектродный массоперенос с нанометровым разрешением, модификация свойств среды в зазоре между туннельным зондом и подложкой; электрохимический массоперенос; массоперенос из газовой фазы; локальное анодное окисление; атомная структура и микромеханика нанотрубок на подложках.

Вопросы вступительных испытаний:

1. Особенности кристаллических решёток наноматериалов.

2. Принципы построения кластеров.
3. Углеродные нанотрубки. Природа химических связей.
4. Углеродные нанокластеры. Фуллерен: атомная структура и свойства.
5. Нанотрубки в технологии топливных элементов.
6. Объёмные наноструктурированные материалы и их классификация. Методы синтеза объёмных наноструктурированных материалов.
7. Матричный синтез сверхрешёток. Типы и свойства матриц и способы их кодирования.
8. Кинетика процесса роста гетероструктур в МПЭ.
9. Базовые принципы золь-гель технологии. Технологическая схема реализации золь-гель технологии.
10. Особенности технологии получения нанопористых кремниевых структур методом электрохимического травления.

Основная литература

1. Нанотехнологии. Физика. Процессы. Диагностика. Приборы. // Под редакцией В.В. Лучинина, Ю.М. Таирова. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006 – 551с.
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие 3. Нанотехнологии в электронике // Под редакцией члена – корреспондента РАН Ю.А. Чаплыгина. Москва, Техносфера, 2005 – 446с.
4. Ч. Пул – мл., Ф. Оуэнс // Мир материалов и технологий «Нанотехнологии» // Москва, Техносфера, 2006 – 336с.
5. Харрис П. Мир материалов и технологий. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. М.: Техносфера, 2006-412с.
6. Гаев, Д. С., Мустафаев Г.А., Панченко В. А. Лабораторный практикум по курсу «Компьютерное моделирование, расчет и проектирование наносистем». – Нальчик, Каб.-Балк. ун-т, 2007. с.45. илл. 10

Дополнительная литература

1. Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005.
2. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит. 2000. 224 С.
3. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. // Успехи Химии. 2001. Т.70. №.3. С.203-240.
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979. 568 С.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии.-М: Химия, 1984.-368с.

Физика твердого тела

Симметрия и структура кристаллов; обратная решетка; уравнение Шредингера в периодическом потенциале; блоховская волновая функция;

энергетические зоны; классификация кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; носители заряда в полупроводниках и металлах и модель газа свободных и независимых электронов; кинетические процессы в электронном газе; плазменные колебания и плазмоны; скин-эффект; квантовый электронный газ; энергия и поверхность Ферми; эффективная масса носителей заряда; дырки - носители заряда в валентной зоне полупроводников; колебания кристаллической решетки и фононы; теплоемкость решетки; тепловое расширение и теплопроводность; локальное поле и диэлектрическая проницаемость; механизмы поляризуемости кристаллов; оптические свойства ионных кристаллов; поляритоны; пироэлектрики и сегнетоэлектрики; парамагнетики и диамагнетики; обменное взаимодействие; ферромагнетики и антиферромагнетики; спиновые волны; концепция квазичастиц; фазовые переходы и дальний порядок; классические и квантовые жидкости; сверхтекучесть; сверхпроводимость и эффект Мейсснера; сверхпроводники I и II рода; теория Гинзбурга-Ландау; квантование потока в сверхпроводниках; эффект Джозефсона; микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера; тепловые и радиационные точечные дефекты в кристаллах; механизмы диффузии; дислокации; элементы теории упругости, тензоры деформаций и напряжений; жидкие кристаллы; полимеры.

Вопросы вступительных испытаний:

- Элементы симметрии кристаллических многогранников: плоскость симметрии, ось симметрии, центр симметрии.
- Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки. Основные формулы структурной кристаллографии.
- Классификация дефектов. Дефекты по Френкелю и Шоттки
- Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиций симметрии (принцип Кюри).
- Метод Дебая - Шеррера.
- Пироэлектрический эффект. Пироэлектрические коэффициенты.
- Магнитные свойства кристаллов. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемостей.

- Тензор механических напряжений и деформаций. Антисимметричные тензоры.
- Методы Лауэ. Определение ориентировки и симметрии кристаллов. Метод вращения и колебания кристалла.
- Метод Дебая - Шеррера. Индицирование дебаеграмм. Фазовый анализ.

Основная литература

1. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. “Основы кристаллофизики”, М., 1979, Наука.
2. Шаскольская М.П. “Кристаллография”, М., Высшая школа, 1976.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М. Высшая школа, 1988.

Дополнительная литература

1. Ашкрофт Н., Мэрмин Физика твердого тела. 1 и 2 том, М. Мир. 1979
2. Киттель Г. Физика твердого тела. М. Наука. 1978.
3. Уманский Я.С. и др. “Кристаллография, рентгенография, электронная микроскопия”, М., Металлургия, 1982.

Элементы и приборы нанoeлектроники

Полевые нанотранзисторы: механизмы токопереноса, теоретические и технологические пределы уменьшения размеров; приборы на основе композиционных гетероструктур; модулированное легирование; δ -легирование гетероструктуры; кулоновская блокада туннелирования и одноэлектроника; энергозависимые ячейки памяти; резонансно-туннельные диоды и схемы на их основе, приборы на основе молекулярных проводников; спинтроника; магниточувствительные элементы в системах записи считывания информации, энергозависимые ячейки памяти, спиновые клапаны, элементы на основе спинзависящего туннелирования; квантовые проводники, электронные квантовые интерферометры; принципы организации нанокomпьютеров; квантовые клеточные автоматы; физические методы параллельной обработки информации; вычислители на основе ДНК, искусственные нейронные сети; перспективная элементная база квантовых компьютеров.

Вопросы вступительных испытаний:

1. Технологические факторы, ограничивающие микроминиатюризацию
2. Физические явления, ограничивающие микроминиатюризацию
3. Баллистический транспорт носителей заряда.
4. Свойства неограниченного кристалла (3D-электронного газа), энергетический спектр квантовой ямы (2D-электронного газа)
5. Электронный газ в квантовой проволоке (1D-электронного газа), в квантовой точке (0D-электронного газа)
6. Дельта- легированные структуры
7. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток.
8. Квантовый перенос в наноструктурах. Кулоновская блокада
9. Электронные приборы на наноструктурах. Модуляционно- легированные полевые транзисторы (MODFET)
10. Транзисторы с резонансным туннелированием

Основная литература

1. Дж.Мартинес-Дуарт и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники, Москва, 2007г.
2. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники.
3. Борисенко В.Е. и др. – Наноэлектроника. Москва, Бином, 2009г.

Дополнительная литература:

4. Герасименко Н.Н. Кремний – материал наноэлектроники.
5. Щука А.А. Наноэлектроника. Москва, физматкнига, 2007г.

Процессы микро - и нанотехнологии.

Организационно - технологические основы производства изделий микро- и наноэлектроники; классификация и стандартизация базовых операций; производственная гигиена, чистота материалов и помещений; физико-химические методы очистки поверхности; оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков; газофазное осаждение, жидкофазная эпитаксия; атомно-молекулярная сборка; оборудование и методы удаления вещества; газовое, жидкостное, ионно-плазменное травление; ориентационно-чувствительные процессы травления; оборудование и методы модифицирования вещества; процессы окисления, диффузии, ионного легирования, термического и корпускулярно-лучевого отжига; имплантография; оборудование и методы литографии; фото-, электроно- и рентгенолитография; стереолитография; нанолитография; аппаратурная и топохимическая инте-

грация процессов микротехнологии; самоформирование; интегрированные кластерные технологические комплексы; системный подход к управлению качеством продукции; ЕСТД и её применение; структура и функции АСУТП; оптимизация контрольно-измерительных операций; зависимость показателей качества и надежности изделий от показателей качества технологического процесса; физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации; эксплуатация и сервисное обслуживание микроэлектронного производства.

Вопросы вступительных испытаний:

1. Классификация процессов микро и нанотехнологии по физико-химической сущности: механический, термический, химический, корпускулярно-полевой.
2. Классификация процессов микро и нано технологии по виду процессов: нанесение, удаление, модифицирование; характеру протекания процессов: локальный, изотропный, анизотропный, селективный.
3. Физические основы ионного легирования. Пробеги и распределение пробегов ионов.
4. Разупорядочение решетки и радиационные повреждения. Отжиг дефектов.
5. Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электронолитографи
6. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического кремния, оксида и нитрида кремния.
7. Реактивно-ионное травление. Механизм травления, оборудование, методы.
8. Ионное травление. Механизм травления, оборудование, методы.
9. Физико-технологические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции.
10. Положение внедренных ионов в кристаллической решетке. Активация примеси.

Основная литература

1. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. М., Металлургия, 1979.
2. Пичугин И.Г., Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых приборов. М., В.Ш., 1984.
3. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронно-ионной технологии. М., В.Ш., 1984.
4. Вендик С.Г., Горин Ю.Н., Попов В.Ф. Корпускулярно-фотонная технология. М., В.Ш., 1984.

5. Курносков А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М., В.Ш., 1986.
6. Бер А.Ю., Минсор О.Е. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем. М., В.Ш., 1986.

Компьютерное моделирование, расчет и проектирование наносистем

Физико-математические модели объектов наноэлектроники; энергетический спектр систем пониженной размерности в электрическом и магнитном полях, транспортные явления в гетероструктурах и квантовых проводниках, диффузионно-дрейфовая модель, кинетическое уравнение, метод молекулярной динамики, уравнения квантовой динамики, численные методы квантовой химии; метод функционала плотности; математические модели роста наноструктур; методы численного анализа задач наноэлектроники и нанотехнологии; моделирование магнитной наноструктуры и спин-зависящего туннелирования; моделирование характеристик одноэлектронных транзисторов; компьютерная реализация моделирования наносистем; профессиональные пакеты микро- и наноэлектроники, квантовой химии; математические пакеты; графические библиотеки; алгоритмы параллельных вычислений при работе на много процессорных суперкомпьютерах; архитектура параллельных процессов, их аппаратная и программная реализация.

Вопросы вступительных испытаний:

1. Одноэлектронные приборы.
2. Основы наноэлектроники.
3. Эквивалентные схемы туннельного перехода.
4. Моделирование кремниевых ПТ.
5. Контактные слои для нанотранзистора.
6. Модели фотолитографических процессов.
7. Перспективы развития технологии КНИ.
8. Моделирование процессов осаждения Si_3N_4 .
9. Модель реактора идеального смешивания.
10. Кремниевый нанотранзистор. Этапы формирования нанотранзисторов

Основная литература

1. Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника/ под ред. Орликовский А.А. М.: Наука, 2005г., 415с.
2. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы/ под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. М.: 2006г., 552с.
3. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: 2005г, 416с.
4. Ч. Пул – мл., Ф. Оуэнс // «Нанотехнология» // М.: 2005г., 196с.
5. Моделирование элементов и технологических процессов /под. ред. П. Антонетти, Р.Даттона. М: 1989г., 236с.