

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»



ПРОГРАММА
вступительных испытаний в магистратуру по направлению
подготовки 11.04.04 – «Электроника и наноэлектроника»
направленность (профиль) программы
магистратуры: «Микро- и наноэлектроника»

Разработана:
Зав. кафедрой ЭП
д.т.н., проф. Козырев Е.Н.

Владикавказ - 2023 г.

Пояснительная записка

Вступительные испытания по направлению подготовки 11.04.04 - "Электроника и наноэлектроника", на магистерскую программу «Микро- и наноэлектроника» (очная форма обучения) проводятся для лиц, желающих освоить программу специализированной подготовки магистра по данному направлению.

Цель вступительных испытаний заключается в определении уровня общей личностной культуры, профессиональной компетентности и готовности к освоению программы специализированной подготовки магистра в области электроники и наноэлектроники, поступающих в магистратуру.

Лица, желающие освоить программу специализированной подготовки магистра, должны иметь высшее профессиональное образование определенной ступени, подтвержденное документом государственного образца.

Лица, имеющие диплом бакалавра по направлению подготовки 11.03.04 - "Электроника и наноэлектроника", зачисляются на специализированную магистерскую подготовку на конкурсной основе. Условия конкурсного отбора определяются вузом на основе государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования бакалавра по данному направлению. Вступительные испытания проводятся в форме письменного экзамена, включающего в себя разделы физики конденсированного состояния; твердотельной электроники и микроэлектроники; квантовой и оптической электроники, вакуумной и плазменной электроники, предусмотренные государственным образовательным стандартом подготовки бакалавра по данному направлению.

Лица, желающие освоить программу специализированной подготовки магистра по данному направлению и имеющие высшее профессиональное образование, профиль которого не указан выше, допускаются к конкурсу по

результатам сдачи письменного экзамена, включающего в себя разделы физики конденсированного состояния; твердотельной электроники и микроэлектроники; квантовой и оптической, вакуумной и плазменной электроники, необходимые для освоения программы подготовки магистра и предусмотренные государственным образовательным стандартом подготовки бакалавра по данному направлению.

Программа составлена на основе стандартов ФГОС ВПО.

Магистр по направлению подготовки 11.04.04 - «Электроники и наноэлектроники», должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью магистерской программы и следующим видам профессиональной деятельности:

- *проектно-конструкторская;*
- *производственно-технологическая;*
- *научно-исследовательская;*
- *научно-педагогической.*

Программа предусматривает расширение сферы компетенции в области электроники и наноэлектроники и включают в себя:

совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленной на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, технологию производства, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой, оптической, микро- и наноэлектроники различного функционального назначения.

Вопросы к вступительному экзамену в магистратуру по направлению:
«Электроника и наноэлектроника» (направленность магистерской
программы: «Микро-и наноэлектроника»)

1. Физика конденсированного состояния

1. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение.

2. Волновые функции Блоха. Волновой вектор электрона, импульс, скорость. Эффективная масса электрона.

3. Физический смысл зоны Бриллюэна и ее построение. Свойства энергетического спектра электронов, энергетические зоны. Характер заполнения энергетических зон. Электроны и дырки. Металлы, полупроводники, диэлектрики.

4. Функция распределения Больцмана и Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Поверхность Ферми. Число и плотность состояний в энергетической зоне. Концентрация электронов и дырок в зонах.

5. Дефекты в кристаллах. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Собственные и примесные дефекты. Протяженные дефекты, дислокации.

6. Собственный полупроводник, собственная концентрация свободных носителей. Уровни в запрещенной зоне, доноры и акцепторы. Вырожденный полупроводник. Уравнение электронейтральности. Некомпенсированные и компенсированные полупроводники.

7. Контакт металл-полупроводник. Образование потенциального барьера. Распределение электрического поля и потенциала в барьере Шоттки. Уравнение Пуассона.

8. Контакт дырочного и электронного полупроводников. Образование области объемного заряда и потенциального барьера на границе двух полупроводников. Поле и потенциал в p-n-переходе. Уравнение Пуассона.

9. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Механизмы прохождения токов через гетеропереход.

10. Природа поверхностных состояний. Энергетическая диаграмма приповерхностной области полупроводника. Обеднение, обогащение и инверсия. Эффект поля. Быстрые и медленные состояния. Скорость поверхностной рекомбинации.

11. МДП-структуры. Зонная диаграмма МДП-структуры. Механизмы накопления и перераспределения заряда в МДП-структурах.

12.Спектр колебаний кристаллической решетки. Акустические и оптические колебания. Фононы. Энергия и импульс фонона. Статистика фононов. Плотность состояний фононов.

13.Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Температура Дебая.

14.Тепловое расширение твердых тел, его физическое происхождение. Теплопроводность твердых тел.

15.Гальваномагнитные, термоэлектрические и термомагнитные явления. Эффект Холла. Эффект Нернста. Эффект Эттингсгаузена.

16.Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Эффект Ганна.

17.Оптические характеристики твердых тел. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Закон сохранения энергии и волнового вектора при оптических переходах электрона.

18.Люминесценция полупроводников. Виды люминесценции. Рекомбинационная и внутрицентровая люминесценция.

19.Предпробойная и инжекционная электролюминесценция.

20.Типы фотоэффектов в полупроводниках. Собственная и примесная фотопроводимость. Спектральная и температурная зависимость фотопроводимости.

21.Фото Э.Д.С. в полупроводниках. Эффект Дембера. Фотомагнитный эффект.

22. Механизмы электропроводности диэлектриков, понятие об ионной и поляронной проводимости.

23.Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации, электрическое поле в диэлектрике. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость.

24. Основные механизмы поляризации в диэлектриках. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости.

25.Спонтанная поляризация. Пироэффект. Сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрический фазовый переход. Пьезоэлектрический эффект.

2. Твердотельная электроника и микроэлектроника

1.Вольт-амперная характеристика р-п-перехода. Выпрямление на р-п переходе. Коэффициент выпрямления.

2.Полупроводниковые диоды на основе р-п-перехода. Типы полупроводниковых диодов, классификация, технология изготовления, обозначение.

3. Основные параметры полупроводниковых диодов.
4. Выпрямительные полупроводниковые диоды. Низкочастотные плоскостные выпрямительные диоды. Частотные диоды. Особенности выпрямительных высокочастотных диодов.
5. Импульсные полупроводниковые диоды: основные параметры, назначение.
6. Полупроводниковые СВЧ-диоды. Смесительные диоды, детекторные диоды, переключательные диоды: основные параметры, назначение.
7. Лавинно-пролетные диоды, диоды Ганна: основные параметры, назначение.
8. Диоды с барьером Шоттки: основные параметры, назначение.
9. Пробой p-n-перехода. Виды пробоя.
10. Туннельные и обращенные диоды: технологические особенности, принцип действия, ВАХ, параметры, применение.
11. Стабилитроны, стабилитроны: особенности работы, ВАХ, обозначение, параметры и применение.
12. Варикапы: основные параметры, назначение.
13. Биполярные транзисторы. Устройство, классификация, технология и система обозначения.
14. Принцип действия транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Коэффициенты усиления транзистора. Схема включения транзистора с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором.
15. Статические характеристики и параметры биполярного транзистора. Входные и выходные характеристики транзисторов.
16. Транзистор как линейный активный четырехполюсник и его h-параметры. Связь физических параметров транзистора с h-параметрами.
17. Тиристоры: динисторы, тринисторы и симисторы. Назначение, устройство, и система обозначения тиристоров. Принципы действия и ВАХ динистора. Тринисторы и симисторы. Применение тиристоров.
18. Полевые транзисторы. Общие сведения, классификация система обозначения.
19. Полевые транзисторы с управляемым p-n переходом. Устройство, принцип работы, обозначение. Характеристики и параметры.
20. МДП - транзисторы. МДП транзисторы с встроенным каналом. МДП транзисторы с индуцированным каналом. Устройство, принцип

работы, обозначение. Характеристики и параметры.

21. Полупроводниковые и гибридные интегральные микросхемы. Классификация микросхем. Полупроводниковые ИМС на биполярных и МДП элементах. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы малой, средней, большой и сверхбольшой степени интеграции. Гибридные ИМС.

22. Маршрутная технология биполярных интегральных схем. Базовая технология МДП-интегральных микросхем. Активные и пассивные элементы ИМС.

23. Технология тонкопленочных ГИС и микросборок: Технология толстопленочных ГИС. Особенности технологии, разновидности, свойства, применение.

24. Схемотехнические структуры ИМС. Разновидности структур цифровых ИМС. Транзисторно-транзисторная логика. (ТТЛ). Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Инжекционная интегральная логика (ИЛ). Схемотехника, свойства, применение.

25. Схемотехнические структуры ИМС на полевых транзисторах. МДП-логика: МДП-п, МДП-р, КМДП-логика. Схемотехника, свойства, применение.

26. Нанотрубки как квантово-размерные структуры. Области их применения в нанoeлектронике .

27. Номенклатура и характеристики устройств нанoeлектроники.

3. Квантовая и оптическая, вакуумная и плазменная электроника

1. Физические основы работы светоизлучательного диода. Конструкция и технология изготовления. Параметры и характеристики светоизлучательных диодов. Индикаторы на основе светодиодов.

2. Электролюминесцентные излучатели. Тонкопленочные и порошковые электролюминесцентные излучатели: конструкция и технология изготовления.

3. Общие сведения о фотоприемниках с внутренним фотоэффектом. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, солнечные элементы.

4. Квантовые генераторы. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Ширина спектральной линии. Уширение спектральной линии.

5. Условия самовозбуждения квантового генератора. Методы создания инверсной населенности. Двух- трех- и четырехуровневые схемы работы квантовых генераторов.

6. Квантовые усилители: принцип действия, параметры, применение.

7. Твердотельные, газовые и жидкостные лазеры. Рубиновый и

неодимовый лазеры. Гелий-неоновый лазер. Лазеры на растворах органических красителей.

8. Полупроводниковые инжекционные лазеры.

9. Жидкокристаллические индикаторы.

10. Интегрально-оптическая схема. Устройства ввода-вывода излучения элементов интегральной оптики. Фокусирующие элементы интегральной оптики. Призмённые и решеточные элементы связи.

11. Волоконные оптические волноводы. Оптические потери в стекловолокне. Принцип действия волоконно-оптических линий связи. Структурная схема и классификация. Оптическое соединение элементов.

12. Вакуумная электроника и электровакуумные приборы. Применение и перспективы развития. Преимущества и недостатки электровакуумных приборов по сравнению с твердотельной электроникой.

13. Термоэлектронная эмиссия. Работа выхода электрона из твердого тела в вакуум. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Распределение эмитированных электронов по начальным скоростям.

14. Термокато́ды. Разновидности термоэлектронных катодов, активированные катоды. Конструкции термоэлектронных катодов. Долговечность катодов. Примеры использования в приборах вакуумной электроники.

15. Электронные лампы. Типы электронных ламп. Принцип действия двухэлектродной лампы. Анодные и эмиссионные характеристики вакуумного диода. Параметры диода.

16. Управление электронным потоком в трехэлектродной системе. Вакуумный триод. Характеристики триода. Семейство анодно-сеточных и сеточных характеристик. Многоэлектродные лампы.

17. Фотоэлектронная эмиссия. Внешний фотоэффект, основные законы. Фотоэлектронная эмиссия металлов и полупроводников. Эффективные фотокатоды. Вакуумные фотоприемники: конструкция, параметры и характеристики.

18. Вторичная фотоэлектронная эмиссия. Механизм возникновения вторичной электронной эмиссии. Схема измерения коэффициента вторичной электронной эмиссии. Зависимость коэффициента вторичной эмиссии от первичного напряжения. Изменение коэффициента вторичной эмиссии при изменении угла падения первичных электронов.

19. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Примеры использования в приборах вакуумной электроники. Фотоэлектронный умножитель.

20. Автоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия из

металла и полупроводника. Автоэлектронные катоды. Применение автоэлектронных катодов. Дисплеи с полевой эмиссией (PET).

21. Формирование и пространственное перемещение электронного потока. Электронный прожектор. Отклоняющие системы. Экраны.

22. Общие сведения об электронно-лучевых трубках. Типы развертки в электронно-лучевых трубках. Осциллографические и телевизионные трубки.

23. Общие сведения об электрическом разряде в газе. Типы газовых разрядов.

24. Газоразрядные приборы. Газоразрядные приборы, использующие тлеющий разряд. Неоновые лампы. Стабилитроны.

25. Газоразрядные индикаторы и плазменные панели. Газоразрядные приборы, использующие дуговой разряд.

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. М: Физматлит, 2006.
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для вузов. - СПб.: Лань, 2009.
3. Казеннов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем М.: Бином, 2009.
4. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. Учебное пособие. - изд-во Логос, 2006.
5. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров. Учебное пособие. — М.: Изд-во Физико-математическая литература, 2007.
6. Воронков Э.Н., Гуляева А.М., Мирошникова И.Н., Чарыков Н.А. Твердотельная электроника. Учебное пособие. Изд-во: АCADEMIA, 2009.
7. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. Учебное пособие. Изд-во: МГТУ им. Баумана, 2008.
8. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Учебное пособие. Изд-во: ЮРАИТ, 2011.
9. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. Оптический диапазон. Изд-во: Либроком, 2010.
10. Удда Э. Волоконно-оптические датчики. Изд-во: Техносфера, 2008.
11. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. В 2 томах. Изд-во: Бином, 2010.
12. Курочка СП., Кузнецов Г.Д., Курочка А.С. Вакуумная и плазменная электроника. Курс лекций. М: МИСиС, 2009.

Дополнительная литература

1. Сушков А.Д. Вакуумная электроника: Физико-технические основы. Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2004.
- с Варадан В., Виной К., Джозе К. ВЧ МЭМС и их применение. Перевод англ. под ред. А.Ю. Заболотной М.: Техносфера, 2004.
3. Рембеза СИ., Каргин Н.И. Физика твердого тела. Курс лекций. Ставрополь.: Из-во СевКавГТУ, 2003 г.
4. Рембеза СИ., Синельников Б.М., Рембеза Е.С, Каргин Н.И.

- Физические методы исследования материалов твердотельной электроники. Учебное пособие. - Ставрополь: СевКавГТУ, 2002.
5. Светцов В.И., Смирнов С.А. Корпускулярно-фотонные процессы и технологии. Учебное пособие. Из Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2002.
 6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2001.
 7. Лачин В.И., Саволов Н.С. Электроника. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2001.
 8. Щука А.А. Электроника. Учебное пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
 9. Ермаков О.Н. Прикладная оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004.
 10. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2001.
 11. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников диэлектриков: Учебник для вузов. - М.: МИСИС, 2003.

Тематическая подборка литературы

- «Квантовая и оптическая электроника»

1. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника. Учебник - М: Абрис, 2012.
 2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. Учебник - М: Лань, 2004.
 3. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. Учебник — М: Высшая школа, 2005.
 4. Звелто О. Принципы лазеров. Учебник - М. Мир, 2005.
 5. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. Задачник - Санкт-Петербург: Физматлит, 2005.
 6. Щука А.А. Электроника. Учебник - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008.
 7. Трофимова Т.И. Физика. Справочник с примерами задач. - М. Высшее образование, 2008
- *«Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства»*
- Айхлер Ю. Лазеры. Исполнение, управление, применение. Учебник. М: Высшая школа, 2008.
 2. Ровинский Р.Е. Мощные технологические лазеры. М: ЛОГОС, 2007. Электр. вер.
 3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. Справочник - Санкт-Петербург: Физматлит, 2005.

4. Василевский А.Н., Кропоткин М.А., Тихонов

- В.В. Оптическая электроника. Учебник - Санкт -Петербург: БХВ Петербург, 2008.
5. Ахманов С.А., Жаботинский М.Е. Квантовая электроника. Справочник - М.: ЛОГОС, 2009.
 6. Щука А.А. Электроника. Учебник - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008.
 7. Трофимова Т.И. Физика. Справочник с примерами задач. - М. Высшее образование, 2008.

- «Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур»

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. Учебник - М: Высшая школа, 2005.
2. Шубин Н.Е. От микроэлектроники к функциональной полимерной наноэлектронике. Учебник - Владикавказ: издат. СКГМИ (ГТУ),2013.
3. Бочкарев М.Н., Витуховский А.Г., Каткова М.А. Органические светоизлучающие диоды (OLED). - Нижний Новгород: Деком, 2011. Электр. вер.
4. Гусев А.И., Самохвалов М.К. Электрические характеристики тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов. - Ульяновск: Ладыя, 2006. Электр. вер.
5. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Юрайт, 2013. 1 экз.
6. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. - М.: Техносфера, 2005.
7. Пул Ч. Нанотехнологии. Учебник. - М.: Техносфера, 2006.
8. Дж.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники.

- «Процессы микро- и нанотехнологии»

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. - М.: Техносфера, 2005.
2. Мальцев П.П. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. - М.: Техносфера, 2005.
3. Бочкарев М.Н., Витуховский А.Г., Каткова М.А. Органические светоизлучающие диоды (OLED). - Нижний Новгород: Деком, 2011. Электр. вер.
4. Мальцев П.П. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника.

-М.: Техносфера, 2008.

5. Ч. Пул - млю, Ф Оуэне. Нанотехнологии. - М.: Техносфера, 2010.
6. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, М.: ЛОГОС, 2007.
7. Неволин В.К. Зондовые технологии в электронике. Учебник. М.: Техника, 2006.

- «Нанотехнологии»

1. Эрлих Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии -М. Техносфера, 2012.
2. Алфимова М.М. Занимательные нанотехнологии. - М.: Юрайт, 2011.
3. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологии в технике. Учебник - М. Высшее образование, 2009.
4. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. - М.: Техносфера, 2005.
5. Пул Ч. Нанотехнологии. Учебник. - М.: Техносфера, 2006.
6. Мальцев П.П. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. - М.: Техносфера, 2005.
7. Русев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М.: ЛОГОС, 2007.

- «Физико-химические основы технологии нанoeлектроники»

1. Лозовский В.Н., Г.С. Константинова. Нанотехнологии в электронике. Учебник. - М.: Высшее образование, 2009.
2. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. - М.: Техносфера, 2005.
3. Мальцев П.П. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. -М.: Техносфера, 2005.
4. Бочкарев М.Н., Витуховский А.Г., Каткова М.А. Органические светоизлучающие диоды (OLED). - Нижний Новгород: Деком, 2011. Электр. вер.
5. Алфимова М.М. Занимательные нанотехнологии. -М.: Юрайт, 2011.

Критерии оценок знаний поступающих в магистратуру

- Полностью отсутствует ответ - снимаются все баллы по данному вопросу;
- за неполный ответ баллы снимаются пропорционально объему изложенного материала;
- за фрагментарность ответа, отсутствие содержательных связей между отдельными его частями, отсутствие логики в изложении - до 50% баллов;
- за неполное или неправильное определение понятий, категорий, признаков, оснований классификации, ошибки в названиях - до 30% баллов;
- за недочеты - неполная характеристика структурного элемента вопроса при изложении существенного материала, нарушение последовательности изложения и др. - до 20% баллов.