

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан _____ Малышев А.И.
« ____ » _____ 2022 г.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по специальной дисциплине**

Научная специальность:

**2.2.2 – ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА МИКРО- И НАНО-
ЭЛЕКТРОНИКИ, КВАНТОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Нижегород
2022 год

1. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух частей: экзамена по специальной дисциплине (оценивается по 10-балльной шкале) и собеседования по тематике предполагаемого диссертационного исследования (оценивается по 10-балльной шкале).

Программа вступительного испытания сформирована на основе ФГОС ВО магистратуры и/или специалитета по соответствующим направлениям/специальностям.

2. Процедура проведения вступительного испытания

Экзамен по специальной дисциплине принимается устно по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования проводится на основе подготовленного поступающим реферата.

3. Содержание вступительного испытания

3.1. Содержание экзамена по специальной дисциплине

Вопросы к экзамену:

1. Резкий $p-n$ -переход при ненулевом смещении: распределение электрического поля потенциала и заряда, высота барьера, зонная диаграмма. Инжекция и экстракция носителей заряда. Сравнение с плавным $p-n$ -переходом.
2. Статическая ВАХ идеального диода. Распределение носителей в базе диода.
3. Полное сопротивление диода на переменном сигнале. Диффузионная емкость. Эквивалентные схемы диода.
4. Барьерная емкость. Зависимость барьерной емкости $p-n$ -перехода от напряжения смещения (случаи резкого и плавного переходов). Варикапы.
5. Основные механизмы пробоя диодов.
6. Работа диода при высоком уровне инжекции.
7. Переходные процессы в диодах.
8. Туннельный диод: принцип работы, эквивалентная схема, частотные ограничения.
9. Лавинно-пролетные диоды и диоды Ганна.
10. Плоский биполярный транзистор: принцип работы, токи в транзисторе, зонная диаграмма.
11. Статические характеристики транзистора в схеме с общей базой. Влияние на них температуры.
12. Статические характеристики транзистора в схеме с общим эмиттером. Влияние на них температуры.
13. Анализ работы транзистора на малом переменном сигнале. Системы малосигнальных параметров.
14. T -образная эквивалентная схема транзистора. Связь параметров эквивалентной схемы с физическими параметрами транзистора.
15. Частотные свойства транзисторов. Граничная частота передачи тока базы и предельная частота генерации. Шумы в транзисторах. Особенности СВЧ-транзисторов.
16. Импульсные свойства транзисторов (схемы ОБ и ОЭ).
17. Тиристор: ВАХ, принцип работы, зонные диаграммы. Транзисторная модель тиристора.
18. Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом: принцип работы, статические характеристики. Разновидности полевых транзисторов. Сравнение с МДП-транзистором.
19. Гетеропереходы: зонные диаграммы, распределение поля и потенциала, высота барьера. ВАХ гетероперехода (модель термоэлектронной эмиссии). Применение гетеропереходов в приборах.

20. Идеальный контакт металл–полупроводник: характеристики контакта, зонные диаграммы, диодная и диффузионная модели ВАХ.
21. Реальные контакты металл–полупроводник: эффект Шоттки, роль граничных состояний. Диоды Шоттки. Омические контакты.
22. Идеальные МДП–структуры: зонные диаграммы, зависимость заряда в полупроводнике от поверхностного потенциала. CV –характеристики идеальных и реальных МДП–структур.
23. Принципы работы приборов с зарядовой связью.
24. Фоторезисторы. Основные параметры.
25. Фотодиоды. Фотодиодный и фотогальванический режимы включения.
26. Полупроводниковые лазеры и светодиоды. Лазеры и светодиоды на квантовых ямах и квантовых точках.
27. Основные виды и типы микросхем, их основные параметры. Программируемые логические интегральные схемы.
28. Основные явления, на которых строится сверхпроводящая электроника. Принцип действия сквида. Предел быстрогодействия.
29. Основные параметры качества и тенденции развития элементов нанoeлектроники.
30. Максимальные частоты переключения в гомоструктурных полевых, биполярных транзисторах.
31. Основные принципиальные физические и технологические ограничения размеров гомоструктурных транзисторов.
32. Новые качества в гетероструктурном варианте транзисторов. Почему при этом можно дальше продвинуться в нанометровый масштаб размеров элементов и увеличить быстродействие?
33. Полезные качества двумерного электронного газа электронов в приборах нанoeлектроники.
34. Горячие электроны. Как они возникают и позволяют увеличить быстродействие БТ?
35. Резонансно-туннельные структуры с двойным барьером.
36. Квантовая интерференция электронных волн в эффекте Ааронова-Бома, как ею можно управлять?
37. Кулоновская блокада туннелирования, что ограничивает скорость дискретного туннелирования?
38. Углеродные нанотрубки. Какие качества углеродных нанотрубок позволяют считать их перспективными структурами для создания полевых транзисторов на их основе?
39. Графен. Перспективы создания активных приборов на графене.
40. Принцип действия спинового клапана. Зачем нужен слой антиферромагнетика в спиновом клапане?
41. Спиновая инжекция. Какое дополнительное полезное качество даёт спин-поляризованная инжекция в транзисторе на горячих электронах?

3.2. Требования к реферату по специальной дисциплине

Реферат по специальной дисциплине должен показать исследовательский потенциал абитуриента, его подготовленность к выполнению научно-исследовательской программы аспирантуры.

Объем реферата не должен превышать 10 страниц машинописного текста через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman, номер 14; размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,0 см, выравнивание по ширине.

Реферат должен содержать краткий обзор литературы (состояние вопроса) по предмету исследования, формулировку и обоснование проблемы: ее актуальность, фундаментальные и прикладные аспекты, степень разработанности.

В текст реферата могут быть включены схемы, таблицы, рисунки, приложения.

Структура реферата:

- титульный лист (см. Приложение);
- введение (актуальность, цель, задачи, методы исследования);
- проблемы исследования, ожидаемые результаты;
- заключение (выводы);
- список литературы;
- список опубликованных и направленных в печать статей и материалов (при наличии).

В реферате автор должен показать знание текущего состояния исследований в выбранной научной области, умение анализировать литературные источники, делать выводы о перспективах предполагаемого исследования.

Реферат представляется в экзаменационную комиссию в сроки и по адресам, указанным в расписании вступительных испытаний, опубликованном на сайте <http://priem-phd.unn.ru/>.

4 Описание шкал оценивания

Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата оценивается по 10-балльной шкале.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение каждой части вступительного испытания, устанавливается равным 6 баллам. Результирующая оценка за вступительное испытание по специальной дисциплине складывается из оценки за экзамен по специальной дисциплине и оценки за собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата.

Шкала оценивания экзамена по специальной дисциплине

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Нет ответа.
2	Нет понимания предмета.
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
4	Ответ с 3-мя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
5	Ответ с 2-мя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
6	В целом положительный ответ с 3-4 незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с несколькими незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания, с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.

10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Шкала оценивания собеседования на основе реферата

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Содержание не соответствует теме реферата, материал не систематизирован и не структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
2	Содержание не соответствует теме реферата, материал плохо систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
3	Содержание не соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован с недочетами, основные понятия проблемы раскрыты не полностью; в постановке проблемы отсутствует самостоятельность; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
4	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, нет ссылок на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
5	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, небрежно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
6	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
7	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
8	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; в постановке проблемы присутствует новизна; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
9	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна; в формулировании нового аспекта выбранной для

	анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
10	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна и самостоятельность; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата

5. Источники для подготовки к экзамену

а) основная литература:

1. Гуртов В.А.. Твердотельная электроника. – М.: Техносфера, 2005.
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы.- М.: ВШ, 1987; М.: ВШ, 2003.
3. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Сов. Радио, 1990.
4. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. - М.: Энергия, 1990.
5. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, т.1, 2. - М.: Мир, 1984.
6. Пожела Ю. Физика быстродействующих транзисторов. – Вильнюс: Моклас, 1989.
7. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы нанoeлектроники. – Новосибирск: изд. НГТУ, 2000.
8. Демиховский В. Я., Вугальтер Г. А., Физика квантовых низкоразмерных структур.- М.: Логос, 2000.
9. Щука А. А. Нанoeлектроника.- М.: Физматкнига, 2007.
10. Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. Сборник задач по полупроводниковой электронике.- М.: Физматлит, 2004.
11. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. М.6Радио и связь, 1991.

б) дополнительная литература:

1. Гуляев Ю. В., Сандомирский В. Б., Суханов А. А., Ткач Ю. А. Тенденции развития микроэлектроники// УФН, 1984, т.144, в.3, с.475-495.
2. Кульбачинский В. А. Структуры малой размерности в полупроводниках.- М.: изд. МГУ, 1998.
3. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки.// УФН, 1997, т.167, в.9.
4. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н., Квантовая электроника. Приборы и их применение. - М.: Техносфера, 2006.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 416 с. – ISBN 978-5-9221-0582-8.
6. Золотухин И. В., Калинин Ю. Е., Стогней О. В., Новые направления физического материаловедения.- Воронеж: изд. ВГУ, 2000.

в) интернет - ресурсы:

1. Интернет-ресурс справочной и математической литературы со свободным доступом www.eqworld.ipmnet.ru
2. <http://www.lib.unn.ru/> - Фундаментальная библиотека ННГУ
3. <http://studentlibrary.ru> - Студенческая электронная библиотека

4. <https://biblio-online.ru/> - Электронная библиотека Юрайт
5. <https://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система изд. «Лань»
6. <http://biblioclub.ru> – Университетская библиотека ONLINE
7. <http://phys.unn.ru/library.asp> - Электронная библиотека ФзФ ННГУ
8. <http://www.studmed.ru> - Учебно-методическая литература для студентов
9. <http://www.twirpx.com> - Общедоступный сайт www.twirpx.com
10. <http://www.rfbr.ru> – Библиотека РФФИ

Составители:

_____ /Демидов Е.С./

_____ /Карзанов В.В./

_____ /Планкина С.М./

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета
(дата 22.12.2021, протокол № 19).

Председатель методической комиссии _____ / Перов А.А. /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Реферат по специальной дисциплине

Научная специальность:

**2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники,
квантовых устройств**

Тема: _____

Выполнил:

_____ Фамилия И.О.

Нижегород

202_____