

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Институт радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД
Р.Е. Моисеев
« 5 » _____ 2024 г.



**Программа вступительного испытания
для поступления в магистратуру по направлению:
11.04.04 – Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки:
«Технологические процессы кремниевой микроэлектроники»

Казань 2024

1 Цели и задачи вступительного испытания

Целью вступительного испытания в магистратуру является выявление степени готовности абитуриентов к освоению магистерской программы по направлению 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника.

Основной задачей вступительного испытания является выявление степени сформированности компетенций, значимых для успешного обучения в магистратуре и необходимых для приобретения практических навыков в областях профессиональной деятельности, определяемых федеральным государственным стандартом по направлению 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника.

2 Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата и высшего образования для поступающих в магистратуру

Лица, имеющие диплом бакалавра или специалиста, желающие освоить данную магистерскую программу, зачисляются в магистратуру по результатам вступительных испытаний, программа которых разработана Университетом.

Программа вступительных испытаний состоит собеседования. Собеседование может проводиться в очной либо дистанционной форме (последнее – при условии идентификации поступающего во время сдачи, в том числе при собеседовании посредством видеозвонка);

На вступительном экзамене абитуриент должен показать уровень знаний, соответствующих освоению следующих компетенций, эквивалентных компетенциям ФГОС ВО (3++) по направлению подготовки бакалавриата 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника, а также смежных направлений:

- Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;
- Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;
- Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;
- Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

- Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

В ходе собеседования оценивается мотивация и уровень подготовки абитуриента для прохождения обучения по магистерской программе 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника.

3 Содержание программы вступительного междисциплинарного экзамена

Абитуриенты, поступающие в магистратуру по программе 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника должны пройти собеседование в форме опроса. В процессе экзамена каждому абитуриенту предоставляется экзаменационный билет с двумя вопросами и время на подготовку к ним. Собеседование включает устный ответ на вопросы билета и свободный опрос в рамках тематик, представленных ниже.

Тематика вопросов

3.1 Физические основы электроники и основы физики твёрдого тела

Виды носителей зарядов. Модели электронного транспорта. Движение электронов в классической модели (скорость, импульс, эффективная масса). Электронная проводимость в классической модели. Дрейфовая проводимость, диффузионная проводимость. Основы зонной теории. Модель проводимости в проводниках и в полупроводниках. Деление веществ по характеру проводимости и дефекты кристаллической решётки. Зонная диаграмма контакта металл-металл. Зонная диаграмма контакта металл-полупроводник. Зонная диаграмма контакта полупроводник-полупроводник. Зонная диаграмма гетероперехода. Зонные диаграммы сложных веществ. Рассеяние на узлах кристаллической решётки. Время релаксации и подвижность. Рассеяние на примесях. Рассеяние на фононах. Длина свободного пробега и длина свободного пробега. Понятие потенциального барьера, ямы. Низкоразмерные структуры и их виды. Движение электронов через потенциальный барьер. Надбарьерное движение электрона. Туннелирование носителей заряда. Резонансное туннелирование. Туннелирование через несимметричные квантовые ямы. Баллистический транспорт носителей заряда. Температурные явления в кристалле. Температурная зависимость удельного сопротивления у металлов. Температурная зависимость удельного сопротивления у полупроводников. Термоэлектрические явления. Проявление термических эффектов в

электронике. Магнитные явления. Эффект Зеемана. Магнитосопротивление и гигантское магнитное сопротивление.

3.2 Материалы и компоненты электронной техники

Типовые проводниковые материалы электроники. Собственная электронная и дырочная электропроводность. Дрейфовый ток. Примесная электропроводность полупроводника. Типовые диэлектрические материалы электроники. Характеристики диэлектрических материалов. Типовые полупроводниковые материалы. Диффузия носителей заряда в полупроводниках. Электрические переходы: р-п-переход; переход «металл – полупроводник»; переход между полупроводниками одного типа электропроводности, отличающиеся различной концентрацией примесей, гетеропереходы. Устройство, принцип работы, виды и обозначения резисторов. Характеристики и особенности применения. Конструкция, принцип работы, виды и обозначения конденсаторов. Характеристики конденсаторов и типовые применения в схемах. Конструкция, принцип работы, виды и обозначения катушек индуктивности. Характеристики и типовые применения в схемах. Устройство, принцип работы, виды и обозначения диодов. Характеристики диодов и типовые применения в схемах. Температурные свойства полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды, импульсные диоды, стабилитроны, варикапы, туннельные и обращенные диоды. Устройство, принцип работы, виды биполярных транзисторов. Характеристики и схемы включения биполярных транзисторов. Устройство, принцип работы, виды полевых транзисторов. Характеристики и схемы включения полевых транзисторов. Оптоэлектронные устройства: виды, принцип работы, применение.

3.3 Технологические процессы электроники

Методы изготовления кремниевых пластин, метод Чохральского и метод зонной плавки, контактный, бесконтактный и проекционный способ фотолитографии, этапы приготовления резистивной маски, экспонирование и проявление резистивной маски, литография высокого разрешения (электронная, ионная), импринт литография, ионная имплантация, легирование примесями методом диффузии, методы оксидирования поверхности, термовакуумное осаждение слоёв, молекулярно-лучевая эпитаксия, плазмо-химическое осаждение, магнетронное распыление, газофазное химическое осаждение (CVD), химическое осаждение плёнок из жидкой фазы, золь-гель метод, метод Ленгмюра — Блоджетт, электрохимическое осаждение слоёв, методы химического травления, плазмо-химическое травление.

3.4 Микроэлектроника

Классификация ИМС по конструктивно-технологическому и функциональному признакам. Полупроводниковые и гибридные, цифровые и аналоговые ИМС. Основные параметры ИМС. Основы планарной технологии. Процессы эпитаксии, формирования диэлектрических покрытий, литографии, получение легированных слоев. Методы изоляции элементов, способы их коммутации. Элементы биполярных ИМС. Особенности структуры и топологии транзисторов в интегральном исполнении: эпитаксиально-планарный и изопланарный. Резисторы и конденсаторы биполярных ИМС. Элементы МДП ИМС. Особенности интегральных МДП транзисторов. Транзисторы с самосовмещенными затворами. МДП конденсаторы и резистивные элементы. Комплементарные структуры, вертикальные МДП транзисторы, структуры "кремний на диэлектрике". Основы пленочной технологии. Методы изготовления пленочных элементов. Пленочные резисторы, конденсаторы, индуктивные элементы. Основные типы навесных компонентов, техника их монтажа.

3.5 Методы исследования и диагностики материалов и устройств электроники

Устройство и принцип работы оптического микроскопа. Методы контрастирования в оптической микроскопии. Флуоресцентная микроскопия. Конфокальная лазерная микроскопия. Устройство и принцип работы спектрофотометра методика проведения спектрофотометрических измерений. Базовые принципы ИК-спектрометрии. Атомная абсорбционная спектроскопия. Рамановская-спектроскопия. Интерференционные методы измерения структурных особенностей материалов. Устройство и принцип работы профилометра. Эллипсометрия. Сканирующий туннельный микроскоп. Режимы работы СТМ. Атомные силовые микроскопы. Режим измерения вольтамперных характеристик. Режим измерения ток-высотных характеристик и работы выхода. Сканирующая микроскопия сопротивления растекания. Сканирующая ёмкостная микроскопия. Микроскопия электростатических сил. Магнитно-силовая микроскопия. Определение теплопроводности и температурных свойств. Устройство и конструкции сканирующего электронного микроскопа. Просвечивающая растровая электронная микроскопия. Качественный и количественный рентгенофазовый анализ (РФА). Структурный анализ на основе данных порошковой дифрактометрии. Рентгеноструктурный анализ (РСА). Рентгеноспектральный микроанализ. Виды и устройство рентгеноспектральных анализаторов. Основы масс-спектропии. Методы электронной спектроскопии. Электронная оже-спектроскопия. Количественный анализ. Ядерно-магнитный резонанс. Атомно-эмиссионная спектроскопия.

4 Дополнительное содержание собеседования

Помимо ответа на основную часть собеседования, при прохождении конкурсного отбора, абитуриентам может быть предложено рассказать о своем опыте учебной, научной и профессиональной деятельности, и предоставить дополнительные подтверждающие документы:

- дипломы победителей олимпиад и лауреатов конкурсов научных и проектных работ;
- данные о наличии именных стипендий и грантов министерств, ведомств, фондов, подтвержденные документально;
- опубликованные научные и научно-практические работы (заверенные копии);
- сертификаты о прохождении стажировок и курсов повышения квалификации;
- рекомендации государственной аттестационной комиссии.

Литература

1. Щука, А.А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А.А. Щука, А.С. Сигов. Москва : Юрайт, 2023. 297 с. URL: <https://urait.ru/read/512141https://urait.ru/book/cover/D270147B-7EB4-4DAC-B3CE-A31EC71D42A7> (дата обращения: 16.05.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Драгунов, В.П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. Москва : Юрайт, 2023. 235 с. URL: <https://urait.ru/read/515013https://urait.ru/book/cover/020B5A18-DD24-4379-BDB2-33B3357ECD76> (дата обращения: 16.05.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кузина, Л.А. Физика: курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 3 частях / Л.А. Кузина. Вологда : ВоГУ, 2014. 168 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/93123> (дата обращения: 16.05.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Новожилов, О.П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебник для вузов / О.П. Новожилов. Москва : Юрайт, 2022. 382 с. URL: <https://urait.ru/read/490825https://urait.ru/book/cover/08C31CDE-57AE-4573-8F14-4FF44AF3AD90> (дата обращения: 16.05.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212135> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. Том 2 : учебное пособие / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-2002-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71735> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебное пособие / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; [под общ. ред. В. Ф. Маркова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014.
8. Свистова, Т.В. Основы микроэлектроники: учеб. пособие / Т.В. Свистова. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 147 с.
9. Визер, Л. Н. Технология элементов и структур микроэлектроники / Л. Н. Визер // Учебное пособие. Ставрополь. – 2017. – 270 с.
10. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0866-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210218> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Введение в микроэлектронику : учебное пособие / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, А. С. Виволанцев, Е. А. Дудников. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 114 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/40882> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин. — Казань : КНИТУ, 2014. — 184 с. — ISBN 978-5-7882-1545-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

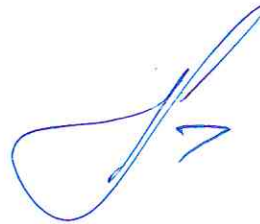
<https://e.lanbook.com/book/73312> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Методы и приборы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие / А. В. Ищенко, А. С. Вохминцев, И. И. Огородников, И. А. Вайнштейн. — Екатеринбург : УрФУ, 2017. — 180 с. — ISBN 978-5-321-02523-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169959> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Панова, Т. В. Современные методы исследования вещества. Электронная оптическая микроскопия : учебное пособие / Т. В. Панова. — Омск : ОмГУ, 2016. — 80 с. — ISBN 978-5-7779-2052-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94077> (дата обращения: 21.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Глоба, И. И. Оптические методы и приборы контроля качества продукции: тексты лекций для студентов спец. 1-54.01. 02. / И.И. Глоба. — Минск. - 2009. — 135 с.

Директор ИРЭФ ЦГ



Надеев А.Ф.

Ответственный секретарь
приемной комиссии КНИТУ-КАИ



Шакирзянов Р.М.

Заведующий кафедрой ИТЭ



Файзуллин Р.Р.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изменения, вносимые в программу вступительного испытания для поступления в магистратуру по направлению: 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» зав. каф., реализующей программу