

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной  
деятельности НовГУ

Ю. В. Данейкин

«29» октября 2021 г.



**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания**  
**на направление подготовки магистратуры**  
**11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

СОСТАВИТЕЛЬ:

Селезнев Борис Иванович, доктор  
технических наук, профессор,  
зав.каф. физики твердого тела и  
микроэлектроники

«28» октября 2021 г.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 11 7D 78 67 C2 66 A3 34 B2 CE 4F 9A FD E9 38 84 E5 28 4A 09

Владелец: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Новгородский государственный университет  
имени Ярослава Мудрого»

Действителен: с 08.07.2021 до 08.10.2022

Великий Новгород

2021

Программа вступительного испытания составлена на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Целью вступительного испытания является проведение объективной и достоверной оценки уровня знаний поступающего на магистерскую программу и проведение отбора наиболее подготовленных абитуриентов.

Программа содержит порядок проведения вступительного испытания, критерии оценивания экзаменационной работы, содержание программы, список рекомендуемой литературы, пример экзаменационного билета.

## **Порядок проведения вступительного испытания**

Вступительное испытание проводится в письменной или дистанционной форме и предполагает развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета, которые позволяют определить не только качество знаний и умений, но и выявить степень развития профессиональной мотивации. Продолжительность вступительного испытания – 2 астрономических часа (120 минут).

## **Критерии оценивания экзаменационной работы**

Максимально возможное количество баллов, которое поступающий может получить на вступительном испытании, - 100 баллов.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, – 30 баллов. Поступающие, получившие 29 и меньше баллов, к участию в конкурсе не допускаются.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, каждый из которых оценивается max – 50 баллов:

<b>Критерии</b>	<b>Баллы</b>
1. Полнота и аргументированность ответа	<b>20</b>
2. Правильность формулировок и терминов	<b>10</b>
3. Владение современными источниками информации, включая рекомендуемую литературу	<b>10</b>
4. Знание возможностей применения теоретических построений при создании приборов микро-, опто- и наноэлектроники	<b>10</b>
Итого:	<b>50</b>

## **Содержание программы**

### **1. Цель вступительного испытания**

Целью вступительного испытания является выявление знаний студентами состояния и перспектив развития технологии и организации разработок современной элементной базы электроники в России и за рубежом.

Поступающие в магистратуру по направлению «Электроника и наноэлектроника» должны ориентироваться в следующих вопросах:

- основные тенденции развития электроники в России и за рубежом;
- состояние и перспективы развития материаловедения для микро- и наноэлектроники;
- электрофизические процессы в кристаллах;

- проблемы микро- и нанoeлектроники;
- перспективы развития оптоэлектроники и квантовой электроники.

## **2. Программа вступительного испытания**

### **2.1 Материалы электронной техники как основа развития элементной базы микроэлектроники.**

Классификация материалов. Проводники, магнитные материалы, полупроводники диэлектрики, материалы квантовой электроники и интегральной оптики. Электропроводность твердых тел. Методы выращивания различных типов материалов. Применение материалов в технике. Основные материалы полупроводникового производства: кремний, арсенид галлия, нитрид галлия, кварцевое стекло, графит, карбид кремния. Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов. Производство монокристаллов кремния больших диаметров. Молекулярно-лучевая эпитаксия: синтез гетеро-эпитаксиальных слоев полупроводниковых соединений.

### **2.2 Физика конденсированного состояния.**

Физика твердого тела и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Простейшие задачи квантовой механики. Электронные состояния в кристаллах. Дефекты в кристаллах. Примеси в полупроводниках. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Расчет концентраций носителей заряда. Интеграл Ферми половинного индекса. Неравновесные электронные процессы и движение носителей заряда. Основные уравнения для анализа работы полупроводниковых приборов. Оптическое поглощение в кристаллах. Рекомбинация носителей заряда. Поверхности и границы раздела.

### **2.3 Основы электроники**

P-n переход и его характеристики. Диоды, основные параметры и характеристики. Физические процессы в транзисторных структурах. Биполярные, полевые и МДП –транзисторы. Принципы работы, основные параметры и характеристики. Элементная база вакуумной и плазменной электроники.

### **2.4 Микроэлектроника**

Полупроводниковые интегральные схемы. Компоненты полупроводниковых интегральных схем. Цифровые биполярные микросхемы. МДП интегральные схемы.

Перспективные элементы и предельные возможности интегральной микроэлектроники.

### **2.5 Приборы квантовой и оптической электроники**

Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами. Усиление и генерация электромагнитного излучения. Оптические явления в гетероструктурах. Лазеры. Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Перспективные разработки в области оптоэлектроники: ИК-излучатели, быстродействующие оптопары и оптоэлектронные матричные коммутаторы, полупроводниковые цифровые и матричные знаковосинтезирующие индикаторы и модули полупроводниковых экранов, новые поколения полупроводниковых лазеров, излучающих в ИК, видимом и УФ диапазонах спектра. Проблемы волоконно-оптической связи.

## **2.6 Базовая субмикронная технология и нанотехнологии**

Классификация процессов микротехнологии: диффузионное и ионное легирование, вакуумное напыление металлов, оптическая и электронная литография. Современный технологический базис промышленной субмикронной технологии СБИС. Физические и физико-химические основы технологии производства изделий электроники. Физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания; особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификация. Предпосылки появления нанотехнологии. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомная силовая микроскопия. Возможности нанотехнологий.

Технология полевых транзисторов на псевдоморфных гетероструктурах с квантовой ямой. Характеристики СВЧ рHEMT транзисторов.

## **2.7 Основы схемотехнического проектирования**

Базовые аналоговые каскады. Базовые цифровые логические элементы. Этапы проектирования цифровых устройств. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.

## **Список рекомендуемой литературы**

### **Основная литература:**

1. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника: учебник. – М.: Высшая школа: Абрис, 2012. – 655 с.
2. Нанoeлектроника. Теория и практика: учебн. для вузов /авт.: В.Е Борисенко и др. –2-е изд, перераб. и доп. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 – 366 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 390 с.
4. Введение в процессы интегральных и микротехнологий: учеб. пособие для вузов: в 2-х т./ Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2010-2011. Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. 2010. 392 с.
5. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2011. – 464 с.: ил.
6. Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник. Т.1.- 2-е изд., испр. – СПб.: изд. Лань, 2015. – 448 с: ил.
7. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов/ А.Н. Игнатов – СПб.: Лань, 2011 – 538 с.
8. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебн. для вузов/ В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 9-е изд. стер. – СПб; М.; Краснодар: Лань, 2012. – 478 с.
9. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие для вузов/Л.А. Коледов – 3-е издание.стер.– СПб: Лань, 2018 – 399 с.
10. Муханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учеб. пособие для вузов/Л.Г. Муханин. 3-е изд.стер.– СПб: Лань, 2018.– 399 с.
11. Петров М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб.пособие для вузов /М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – СПб: Лань, 2018.– 462 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. – М.: Физматлит, 2006. – 552 с.

2. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП – транзисторов. В 2-х частях – Москва: Техносфера, 2004.

3. Зуханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2009. – 281 с.

4. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебн. пособие для вузов: в 2ч.: 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 396 с.

5. Спиридонов А.П. Физические основы твердотельной электроники: учебн. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2008. – 190 с.

6. Ефимов И.Е. Основы микроэлектроники: учебник / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. – 3-е изд. стер. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. – 383 с.

### **Интернет-ресурсы:**

1. Дистанционный электронный учебный курс «Физика и технология широкозонных полупроводниковых соединений типа  $A^{III}N$ » / Б.И. Селезнев, М.Н. Петров, И.С. Телина, Г.В. Гудков, Д.Г. Федоров. – 2017. – 167 с. – Режим доступа:

<http://do.novsu.ru/course/index.php?categoryid=88>

### **Пример экзаменационного билета**

1. **Вопрос 1.** Полупроводниковые диоды.
2. **Вопрос 2.** Оптическое поглощение в кристаллах.