

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной работе**

**А.И. Колосов**

**2024 г.**



Система менеджмента качества

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ  
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ**

**«Материалы и устройства функциональной электроники», «Интегральные системы и  
устройства в микро- и нанoeлектронике»**

Направление подготовки: **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

Форма обучения: **очная, заочная**

Воронеж 2024



Программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника» по дисциплинам, являющимся базовыми для обучения в магистратуре по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» профиль «Материалы и устройства функциональной электроники», «Интегральные системы и устройства в микро – и нанoeлектронике»

## **I. Перечень элементов содержания, проверяемых на вступительном испытании**

### **Раздел 1. «Материалы электронной техники и физика полупроводников»**

1. Классификация полупроводниковых материалов. Химическая связь, типы кристаллических решеток, кристаллическая структура, индексы Миллера. Закономерности изменения электрофизических свойств в металлах, полупроводников и диэлектриков [1-3].
2. Элементарные полупроводники. Химическая связь, кристаллическая структура, электрофизические свойства кремния и германия. Маркировка кремния и германия [1-3].
3. Полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$ . Химическая связь, кристаллическая структура, электрофизические свойства. Применение полупроводников типа  $A^3B^5$  [1-3].
4. Полупроводниковые твердые растворы. Условия образования твердых растворов с неограниченной растворимостью. Закон Вегарда. Электрофизические свойства полупроводниковых твердых растворов [1-3].
5. Уравнение Шредингера для кристалла. Решение уравнения в приближении сильной и слабой связи. Зоны Бриллюэна. Понятие эффективной массы электрона в кристалле [1-3].
6. Дифракционные методы определения параметров кристаллов [3].
7. Дефекты в твердых телах и их влияние на свойства кристаллов [3].
8. Физическая природа упругой и пластической деформаций твердых тел [3].
9. Теплоемкость твердых тел и тепловое расширение [3].
10. Механизмы взаимодействия света с твердым телом. Законы сохранения [3].
11. Фотолюминесценция и фотопроводимость твердых тел [3].
12. Явление переноса в полупроводниках, время жизни неравновесных носителей зарядов [3].
13. Физические свойства диэлектриков и механизмы поляризации [3].



14. Пьезоэлектрический и сегнетоэлектрический эффекты в кристаллах [3].

## Раздел 2. «Физические основы электроники»

1. Электронно-дырочный переход в состоянии термодинамического равновесия. Прямое и обратное включение  $p-n$  перехода [4-7].

2. Теоретическая и реальная вольт-амперные характеристики  $p-n$  перехода. Пробой  $p-n$  перехода [4-7].

3. Основные виды полупроводниковых диодов: выпрямительный, стабилитрон, варикап. Их характеристики и параметры [4-7].

4. Биполярный транзистор. Принцип действия, схемы включения, характеристики [4-6].

5. Тиристор. Принцип действия, характеристики [4-7].

6. МДП-структура, режимы смещения [4-7].

7. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.

8. Полевой транзистор с управляющим  $p-n$  переходом, принцип действия, основные характеристики [4-7].

9. МДП-транзистор с индуцированным каналом, принцип действия, основные характеристики [4-7].

10. МДП-транзистор с встроенным каналом, принцип действия, основные характеристики [4-7].

## Раздел 3. «Основы технологии электронной компонентной базы»

1. Механическая обработка полупроводниковых материалов: резка, шлифовка, полировка [1].

2. Химическая обработка полупроводников. Способы травления и промывки [1,2].

3. Плазмохимическое травление [1].

4. Термическое окисление кремния, закономерности роста  $SO_2$  [1].

5. Фотолитография. Основные процессы и оборудование [1].

6. Эпитаксия. Основные закономерности. Легирование в процессе эпитаксии [1].

7. Диффузия примесей. Физические основы и техника проведения диффузии [1].

8. Ионная имплантация. Технология и оборудование [1].

9. Электрохимическая обработка поверхности полупроводников [1].

10. Термическое испарение металлов. Изготовление контактов [1].

11. Катодное распыление металлов [1].



12. Сборка и герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем [1].
13. Технология изготовления структур на полупроводниковых соединениях типа  $A^3B^5$  [1].
14. Технология изготовления и методы изоляции биполярных интегральных микросхем [4,5].
15. Технология МДП интегральных микросхем [4,5].

#### **Раздел 4. «Схемотехника»**

1. Классификация сигналов. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Способы представления цифровой информации. Арифметические коды [4,5,8,9].
2. Основы булевой алгебры. Логические функции. Способы минимизации и декомпозиции функций [4-6,8,9].
3. Логические элементы, их основные характеристики и параметры. Типовые каскады логических схем. Логические схемы на n-канальных и комплементарных МДП-транзисторах, анализ их характеристик [4,5,8,9].
4. Комбинационные схемы. Шифраторы и дешифраторы. Мультиплексоры и демультимплексоры [4-6,8,9].
5. Полусумматоры и сумматоры. Комбинационные сумматоры. Многоуровневые сумматоры с ускоренным переносом [4,5,8,9].
6. Понятия о последовательностных логических схемах. Триггеры как простейшие логические автоматы. Бистабильные ячейки памяти, анализ работы. Основные типы триггеров [4-6,8,9].
7. Регистры. Счетчики импульсов [4-6,8,9].
8. Классификация ИС полупроводниковой памяти. Общая структура ИС оперативной памяти, их основные параметры. Статические и динамические оперативно запоминающие устройства (ОЗУ) с произвольной выборкой [8,9].
9. ИС постоянных запоминающих устройств (ПЗУ). Программируемые (ППЗУ) и репрограммируемые ПЗУ (СППЗУ). Структура и элементы памяти ПЗУ.
10. Принципы аналоговой схемотехники. Дифференциальные каскады (ДК) [8,9].
11. Оперативные усилители (ОУ) и аналоговые устройства на их основе. Схемотехнические варианты ОУ [4,8,9].
12. Основные характеристики и параметры ОУ. Основные способы включения ОУ. Суммирующие усилители. Логарифмические преобразователи. Интеграторы и дифференциаторы [4,8,9].
13. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (АЦП и ЦАП). Простейшие варианты ЦАП [4,8,9].
14. Современные конструкции ЦАП. Основные параметры ЦАП. Классификация АЦП. АЦП последовательного приближения [8,9].



## Раздел 5. «Основы проектирования электронной компонентной базы»

1. Общая характеристика процесса проектирования. Виды и способы проектирования электронной компонентной базы [10-12].
2. Модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования [10-12].
3. Анализ и проектирование основных вариантов МОП инверторов [12,13]
4. Булева алгебра и логическое моделирование [6]
5. Методология проектирования цифровых БИС [12,13].
6. Методология проектирования аналого-цифровых БИС [10-13].
7. Методология проектирования цифровых устройств в базисе ПЛИС [10-13].
8. Модели сигналов и модели базовых логических элементов [10-13].
9. Проектирование заказных цифровых КМОП БИС с использованием метода стандартных ячеек [10-13].
10. Понятие о конструктивно-технологических нормах масштабируемой КМОП-технологии и основные элементы конструкции топологии КМОП БМК и заказных БИС. Дизайн топологии [10-13].

## II. Требования к уровню подготовки поступающего

Поступающий должен:

*знать:*

физические принципы работы приборов и устройств микро- и нанoeлектроники; методы проектирования твердотельных приборов и устройств микро- и нанoeлектроники; материалы и технологические процессы используемые на этапах разработки и производства приборов и устройств микро- и нанoeлектроники; основные понятия, закономерности и методы математического моделирования, применяемые для моделирования микро- и наноконструкций интегральных схем; общую характеристику процесса проектирования электронной компонентной базы; программные средства моделирования объектов и процессов в электронике и нанoeлектронике; основные характеристики аналоговых и цифровых устройств; основы высокоуровневых языков описания аппаратных средств VHDL/Verilog для проектирования цифровых устройств; основные понятия теории надежности интегральных схем;

*уметь:*

строить физические и математические модели полупроводниковых приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать на практике средства САПР для их компьютерного моделирования; выполнять расчет и проводить проектирование полупроводниковых приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств САПР



*владеть:*

теоретическими сведениями, необходимыми для выбора материала и конструкции полупроводниковых приборов; методами расчета параметров и основных характеристик моделей приборов и устройств микро- и нанoeлектроники; методами математического моделирования приборов и технологических процессов; методами проектирования современной электронной компонентной базы и технологических процессов электроники и нанoeлектроники; программными средствами моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;

### III. Критерии оценивания работ поступающих

Вступительное испытание в магистратуру проходит в виде письменного тестирования. Результаты тестирования оцениваются по 100-балльной шкале.

Каждый билет содержит 15 тестовых вопросов. Вопросы делятся по категориям сложности: 10 вопросов категории А (оцениваются по 5 баллов каждый) и 5 вопросов категории В (оцениваются по 10 баллов каждый). Суммарная оценка не превышает 100 баллов.

Продолжительность вступительного испытания – 2 академических часа (90 минут).

### IV. Примеры тестовых заданий

#### Задания категории А

#### БИЛЕТ №1

#### Вопрос 1.

Какие полупроводники относятся к соединениям  $A^3B^5$

1	2	3	4
GaAs, InP	ZnS, CdS	ZnO, SnO <sub>2</sub>	Si, Ge

*Правильный ответ: № 1*

#### Вопрос 2.

Выберите ГЦК пространственную решетку кристаллических систем

1	2	3	4



**Правильный ответ: № 3**

**Задания категории А**

**БИЛЕТ № 2**

**Вопрос 1.**

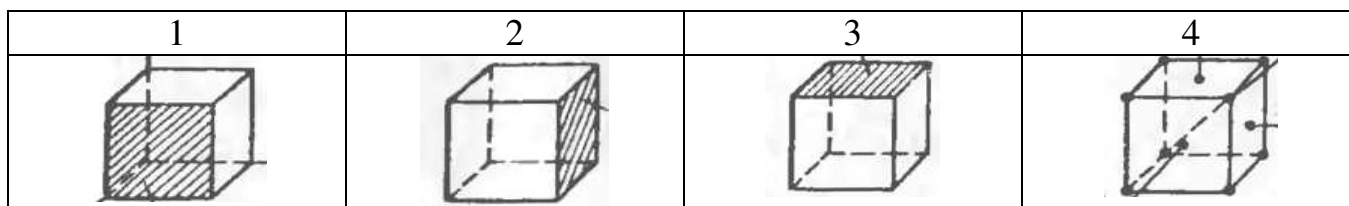
Какие точечные дефекты в твердом теле являются термодинамически равновесными:

1. трансмутационные;
2. радиационные;
3. термические ;
4. ионно-имплантированные

**Правильный ответ: № 3**

**Вопрос 2.**

Укажите плоскость (010) в кубическом кристалле с помощью индексов Миллера



**Правильный ответ: № 2**

**Задания категории В**

**БИЛЕТ №1**

**Вопрос 1.**

Спектр фундаментального оптического поглощения кремния описывается зависимостью коэффициента поглощения от энергии кванта света вида:

1	2	3	4
$\alpha \sim f(h\nu)^2$	$\alpha \sim f(h\nu)^{1/2}$	$\alpha \sim f(h\nu)^{3/2}$	$\alpha \sim f(h\nu)$

**Правильный ответ: 1**

**Вопрос 2.**

По логической схеме вентиля заполните его таблицу истинности

	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>A</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>?</td> <td>?</td> <td>?</td> <td>?</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1100</li> <li>2. 0100</li> <li>3. 0001</li> <li>4. 1110</li> </ol>	A	0	0	1	1	B	0	1	0	1	Y	?	?	?	?
A	0	0	1	1												
B	0	1	0	1												
Y	?	?	?	?												



**Правильный ответ: 4**

**Задания категории В**  
**БИЛЕТ №2**

**Вопрос 1.**

Какой параметр формулы Вульфа-Брэггов  $2d\sin\Theta = k\lambda$  изменяется при дифракции Дебая-Шерера:

1. размеры кристаллов;
2. межплоскостные расстояния  $d$ ;
3. угол  $\Theta$ ;
4. длина волны рентгеновского излучения  $\lambda$ .

**Правильный ответ: № 3**

**Вопрос 2.**

Упростите функцию  $Y = F(A, B, C)$  используя карту Карно.

Y	C	AB			
		00	01	11	10
0		1	0	1	1
1		1	0	0	1

1.  $A\bar{C} + \bar{B}$
2.  $\bar{A}C + \bar{B}$
3.  $A + B\bar{C}$
4.  $\bar{A} + B\bar{C}$

**Правильный ответ: № 1**





## V. Рекомендуемая литература

1. Александров, С.Е. Технология полупроводниковых материалов: учеб. пособие / С.Е. Александров, Ф.Ф. Греков. – СПб: Лань, 2012. – 240 с.
2. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники: учеб. пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – СПб: Лань, 2013. – 560 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник / К.В. Шалимова. – СПб: Лань, 2010. – 384 с.
4. Игнатов А.Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника: учеб. пособие / А.Н. Игнатов. – СПб.: Лань, 2011. – 528 с.
5. Попов В.Д. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении: учеб. пособие / В.Д. Попов, Г.Ф. Белова – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.
6. Уэйкерли Джон Ф. Проектирование цифровых устройств: пер. с англ. / Ф. Джон Уэйкерли. М.: Постмаркет, 2002. 533 с.
7. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебник / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 7-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2003. – 479 с.
8. Амосов В.В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств: учеб. пособие / В.В. Амосов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 542 с.
9. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов: монография / под ред. У. Кестера. – М.: Техносфера, 2011. – 328 с.
10. Петров М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – СПб : Лань, 2011. – 464 с.
11. Бочаров Ю.И. Проектирование БИС класса «система на кристалле»: учеб. пособие / Ю.И. Бочаров, А.С. Гуменюк, А.Б. Симаков, П.А. Шевченко. – М.: МИФИ, 2008. – 188 с.
12. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца / К. Максфилд. – М.: Издательский дом Додэка -XXI, 2007. – 408 с.
13. Рабаи Жан М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования / Жан М. Рабаи, А. Чандракасан, Б. Николич. – М : Издательский дом Вильямс, 2007. – 908 с.