



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ  
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

Направление подготовки (специальность)  
11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Промышленная электроника и автоматика электротехнических комплексов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

13.02.2020 г. протокол № 6

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЭиМЭ, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ Е.Э. Бодров

Рецензент:

директор СЦ, ООО "ТЕХНОАП Инжиниринг", канд. техн. наук \_\_\_\_\_

Е.С. Суспицын

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Проектирование и технология электронной компонентной базы» являются:

- формирование у студентов знаний в области проектирования современных полупроводниковых интегральных схем и технологии изготовления электронной компонентной базы;
- изучение основных технологических процессов производства интегральных схем;
- формирование способностей разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов;
- проводить технико-экономическое обоснование разработанных структурных и функциональных схем.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Проектирование и технология электронной компонентной базы входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники

Методология и методы научного исследования

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Контроль и испытания электронных устройств

Надежность электронных устройств

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Проектирование и технология электронной компонентной базы» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений
ПК-2.1	Разрабатывает эскизный проект, включающей: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; расчет всех необходимых показателей структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показателей качества; выбор и обоснование схемы вспомогательных устройств
ПК-2.2	Подготавливает технический проект, включающего: разработку принципиальной схемы всего электронного устройства и отдельных его деталей и узлов; выбор типа элементов с учетом технических требований к разрабатываемому устройству, экономической целесообразности и предполагаемой технологии его изготовления
ПК-2.3	Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнение с аналогами по технико-экономическим характеристикам

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 53,3 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,3 акад. часов
- самостоятельная работа – 55 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1.								
1.1 Получение кремниевой заготовки по методу Чохральского.	2			11/6И	11	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу				11/6И	11			
2. 2.								
2.1 Термическое выращивание пленки двуокиси кремния на полупроводниковой пластине.	2			10/6И	11	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу				10/6И	11			
3. 3.								
3.1 Исследование процесса химического осаждения пара	2			10	11	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу				10	11			
4. 4.								
4.1 Исследование процесса ионной имплантации примеси в кремниевую пластину.	2			10	11	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу				10	11			
5. 5.								
5.1 Создание структуры биполярного транзистора на полупроводниковой подложке методом диффузии.	2			10	11	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3

Итого по разделу			10	11			
Итого за семестр			51/12И	55		экзамен	
Итого по дисциплине			51/12И	55		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Самостоятельно изученный материал закрепляется на практических занятиях, на которых выполняются индивидуальные и групповые задания по заданной теме. На практических занятиях также применяются метод контекстного обучения, работы в команде и метод case-study, позволяющие усвоить учебный материал путём выявления связей между конкретным знанием и его применением, а также анализа конкретных ситуаций и поиска решений в группе студентов. Защита результатов практических работ проходит в форме проверки правильности ответов с последующим диалогом преподавателя и студента, преподавателем задаются контрольные вопросы с целью выяснения глубины знаний студента по данному разделу, при этом пробелы в знаниях студента восполняются дополнительными пояснениями, комментариями преподавателя.

В ходе самостоятельной работы студенты получают более глубокие практические навыки по дисциплине при подготовке к выполнению и практических работ и итоговой аттестации.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: устный опрос (собеседование), выполнение практических работ и защита полученных результатов.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Крутогин, Д. Г. История и методология науки и техники в области электроники и нанотехнологии : учебно-методическое пособие / Д. Г. Крутогин. — Москва : МИСИС, 2015. — 102 с. — ISBN 978-5-87623-920-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116667> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рабинович, О. И. Основы технологии электронной компонентной базы : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович. — Москва : МИСИС, 2015. — 59 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116686> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Исмаилов, Т. А. Полупроводниковые термоэлектрические энергоэффективные устройства : монография / Т. А. Исмаилов, Х. М. Гаджиев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 124 с. — ISBN 978-5-8114-5376-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149458> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур: математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами : учебное пособие / С. Ю. Юрчук. — Москва : МИСИС, 2013. — 45 с. — ISBN 978-5-87623-662-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116643> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур: моделирование наносистем методами молекулярной динамики : учебное пособие / С. Ю. Юрчук. — Москва : МИСИС, 2013. — 47 с. — ISBN 978-5-87623-663-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116642> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Курочка, С. П. Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии: методы формирования наноструктурированных гетерокомпозиций : учебно-методическое пособие / С. П. Курочка, А. А. Сергиенко. — Москва : МИСИС, 2015. — 82 с. — ISBN 978-5-87623-940-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116673> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в) Методические указания:**

1. Бодров, Е.Э. Термическое выращивание пленки двуокиси кремния на полупроводниковой пластине: метод. указ. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. — 10 с.

2. Бодров, Е.Э. Создание структуры биполярного транзистора на полупроводниковой подложке методом диффузии: метод. указ. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. — 11 с.

3. Бодров, Е.Э. Получение кремниевой заготовки по методу Чохральского: метод. указ. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. — 9 с.

4. Бодров, Е.Э. Исследование процесса химического осаждения пара: метод. указ. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. — 13 с.

5. Бодров, Е.Э. Исследование процесса ионной имплантации примеси в кремниевую пластину: метод. указ. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. — 13 с.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Windows 7	Д-1227 от 8.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
7 Zip	Свободно распространяемое	бессрочно



FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Международная справочная система «Полпред» polpred.com отрасль «Образование, наука»	URL: <a href="http://education.polpred.com/">http://education.polpred.com/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Аудитория для практических занятий: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитории кафедры электроники и микроэлектроники (ауд. 457,458,459,460).

Компьютерный класс: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

***Перечень тем для подготовки к семинарским занятиям:***

Тема 1. Современная электронная компонентная база.

1. Классификация электронной компонентной базы.
2. Область применения электронной компонентной базы.

Тема 2. Стандартизация разработки электронной компонентной базы.

1. Конструкторско-техническая документация.
2. Эффективность CALS-технологии.

Тема 3. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

1. Сквозное проектирование электронного устройства.
2. Обзор САПР различных производителей.
3. Схемотехническое проектирование в редакторе OrCAD Capture.

Тема 4. Моделирование на всех этапах проектирования.

1. Использование VHDL- и SPICE-моделей.
2. Моделирование работы цифро-аналогового устройства с помощью OrCAD PSpice AD.

Анализ работы схемы.

Тема 5. Технологии изготовления электронной компонентной базы.

1. Конструирование узлов, элементов и устройств электронной аппаратуры.
2. Модульный принцип конструирования.
3. Технология изготовления печатной платы.
4. Технология изготовления микросхемы.

Тема 6. Автоматические интерактивные трассировщики для печатных плат и сложных интегральных схем в составе САПР.

1. Проверка топологии на соответствие технологическим и электрическим правилам проекта.
2. Диагностика и исправление ошибок проектирования.
3. Трассировка печатной платы с помощью редактора OrCAD PCB Editor.

Темы практических занятий:

1. Термическое выращивание пленки двуокиси кремния на полупроводниковой пластине.
2. Создание структуры биполярного транзистора на полупроводниковой подложке методом диффузии.
3. Получение кремниевой заготовки по методу Чохральского.
4. Исследование процесса химического осаждения пара.
5. Исследование процесса ионной имплантации примеси в кремниевую пластину.

Примерные контрольные вопросы для проверки практических занятий:

1. Что такое модель Дила-Гроува?
2. Какие есть способы получения монокристаллического кремния?
3. На сколько больше необходимо технологических шагов для создания КМОП-транзисторов по сравнению с МОП-транзисторами?

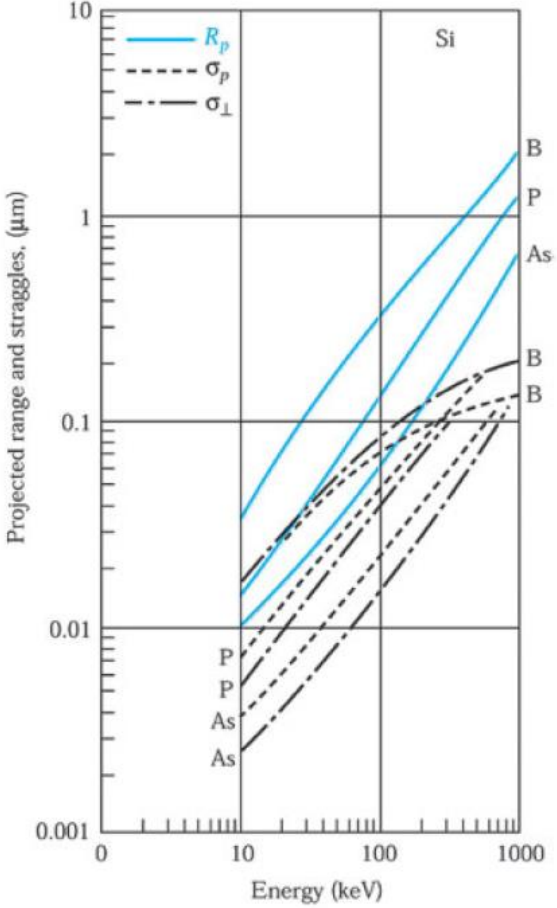
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений		
ПК-2.1	Разрабатывает эскизный проект, включающей: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; расчет всех необходимых показателей структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показателей качества; выбор и обоснование схемы вспомогательных устройств	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды и способы проектирования электронной компонентной базы. Автоматизированные интегрированные среды проектирования.</li> <li>2. Методы и этапы проектирования электронной компонентной базы. Модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования.</li> <li>3. Функциональное моделирование. Язык описания аппаратного обеспечения VHDL. Реализация на VHDL основных цифровых узлов.</li> <li>4. Схемотехническое моделирование. Spice-модели компонентов схемы. Список параметров моделей. Анализ схемы по постоянному и переменному току, анализ переходных процессов, анализ Фурье, вероятностный анализ Монте-Карло.</li> <li>5. Трассировка печатной платы. Проверка топологии на соответствие технологическим и электрическим правилам проекта. Диагностика и исправление ошибок проектирования.</li> <li>6. Электровакуумные приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Проектирование и технология изготовления.</li> <li>7. Оптоэлектронные приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Проектирование и технология изготовления.</li> <li>8. Электроакустические приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Проектирование и технология изготовления.</li> <li>9. Современное производство интегральных микросхем. Классификация интегральных схем.</li> <li>10. Основные технологические операции при производстве интегральных микросхем.</li> <li>11. Процесс фотолитографии.</li> <li>12. Процесс диффузии примесей в полупроводник.</li> <li>13. Процесс ионной имплантации.</li> <li>14. Процесс травления.</li> <li>15. Последовательность технологических операций, необходимых для получения структуры биполярного транзистора.</li> <li>16. Последовательность технологических операций, необходимых для получения структуры полевого транзистора.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2.2	<p>Подготавливает технический проект, включающего:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>разработку принципиальной схемы всего электронного устройства и отдельных его деталей и узлов;</li> <li>выбор типа элементов с учетом технических требований к разрабатываемому устройству, экономической целесообразности и предполагаемой технологии его изготовления</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Используя рисунок, определить результирующую толщину термически выращенной оксидной пленки на чистой кремниевой пластине типа 100 после выполнения последовательности из следующих трех шагов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>60 минут при температуре 1200 °С, сухая оксидация;</li> <li>18 минут при температуре 900 °С, водная оксидация;</li> <li>30 минут при температуре 1050 °С, водная оксидация.</li> </ol> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p>(a)</p> <p>(b)</p> </div> <p>Oxide thickness – толщина оксидной пленки (мкм),  Oxidation time – время оксидации (часы),  Dry oxidation – сухая оксидация,  Wet oxidation – водная оксидация.</p> <p>Примечание: для каждого последующего шага необходимо пересчитывать начальное время в зависимости от полученного в предыдущем шаге значения толщины (т.е. нужно найти время, которое бы потребовалось для получения пленки такой толщины с параметрами для текущего шага).</p> <p>2. Найти длительность процесса получения</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>пленки SiO<sub>2</sub> толщиной <math>t_{ox} = 0,4</math> мкм на кремниевой пластине типа 111 при окислении во влажном и сухом (одна четверть общего времени) кислороде при температуре <math>T = 1100</math> °С, полагая, что пленка растет по параболическому закону <math>t_{ox}^2 = Bt</math> и начальная толщина оксидной пленки на пластине <math>t_{ox} = 0</math>. Насколько изменится общее время окисления, если температуру повысить на 100 °С?</p> <p>3. Осуществляется диффузия бора (В) в кремнии в течение 1 часа при температуре 1000 °С, при этом концентрация на поверхности равна <math>10^{19}</math> см<sup>-3</sup>. Для случая «постоянного источника» найти <math>Q_T(t)</math> и градиент концентрации <math>dC/dx</math> у поверхности (<math>x = 0</math>) и в том месте, где концентрация достигнет величины <math>10^{15}</math> см<sup>-3</sup>. Коэффициент диффузии бора при температуре 1000 °С составляет <math>2 \cdot 10^{-14}</math> см<sup>2</sup>/сек.</p> <p>4. Случай «ограниченный источник». На поверхность кремниевой пластины предварительно был помещен мышьяк (As), в результате чего была получена общая доза <math>Q_T = 10^{14}</math> атомов/см<sup>2</sup>. На какой глубине будет располагаться р-п-переход после загонки мышьяка в течение 20 минут? Концентрация примеси в исходной пластине равна <math>10^{15}</math> атомов/см<sup>3</sup>, температура 1200 °С, <math>D_0 = 24</math> см<sup>2</sup>/сек, <math>E_a = 4,08</math> эВ.</p> <p>5. Происходит процесс ионной имплантации бора (В), имеющего энергию ионов 100 кэВ, в кремниевую пластину диаметром 200 мм в концентрации <math>5 \cdot 10^{14}</math> ионов/см<sup>2</sup>. Рассчитать пиковую концентрацию (на глубине, равной <math>R_p</math>) и требуемый ток ионного луча, если процесс имплантации длится 1 минуту. Для упрощения полагаем, что все ионы имеют заряд +1 (т.е. атому не хватает только одного электрона).</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		 <p data-bbox="783 1182 1484 1243"><math>\sigma_p = \Delta R_p</math> – стандартное отклонение, <math>\sigma_L = \Delta R_L</math> – боковое стандартное отклонение.</p> <p data-bbox="783 1279 1484 1413">6. Какую часть имплантированных ионов бора, имеющих энергию 200 кэВ, задержит слой диоксида кремния толщиной 0,9 мкм, если <math>R_p = 0,53</math> мкм, <math>\Delta R_p = 0,093</math> мкм.</p> <p data-bbox="783 1449 1484 1583">7. Определить время воздействия пучка ионов с плотностью тока <math>0,1 \text{ мА/см}^2</math> для получения легированного слоя толщиной <math>d = 100</math> нм со средней концентрацией <math>10^{20} \text{ см}^{-3}</math>. Кратность ионизации равна 1.</p> <p data-bbox="783 1619 1484 1753">8. Рассчитать глубину залегания p-n-перехода при ионной имплантации бора с энергией <math>E = 100</math> кэВ и дозой <math>Q = 10^{14}</math> ионов/<math>\text{см}^2</math> в кремний n-типа с исходной концентрацией <math>10^{15}</math> атомов/<math>\text{см}^3</math>.</p>
ПК-2.3	Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнение с аналогами по технико-экономическим характеристикам	<p data-bbox="783 1758 1412 1787">Примерные темы для самостоятельного изучения:</p> <ol data-bbox="783 1794 1484 2110" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="783 1794 1189 1823">1. Наноимпринтная литография.</li> <li data-bbox="783 1830 1484 1890">2. Особенности фотолитографии в области экстремального ультрафиолета.</li> <li data-bbox="783 1897 1484 1991">3. Особенности транзисторов, выполненных по технологии «слаболегированный затвор» (Lightly Doped Drain (LDD)).</li> <li data-bbox="783 1998 1066 2027">4. FinFET–технология.</li> <li data-bbox="783 2033 1428 2063">5. Эпитаксиальное наращивание полупроводников.</li> <li data-bbox="783 2069 1082 2098">6. MESFET-технология.</li> <li data-bbox="783 2105 1484 2119">7. Технологические проблемы, которые нужно</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>преодолеть наноэлектронике.</p> <p>8. BiCMOS-технология.</p> <p>9. Эффекты, вызванные уменьшением размеров биполярных и полевых транзисторов.</p> <p>10. Способы формирования тонких пленок на кремниевой подложке.</p> <p>11. Процесс получения полупроводниковой пластины из кремния и арсенида галлия.</p> <p>12. Проблемы, возникающие при применении процесса ионной имплантации и их устранение.</p> <p>13. Фоторезисты, применяемые в процессе литографии.</p> <p>14. Особенности производства масок для литографии.</p> <p>15. Технология производства оптоэлектронных устройств.</p> <p>15. Технология MEMS.</p> <p>16. Получение монокристаллического кремния методом бестигельной зонной плавки.</p> <p>17. Электронно-лучевая литография.</p> <p>18. Способы предотвращения «эффекта защелкивания» в КМОП-технологии.</p> <p>19. Технология производства микросхем памяти.</p> <p>20. Различия в технологии производства микросхем памяти и логики.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование и технология электронной компонентной базы» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие оценить степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.