



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ***

Направление подготовки (специальность)  
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Программирование и электроника информационных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	5

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

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 2020 - 2021 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 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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 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 2024 - 2025 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) «Основы технологии электронной компонентной базы» являются: ознакомление с основными технологическими процессами производства электронной компонентной базы; ознакомление с основами разработки структурных и функциональных схем электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования; овладение навыками проведения проектных расчетов с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений.

Поставленные цели достигаются с помощью решения следующих задач:

- формирование у студентов знаний в области проектирования современных полупроводниковых интегральных схем и технологии изготовления электронной компонентной базы;
- изучение основных технологических процессов производства интегральных схем;
- разработка эскизных проектов на электронные компоненты;
- проведение технико-экономического обоснования проектов электронной компонентной базы с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации.

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

Дисциплина Основы технологии 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:

- Нанoeлектроника
- Микroeлектроника
- Микропроцессоры
- Физические основы электроники
- Материалы и элементы электронной техники
- Схемотехника

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

- Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы технологии электронной компонентной базы» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений
ПК-1.1	Разрабатывает эскизный проект, включающий: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; рассчитывает все необходимые показатели структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показатели качества; выбирает и обосновывает схемы вспомогательных устройств

ПК-1.2	Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнивает с аналогами по технико-экономическим характеристикам
--------	---

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 10,7 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,7 акад. часов
- самостоятельная работа – 93,4 акад. часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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 1. Технология производства изделий микроэлектроники. Основные понятия и определения.	5	0,5	1		13,4	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5	1		13,4			
2. 2.								
2.1 2. Конструкции элементов полупроводниковых микросхем и микропроцессоров. Конструкции на основе биполярных транзисторов. Конструкции на основе	5	0,5	1		20	Изучение литературы. Подготовка докладов	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы. Выступление и оценка доклада	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5	1		20			
3. 3.								
3.1 3. Исходные материалы и полуфабрикаты для производства полупроводниковых интегральных микросхем.	5	0,5	1/ИИ		10	Изучение литературы. Подготовка докладов	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5	1/ИИ		10			
4. 4.								
4.1 4. Технология производства полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах.	5	0,5	1/ИИ		10	Изучение литературы	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5	1/ИИ		10			

5. 5.									
5.1	5. Технология производства полупроводниковых микросхем МДП-транзисторах.	5	1	1/ИИ		20	Изучение литературы. Подготовка докладов	Устный опрос. Выступление и оценка доклада	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу			1	1/ИИ		20			
6. 6.									
6.1	6. Методы выполнения технологических операций.	5	1	1/ИИ		20	Изучение литературы	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу			1	1/ИИ		20			
Итого за семестр			4	6/4И		93,4		зао	
Итого по дисциплине			4	6/4И		93,4		зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где студентам заранее предлагается ознакомиться с информацией по теме лекционного занятия для подготовки вопросов лектору, таким образом лекция проходит по типу «вопросы–ответы–дискуссия». На всех лекционных занятиях также применяются элементы лекции-визуализации, за счет представления части лекционного материала с помощью заранее подготовленных презентаций, слайдов с помощью мультимедийного оборудования.

Лекционный материал закрепляется на лабораторных занятиях, на которых выполняются индивидуальные и групповые задания по пройденной теме. Для глубокого и полного усвоения лекционного материала на лабораторных занятиях студентам предлагается выполнять задания на специализированных учебных стендах. На лабораторных 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 лабораторных работ проходит в виде диалога 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 защите лабораторных работ и итоговой аттестации.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: устный опрос (собеседование), выполнение работ на специализированном лабораторном оборудовании и защита полученных результатов, подготовка докладов на заданные темы.

## **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. Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. — Москва : МИСИС, 2018. — 188 с. — ISBN 978-5-906953-50-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115280> (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. Обеспечение надежности сложных технических систем : учебник / А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий, А. Н. Миронов, О. Л. Шестопалова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1108-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93594> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коледов, Л. А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок : учебное пособие / Л. А. Коледов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-0766-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/192> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### в) Методические указания:

1. Бодров, Е.Э. Основы технологии электронной компонентной базы: учеб. пособие / Е.Э. Бодров. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 179 с.

2. Астахов, В. П. Основы технологии электронной компонентной базы : практикум : учебное пособие / В. П. Астахов, С. А. Леготин, К. А. Кузьмина. — Москва : МИСИС, 2016. — 53 с. — ISBN 978-5-87623-964-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93644> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### 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	№ 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>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Лаборатория физических основ электроники: автоматизированное рабочее место для роста углеродных нанотрубок, получения наноразмерного пористого алюминия. Автоматизированная система разработки и тестирования электронных изделий.

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 обучающихся

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

Тема 1. Технология производства изделий микроэлектроники. Основные понятия и определения.

1. Развитие технологии производства изделий электронной техники.
2. Классификация изделий микроэлектроники.

Тема 2. Конструкции элементов полупроводниковых микросхем и микропроцессоров.

1. Конструкции на основе биполярных транзисторов.
2. Конструкции на основе полевых транзисторов.

Тема 3. Исходные материалы и полуфабрикаты для производства полупроводниковых интегральных микросхем.

1. Монокристаллический кремний.
2. Эпитаксиальные структуры.

Тема 4. Технология производства полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах.

1. Изготовление микросхем на биполярных транзисторах с изоляцией элементов *p-n* переходами.
2. Изготовление микросхем на биполярных транзисторах с полной диэлектрической изоляцией элементов.

Тема 5. Технология производства полупроводниковых микросхем на МДП-транзисторах.

1. Изготовление микросхем на МДП-транзисторах с использованием аллюминиевых затворов.
2. Изготовление микросхем на МДП-транзисторах с использованием поликремниевых затворов.

Тема 6. Методы выполнения технологических операций.

1. Операции разделения пластин на кристаллы и подложек на платы.
2. Операции литографии.
3. Операции формирования *p-n* переходов в полупроводниках.
4. Операции соединения материалов.

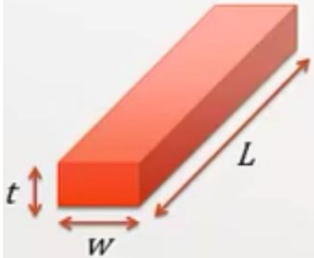
Перечень примерных тем докладов:

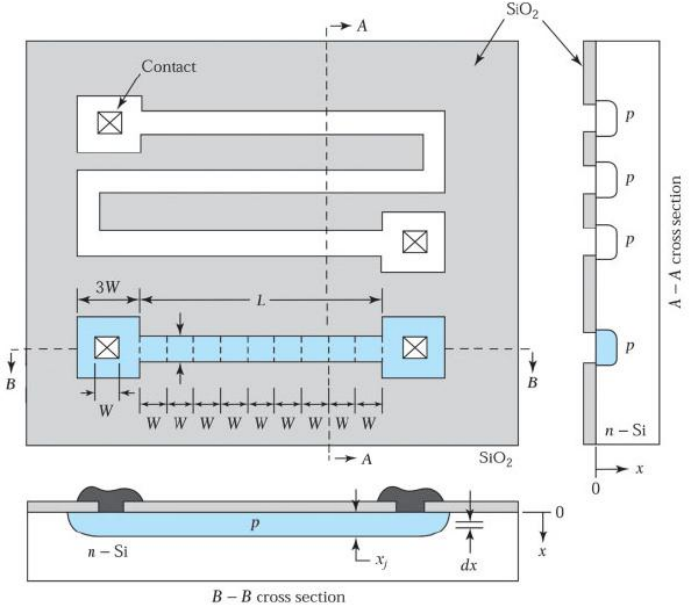
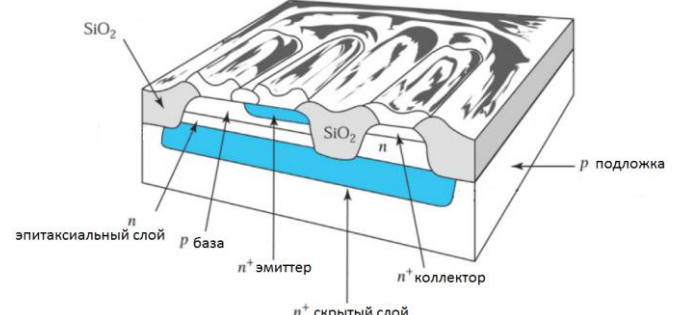
1. Наноимпринтная литография.
2. Особенности фотолитографии в области экстремально-ультрафиолета.
3. Особенности транзисторов, выполненных по технологии «слаболегированный затвор» (Lightly Doped Drain (LDD)).
4. FinFET–технология.
5. Эпитаксиальное наращивание полупроводников.
6. MESFET-технология.
7. Технологические проблемы, которые нужно преодолеть в нанoeлектронике.
8. BiCMOS-технология.
9. Эффекты, вызванные уменьшением размеров биполярных и полевых транзисторов.
10. Способы формирования тонких пленок на кремниевой подложке.
11. Процесс получения полупроводниковой пластины из кремния и арсенида галлия.
12. Проблемы, возникающие при применении процесса ионной имплантации и их устранение.
13. Фоторезисты, применяемые в процессе литографии.
14. Особенности производства масок для литографии.
15. Технология производства оптоэлектронных устройств.
15. Технология MEMS.
16. Получение монокристаллического кремния методом бестигельной зонной плавки.
17. Электронно-лучевая литография.
18. Способы предотвращения «эффекта защелкивания» в КМОП-технологии.
19. Технология производства микросхем памяти.
20. Различия в технологии производства микросхем памяти и логики.

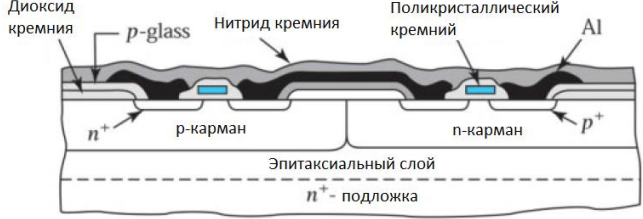
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<p>ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений</p>		
<p>ПК-1.1</p>	<p>Разрабатывает эскизный проект, включающий: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; рассчитывает все необходимые показатели структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показатели качества; выбирает и обосновывает схемы вспомогательных устройств</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электровакуумные приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Технология изготовления.</li> <li>2. Оптоэлектронные приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Технология изготовления.</li> <li>3. Электроакустические приборы. Классификация. Сфера применения. Основные производители. Технология изготовления.</li> <li>4. Современное производство интегральных микросхем. Классификация интегральных схем.</li> <li>5. Основные технологические операции при производстве интегральных микросхем.</li> <li>6. Процесс литографии.</li> <li>7. Процесс диффузии примесей в полупроводник.</li> <li>8. Процесс ионной имплантации.</li> <li>9. Процесс травления.</li> <li>10. Последовательность технологических операций, необходимых для получения структуры биполярного транзистора.</li> <li>11. Последовательность технологических операций, необходимых для получения структуры полевого транзистора.</li> <li>12. Изготовление микросхем на биполярных транзисторах с изоляцией элементов <i>p-n</i> переходами.</li> <li>13. Изготовление микросхем на биполярных транзисторах с полной диэлектрической изоляцией элементов.</li> <li>14. Изготовление микросхем на МДП-транзисторах с использованием алюминиевых затворов.</li> <li>15. Изготовление микросхем на МДП-транзисторах с использованием поликремниевых затворов.</li> <li>16. Исходные материалы и полуфабрикаты для производства полупроводниковых интегральных микросхем. Монокристаллический кремний.</li> <li>17. Исходные материалы и полуфабрикаты для производства полупроводниковых интегральных микросхем. Эпитаксиальные структуры.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>18. Конструкции элементов полупроводниковых микросхем и микропроцессоров на основе биполярных транзисторов.</p> <p>19. Конструкции элементов полупроводниковых микросхем и микропроцессоров на основе полевых транзисторов.</p> <p>18. Разработка эскизного проекта электронного устройства.</p>
ПК-1.2	<p>Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнивает с аналогами по технико-экономическим характеристикам</p>	<p>Студент изучает процедуру технико-экономического обоснования проекта по разработке электронного полупроводникового устройства и применяет полученные знания при выполнении расчетно-графических работ.</p> <p><b>Примерные практические задания для зачета:</b></p> <p><b>1.</b> Рассчитать сопротивление полупроводникового резистора. Дана пластина кремния р-типа с концентрацией акцепторной примеси <math>N_A = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>. Добавляем в область будущего резистора примесь n-типа с <math>N_D = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}</math>. Размеры <math>L = 2 \text{ мкм}</math>, <math>w = 0,25 \text{ мкм}</math>, <math>t = 0,12 \text{ мкм}</math>.</p>  <p><b>2.</b> Во сколько раз увеличится ширина р-n-перехода, созданного на кремниевой подложке р-типа с концентрацией примеси <math>N_A = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}</math> при введении донорной примеси в концентрации <math>N_D = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}</math>, если приложить к нему обратное напряжение величиной 0,8 В (по сравнению с р-n-переходом к которому не приложено напряжение).</p> <p><b>3.</b> Найти значение сопротивления приведенных двух резисторов, выполненных методом легирования, если <math>W = 10 \text{ мкм}</math>, а поверхностное сопротивление равно <math>1 \text{ кОм}/\square</math>.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		 <p data-bbox="782 907 1492 1176"> <b>4.</b> Найти величину запасенного заряда и количество электронов на МОП-конденсаторе с площадью <math>4 \text{ мкм}^2</math> для двух случаев: а) если используемый диэлектрик – диоксид кремния толщиной <math>10 \text{ нм}</math>, б) <math>\text{Ta}_2\text{O}_5</math> толщиной <math>5 \text{ нм}</math>. Приложенное напряжение для обоих случаев равно <math>5 \text{ В}</math>.         </p> <p data-bbox="782 1198 1492 1321"> <b>5.</b> Какой радиус интегральной спиральной индуктивности необходим для получения <math>L = 10 \text{ нГн}</math>, если число витков равно <math>20</math>?         </p> <p data-bbox="782 1344 1492 1534"> <b>6.</b> Какое максимальное напряжение затвор-исток может выдержать МОП-транзистор с толщиной подзатворного оксида <math>5 \text{ нм}</math>, если напряжение пробоя диоксида кремния составляет <math>8 \text{ МВ/см}</math> и напряжение подложки равно нулю.         </p> <p data-bbox="782 1534 1492 1680"> <b>7.</b> Какое количество перечисленных технологических процессов было использовано при создании данного транзистора (до выполнения металлизации):         </p>  <p data-bbox="782 2004 1492 2116">           Нанесение/осаждение пленки материала _____ раз.            Эпитаксиальное выращивание слоя кремния _____ раз.         </p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Окисление _____ раз.  Фотолитография _____ раз.  Травление _____ раз.  Легирование _____ раз.</p> <p><b>8.</b> Приведите последовательность технологических шагов (с рисунком для каждого шага), используемых при создании следующего устройства.</p>  <p><b>9.</b> Найти длительность процесса получения 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><b>10.</b> 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><b>11.</b> Определить время воздействия пучка ионов с плотностью тока <math>0,1</math> мА/см<sup>2</sup> для получения легированного слоя толщиной <math>d = 100</math> нм со средней концентрацией <math>10^{20}</math> см<sup>-3</sup>. Кратность ионизации равна 1.</p> <p><b>12.</b> Можно ли обрабатывать пластины диаметром 200 мм и 300 мм в установке для нанесения слоя материала вакуумным термическим напылением, если расстояние от поверхностного источника (расплава) до пластины составляет 1 м и нужно получить однородность толщины пленки на уровне 0,5%?</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой. Зачет по данной дисциплине проводится в письменной форме.

**Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:**

– 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.