

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники**

**Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы

Мустафаев Г.А.

« 10 » 08 2023 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директора ИИЭИКТ

Тешев Р.Ш.

« 30 » 08 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.02.01. «ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ  
БАЗЫ»**

Направление подготовки

**11.03.04 –Электроника и наноэлектроника**

Профиль: **Современные информационные технологии в  
электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника:

**Бакалавр**

Форма обучения:

**Очная**

**Нальчик 2023**

Рабочая программа дисциплины: **Основы технологии электронной компонентной базы** /сост. \_Гаев Д.С. – Нальчик: КБГУ, 2023 - 26с.

Рабочая программа дисциплины предназначена для студентов очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника, 6 семестра, 3 курса.

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 –Электроника и нанoeлектроника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015г. за № 218.

## Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО .....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Содержание и структура дисциплины .....	5
4.1. Содержание разделов дисциплины .....	5
4.2. Структура дисциплины (модуля) .....	7
4.3. Лекционные занятия .....	8
4.4. Практические (Семинарские) занятия .....	8
4.5. Лабораторные работы .....	
4.6. 8 4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины .....	9
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	9
5.1. Коллоквиум .....	10
5.2. Тесты .....	12
5.3. Задания для лабораторных занятий .....	14
5.4. Промежуточная аттестация .....	15
5.4.1. Зачет .....	15
5.4.2. Экзамен .....	16
5.5. Контроль курсовых работ .....	19
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	20
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	23
8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий .....	24
Материально-техническое обеспечение работы .....	24
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) .....	26

### **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

**Целью дисциплины** формирование знаний о базовых процессах составляющих основу технологии изготовления и производства широкого класса полупроводниковых приборов и интегральных схем.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение основ физических явлений и процессов, лежащих в основе базовых процессов технологии приборов твердотельной электроники и интегральных схем;
- формирование навыков моделирования процессов создания полупроводниковых приборов, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро – и нанoeлектроники.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина « Основы технологии электронной компонентной базы» включена вариативную часть блока Б1.В.14 учебного плана подготовки бакалавров по направлению ВО 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника по профилю " Современные информационные технологии в электронной технике".

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Физика (общая)», «Химия», «Материалы электронной техники», «Технология материалов и изделий нанoeлектроники».

Освоение учебной программы дисциплины основы технологии электронной компонентной базы, необходимы для последующего изучения дисциплин: «Проектирование и конструирование субмикронных элементов СБИС», «Корпускулярно зондовая нанотехнология», «Измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур», а также для выполнения курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО направления подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника изучение дисциплины основы технологии электронной компонентной базы направлено на формирование элементов следующих общекультурных и профессиональных компетенций:

**ПКС-3** Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники

**ПКС-Б.3.1** Способен проводить учет видов и объемов производственных работ

**ПКС-Б.3.2.** Способен осуществлять регламентное обслуживание оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

#### **Знать:**

- физическую сущность процессов лежащих в основе базовых технологий изготовления изделий электронной техники;
- технологии производства материалов и изделий электронной техники; – основы технологий самоорганизации и самообразования. **Уметь:**

- составлять маршрутные карты и технологическую документацию для проведения технологических процессов микро- и нанoeлектроники;
- организовывать процесс самообразования во временной перспективе. **Владеть:**
- первичными навыками составления технологических маршрутов проведения процессов и изготовления полупроводниковых структур интегральной электроники;
- технологиями поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии получения и применения материалов и структур нанoeлектроники;
- навыками самостоятельного изучения и решения вопросов и задач материаловедческого аспекта в профессиональной области.

#### 4. Содержание и структура дисциплины

##### 4.1. Содержание разделов дисциплины

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1.	Введение в технологии электронной компонентной базы	Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и нанoeлектроники. Классификация и общая характеристика базовых технологических процессов электронной компонентной базы. Современные тенденции развития технологии электронной компонентной базы.	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	
2.	Технологические основы поверхностной обработки полупроводниковых материалов, очистки и травления	Механическая обработка полупроводниковых подложек (резка, шлифовка, полировка, химикомеханическая полировка). Нарушенный слой после механической обработки. Химическая очистка поверхности – основные реактивы и технологические приемы. Методы контроля чистоты поверхности. Классификация основных загрязнений поверхности. Химическое травление кремния. Кинетика химического травления. Основные теории растворения кремния. Зависимости скорости травления от технологических факторов. Химикодинамическая полировка. Анизотропное травление. Плазмохимическое травление кремния, двуокиси и нитрида кремния.	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	Т, К, ЛР

3.	Технологические основы эпитаксиальных процессов	Эпитаксиальные пленки. Рост эпитаксиальных пленок. Гомоэпитаксия. Гетероэпитаксия. Основные причины образования дефектного переходного слоя. Методы получения эпитаксиальных слоев кремния. Эпитаксия из жидкой фазы. Хлоридный метод. Силановый метод. Легирование эпитаксиальных пленок. Легирование из раствора. Легирование из газовой фазы. Основные технологические факторы, определяющие кинетику роста эпитаксиальных пленок. Гетероэпитаксия кремния на диэлектрических подложках. Основные подложки. Легирование гетероэпитаксиальных пленок. Перераспределение примесей при эпитаксии.	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	
4.	Технологические основы формирования диэлектрических пленок	Термическое окисление кремния. Основные функции окисных пленок в структуре интегральных схем. Окисление кремния при комнатной температуре (естественное окисление). Физический механизм роста окисла при высокой температуре. Особенности роста пленок при сухом и влажном окислении.	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	
	ских пленок	Структура окисла кремния. Модель окисления ДилаГроува. Кинетика роста кремния. Факторы, определяющие влияние на скорость роста пленок. Оборудование для окисления кремния. Структурная схема установки окисления в технологическом цикле: сухой – влажный – сухой кислород. Методы контроля параметров диэлектрических слоев. Осаждение пленок диоксида кремния из пиролитическим разложением моносилана и его производных. Схемы реакторов осаждения диоксида кремния из парогазовой смеси при пониженном и атмосферном давлении. Осаждение нитрида кремния. Перспективы развития методов осаждения диэлектрических пленок.		

5.	Технологические основы процессов легирования	<p>Основные технологические методы создания легированных слоев. Роль легированных слоев в структуре ИС.</p> <p>Термодиффузия. Основные характеристики диффузионных слоев. Механизмы диффузии примесей в твердом теле. Коэффициент диффузии. Температурная зависимость коэффициентов диффузии основных примесей в кремнии. Распределение примесей при диффузии. Первый и второй законы Фика. Диффузия из бесконечного источника. Диффузия из ограниченного источника. Технология проведения термодиффузионного процесса. Основные источники донорных и акцепторных примесей. Диффузия из твердого планарного источника. Диффузия из газовой фазы. Диффузия из твердого источника.</p> <p>Ионное легирование. Характеристика процесса имплантации. Пробег ионов. Распределение пробегов. Ядерная тормозная способность. Электронная тормозная способность. Радиационные нарушения мишени. Эффект каналирования. Дефекты структуры в полупроводниках при ионном легировании. Устранение дефектов ионного легирования (термоотжиг, ламповый отжиг, лазерный отжиг). Распределение внедренных ионов. Распределение примесей в интегральных структурах. Оборудование для ионного легирования. Ионные источники.</p>	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	
6.	Технологические основы литографических процессов	<p>Классификация процессов литографии. Позитивные и негативные фоторезисты. Схема фотолитографического процесса. Взрывная (обратная) фотолитография. Основные свойства фоторезистов (светочувствительность, разрешающая способность, стойкость к воздействию агрессивных факторов. Фотошаблоны. Техпроцесс изготовления металлизированных фотошаблонов. Технологические операции фотолитографии. Контактная фотолитография. Литография в глубоком ультрафиолете. Проекционная</p>	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	<i>Т,К,ЛР</i>
		фотолитография. Электронная и рентгеновская литография.		

7.	Технологические основы процессов формирования систем металлизации	Основные материалы металлизации. Требования к системам металлизации ИС. Свойства пленок алюминия. Электродиффузии в пленках алюминия. Методы получения металлических пленок. Вакуумтермическое осаждение пленок. Магнетронные распылительные системы. Создание омических контактов. Технологии многослойной разводки систем металлизации.	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	
8.	Базовые принципы создания технологических маршрутов изготовления интегральных схем	Общие принципы организации технологического процесса. Технологическое обеспечение надежности изделий и контроль качества технологического процесса. Требования к чистоте воздушной среды и климатическим параметрам. Основные положения электронной гигиены. Состав конструкторской и технологической документации.  Технологические маршруты: биполярных ИС с изоляцией обратного смещенным р-п переходом, биполярных ИС с диэлектрической изоляцией, р-МОП ИС, n-МОП ИС, К-МОП СБИС, структур с полной диэлектрической изоляцией для силовых п/п приборов и ИС, ИС кремний на сапфире (КНС).	ПК-3 ПК-Б.3.1., ПК-Б.3.2.	<i>Т,К,ЛР</i>

#### 4.2. Структура дисциплины (модуля)

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	6 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
Лекции (Л)	30	30
Лабораторные работы (ЛР)	30	30
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная:</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Самостоятельное изучение разделов	21	21
Самоподготовка:		
Курсовая работа (КР)		
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>		
Зачет	9	9
Экзамен	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен, зачет</b>	

#### 4.3. Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

<b>№ п/п</b>	<b>Тема</b>	<b>Код контро- лируемой компе- тенции (или ее части)</b>
1	Введение в технологии электронной компонентной базы	ПК-3
2	Технологические основы поверхностной обработки полупроводниковых материалов, очистки и травления	ПК-3
3	Технологические основы эпитаксиальных процессов	ПК-3
4	Технологические основы формирования диэлектрических пленок	ПК-3
5	Технологические основы процессов легирования	ПК-3
6	Технологические основы литографических процессов	ПК-3
7	Технологические основы процессов формирования систем металлизации	ПК-3
8	Базовые принципы создания технологических маршрутов изготовления интегральных схем	ПК-3

#### **4.4. Практические (Семинарские) занятия**

Практические занятия (Семинарские занятия) не предусмотрены программой

#### **4.5. Лабораторные работы**

*Таблица 4. Перечень лабораторных работ*

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование лабораторных работ</b>	<b>Код контролируемой компетен- ции (или ее части)</b>
1	Моделирование процесса термического окисления монокристаллического кремния в сухом кислороде и парах воды.	ПК-3
2	Расчет технологических режимов 1-ой и 2-ой стадии диффузии примеси в кремнии.	ПК-3
3	Расчет технологических режимов процесса ионной имплантации.	ПК-3
4	Моделирование технологического процесса ионно-лучевого травления пленок	ПК-3
5	Моделирование процесса магнетронного напыления металлических пленок	ПК-3

#### **4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины**

*Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины*

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>
------------------	---	--

1	Классификация основных загрязнений поверхности. Методы контроля чистоты поверхности.	ПК-3
2	Плазмохимическое травление кремния, двуокиси и нитрида кремния.	ПК-3
3	Гетероэпитаксия кремния на диэлектрических подложках.	ПК-3
4	Осаждение пленок диоксида кремния из пиролитическим разложением моносилана и его производных. Схемы реакторов осаждения диоксида кремния из парогазовой смеси при пониженном и атмосферном давлении. Осаждение нитрида кремния. Перспективы развития методов осаждения диэлектрических пленок.	ПК-3
5	Дефекты структуры в полупроводниках при ионном легировании. Устранение дефектов ионного легирования (термоотжиг, ламповый отжиг, лазерный отжиг).	ПК-3
6	Литография в глубоком ультрафиолете. Проекционная фотолитография. Электронная и рентгеновская литография.	ПК-3
7	Технологии многослойной разводки систем металлизации.	ПК-3
8	Технологические маршруты: p- МОП ИС, n- МОП ИС, структур с полной диэлектрической изоляцией для силовых полупроводниковых приборов и ИС, ИС кремний на сапфире (КНС).	ПК-3

#### **5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные материалы для текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине определяются учебным планом образовательной про-граммы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов обучающихся по программам высшего образования КабардиноБалкарского университета(Приказ № 159/О от 31 августа 2017г.). При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность чётко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (курсовой работы, лабораторных работ и др.). Текущий и рубежный контроль успеваемости студентов по дисциплине проводится по трем контрольным точкам. В конце 1/3 семестра 1-я контрольная точка, вторая контрольная точка- конец 2/3 семестра, а третья контрольная точка последние две недели семестра.

Распределение баллов в рамках балльно-рейтинговой системы аттестации студентов приведена ниже:

*Таблица 6. Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена*

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
<b>1.</b>	<b>Текущий контроль</b>				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов

<b>2.</b>	<b>Рубежный контроль</b>				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
	<b>Итого</b>	<b>70 баллов</b>	<b>23 балла</b>	<b>23 балла</b>	<b>24 балла</b>
<b>3.</b>	<b>Экзамен</b>	<b>30 баллов</b>	<b>min – 15, max – 30 баллов</b>		

### 5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, каждый из которых оценивается в пределах от 0 до 8 баллов. Таким образом, максимальное количество баллов, которые может получить студент при условии успешной сдачи трех коллоквиумов равно 24.

На коллоквиумах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональной компетенции ПК-8. Ниже приведен примерный перечень вопросов и заданий, выносимых на коллоквиумы:

#### *1-коллоквиум(Раздел 1,2,3):*

1. Перечислите основные этапы развития микро- и нанoeлектроники и дайте им краткую характеристику
2. Приведите классификацию базовых технологических процессов электронной компонентной базы.
3. Охарактеризуйте современные тенденции развития технологии электронной компонентной базы.
4. Каковы основные кристаллографические ориентации кремниевых
5. подложек?
6. Каковы основные коммерческие марки монокристаллического кремния
7. для исходных подложек?
8. Поясните физическую природу механической обработки подложек.
9. Объясните структуру нарушенного слоя после механической обработки. 10. Назовите основные технологические приемы при механической
11. обработке подложек.
12. Поясните сущность химико-механической полировки.
13. Каковы основные химические реакции травления примеси?
14. Каковы основные реакции травления диоксида и нитрида кремния?
15. Перечислите виды процессов эпитаксиального наращивания и дайте краткую характеристику.
16. Опишите хлоридный и силановый методы получения эпитаксиальных слоев.
17. Что такое гетероэпитаксия? .Укажите условия для реализации этого процесса.
18. Основные типы эпитаксиальных реакторов.
19. Приведите основные механизмы эпитаксиального роста.
20. Сравните технологические возможности различных видов процессов эпитаксиального наращивания.

#### *2-коллоквиум(Раздел 4,5,6):*

1. Каковы функции диэлектрических пленок в структуре кремниевых ИС?

2. Какова структура диоксида кремния?
3. Объяснить физику роста окисла кремния при комнатной температуре.
4. Назовите основные факторы, определяющие кинетику высокотемпературного окисления.
5. Модель окисления Дила-Гроува.
6. Пояснение влияния технологических факторов на скорость роста окисных пленок.
7. Линейный и параболический законы термического окисления.
8. Особенности осаждения пленок диоксида кремния при пониженном давлении.
9. Особенности осаждения пленок диоксида кремния при атмосферном давлении.
10. В чем сущность метода ионного легирования?
11. Объясните преимущества ионного легирования перед термодиффузией.
12. Основные законы термодиффузии Фика.
13. Механизмы термодиффузии в твердом теле.
14. Диффузия из ограниченного источника.
15. Диффузия из бесконечного источника.
16. Структурная схема установки ионного легирования.
17. Источники слоев для установки ионного легирования.
18. Позитивные и негативные фоторезисты.
19. Нанесение, сушка и задубливание фоторезисторов.
20. Совмещение и экспонирование рисунка при фотолитографии.
21. Особенности размерного травления при фотолитографии.
22. Технологический процесс изготовления металлизированного фотошаблона.
23. Взрывная (обратная) литография.
24. Химподготовка подложки перед нанесением фоторезиста.

*3-коллоквиум(Раздел 7,8):*

1. Свойства алюминия, обеспечивающие применимость его в качестве металлизации кремниевых ИС.
2. Основные металлы, применяемые в качестве барьерных для диодов Шоттки.
3. Принцип вакуумно-термического испарения.
4. Принцип электронно-лучевого испарения.
5. Конструкции и принцип работы магнетрона.
6. Магнетронные способы напыления металлических пленок.
7. Электромиграция в тонких пленках металлизации.
8. Технологические пути снижения влияния электромиграции.
9. Методы создания многоуровневых систем металлизации
10. Технологический маршрут создания биполярных СБИС с изоляцией обратно смещенным р-п переходом.
11. Технологический маршрут создания биполярных ИС с диэлектрической изоляцией.
12. Технологический маршрут создания р-МОП ИС.
13. Технологический маршрут создания n-МОП ИС.
14. Технологический маршрут создания К-МОП ИС.
15. Технология создания структур с полной диэлектрической изоляцией для силовых п/п приборов и ИС.
16. Технология ИС кремний на сапфире (КНС).

## 17. Технология ИС кремний на изоляторе (КНИ).

### *Методические рекомендации*

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника. При подготовке к коллоквиуму также рекомендуется посещение консультаций для своевременного снятия возникших вопросов в процессе подготовки. Коллоквиум проводится в виде устного опроса и собеседования со студентом.

### *Критерии оценивания*

Степень подготовленности студента на коллоквиуме оценивается по следующим критериям: - *ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;* - *владение специальными терминами;* *системность знаний по теме коллоквиума.* Ниже приведена шкала оценивания:

Таблица 7. Критерии оценивания студента на коллоквиуме

Оценка			
2 балла «Неудовлетворительно»	4 балла «Удовлетворительно»	6 баллов «Хорошо»	8 баллов «Отлично»
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

### 5.2. Тесты

Тестирование по изучаемым разделам проводится 3 раза в семестр. На тестах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональных компетенций ПК-8. Ниже приведены примерные образцы тестовых заданий:

#### 1. Отметьте правильный ответ

К основным тенденциям развития электронной компонентной базы относится :

- ☐ снижение себестоимости изделий
- ☐ увеличение потребляемой мощности изделий
- ☐ уменьшение проектных норм в технологии
- ☐ расширение температурного диапазона работы изделия

#### 2. Отметьте правильный ответ

Гомоэпитаксия - это процесс наращивания монокристаллического слоя вещества: ☐ однотипного по структуре с подложкой с относительной разницей в параметрах решетки более 20%

☐ однотипного по структуре с подложкой с относительной разницей в параметрах решетки не более 15%

☐ разнотипного по структуре с подложкой, но с одинаковым содержанием и типом электрически активной примеси 3.Отметьте правильный ответ

Укажите формулу моносилана:

☐  $\text{SiH}_4$

☐  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$

☐  $\text{SiH}_3\text{Cl}$

4.Отметьте правильный ответ

Какое изделие было разработано первым:

☐ интегральная схема

☐ полупроводниковый транзистор

☐ электронная лампа

5.Отметьте правильный ответ

Скорость ионного травления максимальна при угле падения ионов, равном (1):

☐  $45^\circ$

☐  $60^\circ$

☐  $30^\circ$

☐  $90^\circ$

6.Отметьте правильный ответ Коэффициент

распыления – это :

☐ число атомов, выбиваемых из мишени одним падающим на него ионом

☐ число атомов, выбиваемых из мишени за весь процесс катодного распыления

☐ отношение катодного и анодного токов

☐ число молей выбиваемых атомов за единицу времени

7.Отметьте правильный ответ

Микроэлектроника - раздел электроники, который включает:

☐ исследование ИМС

☐ конструирование ИМС

☐ производство ИМС

☐ все перечисленное

8.Отметьте правильный ответ

Недостатки электронно-лучевой литографии (3):

☐ малая производительность

☐ сложность процесса

☐ себестоимость процесса

☐ отсутствие шаблона

9.Отметьте правильный ответ

Применение глубокого коллектора в структуре интегрального биполярного транзистора предназначено для:

☐ уменьшения сопротивления тела коллектора

☐ увеличения сопротивления тела коллектора

☐ повышения радиационной стойкости

10.Отметьте правильный ответ

Степень интеграции - определяется коэффициентом(  $N$  - число элементов в ИМС):

- ☐  $K = \lg N$
- ☐  $K = \ln N$
- ☐  $K = \log_2 N$

### *Методические рекомендации*

*Тесты* – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

### *Критерии оценивания*

Таблица 8. *Критерии оценивания результатов тестирования*

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

### **5.3. Задания для лабораторных занятий**

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы. В рамках дисциплины студенты должны выполнить 5 лабораторных работ, охватывающих различные разделы теоретического курса. Работы ориентированы на изучение основ технологии электронной компонентной базы, используя технологии физического и математического моделирования технологических процессов. Моделирование проводится с применением программного обеспечения MathCad. *Пример типовой лабораторной работы*

«Моделирование процесса магнетронного напыления металлических пленок» Целью работы является:

- ознакомление с процессом магнетронного напыления тонких пл;
- определение режимов магнетронного распыления для получения металлических пленок заданной толщины.

### *Методические рекомендации*

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы и сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен электронный файл для расчета режимов магнетронного распыления. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение моделирования: получив исходные данные по материалу и толщине пленки студент должен путем моделирования выбрать режимы магнетронного распыления( время напыления , расстояние от мишени до подложки, напряжение магнетрона, ток магнетрона), обеспечивающие требования к пленки. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе.

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- ✓ задание;
- ✓ описание базового процесса;
- ✓ алгоритм моделирования;
- ✓ результаты моделирования;
- ✓ общие выводы о работе и заключение.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

Студент выполнивший и защитивший все лабораторные работы по дисциплине получает в конце семестра 21 балл. Каждая лабораторная работа в зависимости от степени сложности и важности темы оценивается индивидуальным баллом (К). Шкала оценивания лабораторных работ устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

Таблица 9. Методика оценивание выполнения этапов лабораторной работы

№ п/п	Вид этапа	Рейтинговый балл
1.	Допуск и выполнение экспериментальной части работы	0,3К
2.	Представление отчета по требуемой форме к сдаче работы	0,2К

3.	Защита работы	0.5К
----	---------------	------

Примечание: **К** – количество баллов, отводимое в рамках рейтинговой системы на данную работу, которое определяется преподавателем в начале лабораторного курса.

#### 5.4. Промежуточная аттестация

##### 5.4.1. Зачет

*(Контролируемые компетенции ОК-7, ПК-8)*

Примерный перечень основных вопросов выносимых на зачет приведен ниже:

1. Механизмы термодиффузии в твердом теле
2. Основные законы термодиффузии в твердом теле
3. Основные положения теории ионного легирования
4. Структура и принцип работы установки ионного легирования
5. Фотолитография на микрозоре
6. Проекционная фотолитография в глубоком ультрафиолете
7. Электронно-лучевая литография
8. Рентгеновская литография
9. Магнетронное распыление металлов
10. Электронно-лучевое распыление металлов
11. Ионно-лучевое распыление металлов
12. Многослойная металлизация
13. Планарно-эпитаксиальная технология производства ИС
14. Процессы подготовки поверхности полупроводниковых пластин

##### *Методические рекомендации*

Подготовка студентов к зачету включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защите.

Для подготовки к ответам вопросы зачета (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к зачету студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к зачету должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. *Критерии оценивания*

«Зачтено» выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всестороннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ логично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершенствованию.

При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на

задаваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправлять допущенные ошибки и неточности.

«Не зачтено» может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное, неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки, неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может быть признан достаточным для профессиональной деятельности.

Таблица 10. Критерии оценки качества освоения дисциплины, завершающейся зачетом

Баллы (рейтинговой оценки)	Результат освоения	Качество освоения дисциплины
46-70	Зачтено (без процедуры сдачи зачета)	Владеет программным материалом. Справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний. Владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
36-45	Зачтено (с процедурой сдачи зачета)	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
менее 36 балла	не допущен к зачету	Демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Элементы компетенции не сформированы.

#### 5.4.2. Экзамен

(контролируемые компетенции ОК-7, ПК-8).

Изучение дисциплины завершается устным экзаменом. Примерный перечень основных вопросов к экзамену приведен ниже:

1. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро, микро- и нанoeлектроники.
2. Классификация и общая характеристика базовых технологических процессов электронной компонентной базы.
3. Современные тенденции развития технологии электронной компонентной базы.
4. Механическая обработка полупроводниковых подложек (резка, шлифовка, полировка, химико-механическая полировка).
5. Химическая очистка поверхности – основные реактивы и технологические приемы.
6. Методы контроля чистоты поверхности.
7. Классификация основных загрязнений поверхности.
8. Химическое травление кремния. Кинетика химического травления.
9. Химико-динамическая полировка. Анизотропное травление.

10. Плазмохимическое травление кремния, двуокиси и нитрида кремния.
11. Эпитаксиальные пленки. Рост эпитаксиальных пленок.
12. Основные причины образования дефектного переходного слоя при эпитаксиальном наращивании.
13. Методы получения эпитаксиальных слоев кремния.
14. Эпитаксия из жидкой фазы.
15. Газофазные методы эпитаксиального наращивания кремния: хлоридный метод, силановый метод.
16. Оборудование для эпитаксиального наращивания.
17. Легирование эпитаксиальных пленок.
18. Гетероэпитаксия кремния на диэлектрических подложках. Основные подложки.
19. Основные функции окисных пленок в структуре интегральных схем.
20. Особенности роста пленок при сухом и влажном окислении. Структура окисла кремния. Модель окисления Дила-Гроува.
21. Факторы, определяющие влияние на скорость роста оксидных пленок кремния при окислении.
22. Оборудование для окисления кремния. Структурная схема установки окисления в технологическом цикле: сухой – влажный – сухой кислород.
23. Осаждение пленок диоксида кремния из пиролитическим разложением моносилана и его производных.
24. Схемы реакторов осаждения диоксида кремния из парогазовой смеси при пониженном и атмосферном давлении.
25. Осаждение нитрида кремния.
26. Перспективы развития методов осаждения диэлектрических пленок.
27. Основные технологические методы создания легированных слоев. Роль легированных слоев в структуре ИС.
28. Термодиффузия. Механизмы диффузии примесей в твердом теле.
29. Коэффициент диффузии. Температурная зависимость коэффициентов диффузии основных примесей в кремнии.
30. Первый и второй законы Фика.
31. Диффузия из бесконечного источника.
32. Диффузия из ограниченного источника.
33. Технология проведения термодиффузионного процесса.
34. Основные источники донорных и акцепторных примесей. Диффузия из твердого планарного источника, из газовой фазы и из из твердого источника.
35. Ионное легирование. Характеристика процесса имплантации.
36. Пробег ионов. Распределение пробега. Ядерная тормозная способность. Электронная тормозная способность.
37. Радиационные нарушения. Эффект каналирования. Дефекты структуры в полупроводниках при ионном легировании.
38. Оборудование для ионного легирования. Ионные источники.
39. Классификация процессов литографии.

40. Схема фотолитографического процесса. Взрывная (обратная) фотолитография.
41. Основные свойства фоторезистов (светочувствительность, разрешающая способность, стойкость к воздействию агрессивных факторов).
42. Фотошаблоны. Техпроцесс изготовления металлизированных фотошаблонов. Технологический маршрут типовой фотолитографии.
43. Литография в глубоком ультрафиолете.
44. Проекционная фотолитография.
45. Электронная и рентгеновская литография.
46. Основные материалы металлизации. Требования к системам металлизации ИС.
47. Свойства пленок алюминия. Электродиффузии в пленках алюминия.
48. Вакуум-термическое осаждение металлических пленок.
49. Магнетронные распылительные системы.
50. Создание омических контактов.
51. Технологии многослойной разводки систем металлизации.
52. Общие принципы организации технологического процесса.
53. Технологическое обеспечение надежности изделий и контроль качества технологического процесса.
54. Требования к чистоте воздушной среды и климатическим параметрам. Основные положения электронной гигиены.
55. Состав конструкторской и технологической документации.
56. Схема технологического маршрута изготовления биполярных ИС с изоляцией обратно смещенным р-п переходом.
57. Схема технологического маршрута изготовления биполярных ИС с диэлектрической изоляцией.
58. Схема технологического маршрута изготовления п- МОП ИС, р- МОП ИС.
59. Схема технологического маршрута изготовления К-МОП ИС,
60. Схема технологического маршрута изготовления структур с полной диэлектрической изоляцией для силовых п/п приборов и ИС,

*Методические рекомендации при подготовке к экзамену*

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защите.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. Механическое запоминание числовых значений характеристик материалов не рекомендуется, но студент должен отчетливо представлять себе порядок этих величин. Непосредственная подготовка студента к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

### Критерии оценивания

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов. Студент, набравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля, к экзамену не допускается. Ниже приведены критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации.

Таблица 11. Критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
Неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
Шкала по балльно-рейтинговой системе			
46 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100

### 5.5. Контроль курсовых работ

(контролируемые компетенции ОК-7, ПК-8).

Тематика курсовых работ, требования к ним и указания по их выполнению доводятся до сведения студентов в начале соответствующего семестра. Темы курсовых работ предлагаются студентам на выбор. Студент имеет право выбрать одну из заявленных кафедрой тем, предварительно согласовав ее с научным руководителем. Студент совместно с научным руководителем курсовой работы уточняет круг вопросов, подлежащих изучению, выбирает объект исследования, составляет план и определяет структуру работы. Ниже приводится примерный перечень тематики курсовых работ:

1. Технология формирования эмиттера биполярного транзистора методом ионной имплантации.
2. Технология формирования подзатворного диэлектрика.
3. Технология формирования многоуровневой контактной системы металлизации ИС.
4. Технология формирования изготовления n-МОП транзистора с металлическим затвором.
5. Современные технологии формирования комбинированной межэлементной изоляции

- 6.Трехмерные математические модели процессов локального окисления кремния.
- 7.Методы создания высоколегированных наноразмерных легированных слоев
- 8.Современные оптические методы литографии
- 9.Перспективные системы многоуровневой металлизации
10. Формирование наноразмерных структур методами молекулярно-лучевой эпитаксии
11. Конструкция и технология создания перспективных биполярных транзисторов для сверхбыстродействующих СБИС.
12. Конструкция и технология создания перспективных МДП транзисторов для СБИС.
13. Конструкция и технология создания перспективных силовых МДП-транзисторов.
14. Конструкция и технология создания перспективных силовых биполярных транзисторов.
15. Проблемы при создании перспективных СБИС.

#### *Требования к структуре и содержанию курсовой работы*

Курсовая работа должна представлять собой завершённое исследование, в котором анализируются исследовательские проблемы в рассматриваемой области, и раскрывается содержание и технологии разрешения этих проблем не только в теоретическом, но и в практическом плане на местном, региональном или федеральном уровнях. Работа должна носить творческий характер, отвечать требованиям логического и чёткого изложения материала, доказательности и достоверности фактов, отражать умения студента пользоваться рациональными приёмами поиска, отбора, обработки и систематизации информации и содержать теоретические выводы и практические рекомендации.

Структурно курсовая работа состоит из следующих разделов: титульный лист, введение, содержательная часть, заключение, литература, приложения(при необходимости). Объем курсовой работ должен быть не менее 25 страниц. Оформление работы проводится на листах формата А4, шрифт Times New Roman суг(кегль14), интервал 1, поля (справа 1,2см, слева 3,0см, сверху и снизу 2,0см). Ссылки на цитируемую литературу, рисунки и таблицы сквозные. Глубина литературного поиска по тематике курсовой работы должна включать работы, опубликованные не позднее 10 лет на момент выполнения работы. Выполнение курсовой работы складывается из нескольких этапов: анализ литературных и иных источников информации, составление плана работы, накопление и обработка фактического материала, написание и оформление работы, защита курсовой работы (проекта).

#### *Критерии оценивания курсового проекта*

Завершенная курсовая работа за неделю до защиты представляется студентом руководителю, который решает вопрос о допуске студента к защите курсовой работы.

Результаты защиты курсового проекта оцениваются дифференцированной отметкой («отлично», «хорошо», «удовлетворительно»). Ниже приведены критерии оценки:

Таблица 12. *Критерии и показатели оценивания курсовой работы*

Оценка			
неудовлетворительно менее 61 балла	удовлетворительно 61-80 баллов	хорошо 81-90 баллов	отлично 91-100 баллов
Работа выполнена не в соответствии с	Работа выполнена в соответствии с	Работа выполнена в	Работа выполнена в соответствии с

утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы.	утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны собственные выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.	соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению работы. При защите работы студент владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.	утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы.
--	--	---	---

## 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 13. *Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке*

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	<b>Знать:</b> основные правила и приемы самоорганизации и самообразования - (ОК-7)31.
	<b>Уметь:</b> – организовывать процесс самообразования во временной перспективе - ОК-7(У1); – самостоятельно осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии получения применению материалов электронной технике, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий - ОК-7(У2).
	<b>Владеть:</b> методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, связанных с нанотехнологиями материалов и структур в электронике - ОК7(В1).
Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8);	<b>Знать:</b> - физические и физико-химические принципы, лежащие в основе базовых технологических процессов, применяемых в микро- и нанoeлектронике – ПК-8(31); - методы контроля и практические возможности конкретных технологических процессов для получения материалов и создания устройств микро- и нанoeлектроники –

	ПК-8(32).
	<p><b>Уметь:</b></p> <p>- ориентироваться в многообразии современных технологических методов и приемов микро- и наноэлектроники – ПК-8(У1); - разрабатывать технологические схемы производства материалов и устройств микро- и наноэлектроники – ПК-8(У2); - определять оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций – ПК-8(У3).</p> <p>– выстраивать схемы технологических маршрутов изготовления изделий интегральной электроники - ПК-8(У4)</p>
	<p><b>Владеть:</b></p> <p>– первичными навыками составления технологических маршрутов проведения процессов и изготовления полупроводниковых структур интегральной электроники –ПК-8(В1);</p> <p>– технологиями поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии получения и применения материалов и структур наноэлектроники – ПК-8(В2);</p> <p>– навыками самостоятельного изучения и решения вопросов и задач материаловедческого аспекта в профессиональной области- ПК-8(В3).</p>

Таблица 14. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

№	Состав	Формирование элементов компетенции		
		ОК-7(З1), ПК-8(З1), ПК-8(З2)	ОК-7(У1), ОК-7(У2), ПК-8(У1), ПК-8(У2), ПК8(У3), ПК-8(У4)	ОК-7(В1), ПК-8(В1), ПК-8(В2), ПК8(В3)
1.	Содержание этапов			
2.	Виды занятий	1.Лекции 2.Консультации 3. Самостоятельная работа 4. Курсовая работа	1.Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3. Курсовая работа	1. Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3.курсовая работа

3.	Средства оценивания	1. <i>Посещение занятий</i> (см., разд.5, Табл. 6). 2. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 5. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.11) 5. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.11)	1. <i>Допуск и выполнение лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе.</i> (см., разд.5, Табл.9) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 5. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 6. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.11) 5. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.12)	1. <i>Защита результатов лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 3. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 4. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) 5. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.11) 5. <i>Курсовая работа</i> (см., разд.5, Табл.12)
----	---------------------	---	--	--

Уровень сформированности элементов компетенций в рамках изучения данной дисциплины включает четыре уровня:

- ✓ *низкий уровень (оценка «неудовлетворительно»)* характеризуется либо отсутствием, либо частичной сформированностью элементов компетенций;
- ✓ *базовый уровень (оценка «удовлетворительно»)* является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины, в целом элементы компетенций сформированы;
- ✓ *продвинутый уровень (оценка «хорошо»)* характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- ✓ *высокий уровень (оценка «отлично»)* характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Ниже в таблице 14 приведены общие характеристики и критерии оценивания уровня освоения элементов компетенций закрепленных за дисциплиной.

Таблица 15. *Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам*

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
«Отлично» (высокий уровень)	Обладает фактическими и	Умеет применять полученные знания	Владеет технологиями в

	теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости.	для решения производственных и исследовательски задач в изучаемой области	изучаемой предметной области и имеет навыки их совершенствования.
<b>«Хорошо» (продвинутый уровень)</b>	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия и категории в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения профессиональных задач	Адаптирует свое поведение к обстоятельствам в решении задач в изучаемой области
<b>«Удовлетворительно» (пороговый уровень)</b>	Обладает базовыми общими знаниями в изучаемой области	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения несложных задач в изучаемой области	Способен выполнять работы в изучаемой области под контролем .
<b>«Неудовлетворительно» (Низкий уровень)</b>	Отрывочные знания, путает основные понятия и категории в изучаемой области.	Умения не позволяют выполнить несложные задачи в изучаемой области, совершает ошибки.	Испытывает трудности при решении задач в изучаемой области даже под руководством

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### *Основная литература*

1. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13990.html>
2. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 100 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13991.html>
3. Черняев В. Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров.-

### *Дополнительная литература*

1. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов – СПб.: Изд – во «Лань», 2002, 424 С.

2. Курносков А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа, 1986, 367 С.
3. Гаев, Д.С. Технология материалов и изделий наноэлектроники [Текст]: учебное пособие/ Гаев Д.С., Нагаплежева Р.Р.- Нальчик, Каб. Балк. ун-т , 2017.-106с.
4. Гаев, Д.С. Функциональные радиотехнические материалы и покрытия [Текст]: (учебное пособие)/ Д.С. Гаев, В.А. Панченко, Р.Ш. Тешев, Гонов С.Ж.- Нальчик, Каб. Балк. ун-т , 2017.-99с.
5. Гаев, Д.С. Материалы и компоненты наноэлектроники. [Текст]: учебное пособие/ Д.С. Гаев, В.А. Панченко, Р.Ш. Тешев.-Нальчик : Каб.-Балк. ун-т, 2017.-96с.

#### *Интернет - ресурсы*

1. <http://lib.kbsu.ru/> - Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> -Справочная правовая система «Консультант Плюс».
4. <http://www.studmedlib.ru/> - ЭБС «Консультант студента»
5. Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников” <http://journals.ioffe.ru>.
6. [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru) – Сайт о нанотехнологиях в России.
7. [www.nanodigest.ru](http://www.nanodigest.ru) – Интернет - журнал о нанотехнологиях
8. [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru) – Сайт нанотехнологического сообщества ученых, студентов и любознательных читателей
9. [www.nano-portal.ru](http://www.nano-portal.ru) - Портал посвящен развитию нанотехнологий и их внедрению в производство.
10. [www.portalnano.ru/read/databases](http://www.portalnano.ru/read/databases) - База данных Федерального интернет-портала «Нанотехнологии и наноматериалы».

#### **8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий**

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных пакетов Microsoft Exell, MathCad (Academic MathCAD License).
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерных класса с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.
5. Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829.
6. Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-180427050836-287-197.
7. Архиватор 7z (бесплатное ПО).
8. Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО).

- 10 Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО).  
11. Система построения графиков SciDAVis (бесплатное ПО).  
12. Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО).

### **9. Материально-техническое обеспечение работы**

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя; -
- рабочие места студентов; -
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки; -
- электронными версиями учебников.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе (№319, оснащенной современными ПК в количестве 16 шт.; рабочее место преподавателя; рабочие места студентов; меловая доска).

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий и др. используются:

***лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:***

- ✓ Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/201631603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №03311000023140000770003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- ✓ архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- ✓ Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное

обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.

- ✓ . Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО)
- ✓ Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО)
- ✓ Система построение графиков SciDAVis (бесплатное ПО)
- ✓ Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО)

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- ✓ альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- ✓ присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- ✓ для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- ✓ для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений) в рабочей  
программе дисциплины (модуля)

**Б1.В.14. «ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ  
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ»**

**11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника на 202\_\_-202\_\_ учебный год**

№ п/п	Элемент (пункт)РДП	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры  
электроники и информационных технологий, протокол  
№ \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.*

**Заведующий кафедрой** \_\_\_\_\_ /  
/ \_\_\_\_\_ подпись расшифровка подписи

**Р.Ш. Тешев**  
дата