



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)

Факультет энергетики и электроники

(наименование факультета/института)

Кафедра «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

УТВЕРЖДАЮ

**Первый проректор по учебной
работе и цифровизации**

В.А. Шкаберин

«25» апреля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

**«Технология производства полупроводниковых приборов и
микроэлектромеханических систем»**

(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Микроэлектроника и твердотельная электроника

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

высшее образование – бакалавриат

(уровень образования)

бакалавр

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

очная

(форма обучения)

2023

(год набора)

Брянск 2023

Рабочая программа учебной дисциплины
«Технология производства полупроводниковых приборов и
микроэлектромеханических систем»

(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Микроэлектроника и твердотельная электроника

(направленность (профиль)/специализация образовательной программы)

Разработал(и):

Доцент, к.ф.-м.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.Ю. Некрасова

(И.О. Фамилия)

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Электронные, радиоэлектронные и
электротехнические системы»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«05» марта 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Малаханов А.А.

(И.О. Фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой

«Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»

(наименование выпускающей кафедры)

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Малаханов А.А.

(И.О. Фамилия)

© М.Ю. Некрасова 2023

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	7
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	9
5.3. Лекции	10
5.4. Лабораторные работы	12
5.5. Практические занятия	12
5.6. Самостоятельная работа обучающихся	14
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	17
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	18
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	19
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся	19
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	19
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины	21
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем	21
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	22
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	22

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	23
11.1. Методические материалы для педагогических работников	23
11.2. Методические материалы для обучающихся	26
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	27
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости	28
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся	28
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	31
12.5. Характеристика результатов обучения	31
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	32
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА	32

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем» (далее – дисциплина) ориентирована на формирование у обучающихся компетенций в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника».

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков в области базовых технологических процессов, применяемых при производстве полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем (МЭМС).

Задачи дисциплины:

- изучение основ проектирования технологических циклов производства простейших микроэлектронных структур;
- ознакомление студентов с современными методами интенсификации и повышения качества технологических процессов, используемых при производстве изделий микроэлектроники и микросистемной техники;
- изучение технологических схем производства основных дискретных и интегральных полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС

Дисциплина входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, и реализуется на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

Предварительно изучаются дисциплины: «Полупроводниковые приборы», «Микроэлектроника», «Основы микросистемной техники».

Параллельно изучаются дисциплины: «Методы и оборудование диагностики и контроля параметров полупроводниковых приборов», «Методы исследования структур электроники», «Методы исследования материалов электроники».

Базируются на изучении дисциплины: «Производственная (преддипломная) практика».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций ПК-2, ПК-3, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ПК-2. Готов выполнять расчет, проектирование и конструирование электронных компонентов, электронных и электротехнических устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с применением актуальных методик и на основе современной элементной базы в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	<p>ПК-2.1. Имеет представление о методиках проведения расчета электронных компонентов, электронных и электротехнических устройств различного функционального назначения.</p> <p>ПК-2.2. Проводить расчет, проектирование и конструирование электронных компонентов, электронных и электротехнических устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с применением актуальных методик и на основе современной элементной базы в том числе с использованием средств автоматизации проектирования.</p> <p>ПК-2.3. Имеет навыки разработки и оформления конструкторской и технической документации</p>	Параметры и характеристики процессов производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем	Читать технологическую документацию на изготовление полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем	Навыками расчета параметров отдельных производств полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем
ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства изделий электронной техники	<p>ПК-3.1. Имеет представление о технологических процессах разработки и изготовления электронной компонентной базы.</p> <p>ПК-3.2. Обосновывает выбор и применение технологического оборудования и оснастки для производства электронной компонентной базы.</p> <p>ПК-3.3. Имеет навыки разработки и оптимизации типовых и единичных технологических процессов.</p>	Базовые технологические операции и оборудование изготовления полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем	Определять последовательность операций в технологическом маршруте	Навыками разработки технологических процессов и выбора технологического оборудования для производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц (360 академических часов). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом образовательной программы	Трудоемкость, час.												
	Всего	Семестр											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	В	С
1. Контактная работа обучающихся с педагогическими работниками, в том числе:	80	-	-	-	-	-	-	48	32	-	-	-	-
1.1. Лекции, час.	32	-	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-
1.2. Лабораторные работы, час.	16	-	-	-	-	-	-	16		-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
1.3. Практические занятия, час.	32	-	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
2. Самостоятельная работа обучающихся, час.	199	-	-	-	-	-	-	69	130	-	-	-	-
3. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся, в том числе:	81												
3.1. Экзамен, семестр	81	78											
3.2. Зачет, семестр		-											
3.3. Зачет с оценкой, семестр		-											
3.4. Курсовой проект (контроль), семестр		-											
3.5. Курсовая работа (контроль), семестр		8											
3.6. Расчетно-графическая работа (контроль), семестр		-											
3.7. Контрольная работа (контроль), семестр		-											
Общая трудоемкость (10 з.е.)	360	360											

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 3.

Таблица 3 – Тематический план дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
7 семестр					
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	18	2	2	2	12
Тема 1. Получение вспомогательных материалов	7	1			6
Тема 2. Предпроизводственная обработка кремниевых пластин	11	1	2	2	6
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	19	3	2	2	12
Тема 1. Технология и оборудование газофазной эпитаксии	12	2	2	2	6
Тема 2. Контроль технологического процесса газофазной эпитаксии	7	1			6
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	25	3	6	4	12
Тема 1. Формирование пленок оксида кремния термическим окислением	9	1	2	2	4
Тема 2. Формирование диэлектрических пленок методами химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ)	7	1	2	-	4
Тема 3. Формирование пленок поликремния	9	1	2	2	4
Раздел 4. Технология процессов травления	21	3	2	4	12
Тема 1. Жидкостное травление	11	1	2	2	6
Тема 2. Сухое травление	10	2	-	2	6
Раздел 5. Технология процессов легирования	18	3	2	2	11
Тема 1. Термическая диффузия	8	1	2		5
Тема 2. Ионная имплантация	10	2		2	6
Раздел 6. Фотолитография	16	2	2	2	10
Тема 1. Технологический процесс фотолитографии	8	1	1	1	5
Тема 2. Контроль процессов фотолитографии	8	1	1	1	5
Всего за 7 семестр	117	16	16	16	69
8 семестр					
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	55	6		4	45
Тема 1. Методы и оборудование формирования систем межсоединений	31	4		2	25

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
Тема 2. Контроль процессов формирования систем межсоединений	24	2	-	2	20
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	54	5	-	4	45
Тема 1. Технологические процессы сборки	30	3	-	2	25
Тема 2. Технологические процессы герметизации	24	2	-	2	20
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	53	5	-	8	40
Тема 1. Типовые технологические маршруты изготовления полупроводниковых приборов	26	2	-	4	20
Тема 2. Типовые технологические маршруты изготовления МЭМС	27	3	-	4	20
Всего за 8 семестр	162	16	-	16	130
Итого за 7 и 8 семестры	279	32	16	32	199

5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины

Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Формирование компетенций по разделам дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Код компетенции	
	ПК-2	ПК-3
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	+	+
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	+	+
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	+	+
Раздел 4. Технология процессов травления	+	+
Раздел 5. Технология процессов легирования	+	+
Раздел 6. Фотолитография	+	+
8 семестр	+	+
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	+	+
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	+	+
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	+	+

5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание лекций

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
7 семестр			...
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	1. Получение вспомогательных материалов 2. Предпроизводственная обработка кремниевых пластин	1. Получение деионизованной воды и технологических газов 2. Шлифовка, полировка кремниевых пластин. Входной контроль. Формирование партий пластин для запуска в производство	2
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	1. Технология и оборудование газофазной эпитаксии 2. Контроль технологического процесса газофазной эпитаксии	1. Технология и оборудование газофазной эпитаксии. Установка «Эпиквар» 2. Контроль технологического процесса газофазной эпитаксии. Дефекты эпитаксиальных слоев	3
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	1. Формирование пленок оксида кремния термическим окислением 2. Формирование диэлектрических пленок методами химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) 3. Формирование пленок поликремния	1. Формирование пленок оксида кремния термическим окислением. Установки СДОМ, Оксид. Окисление при пониженном давлении 2. Формирование диэлектрических пленок методами ХОГФ. Установки Изотрон, УВП 3. Формирование пленок поликремния	3
Раздел 4. Технология процессов травления	1. Жидкостное травление 2. Сухое травление	1. Технологии жидкостного травления. Основные травители для кремния, диэлектриков, металлов. Трехкаскадные ванны. Интенсификация травления 2. Технологии сухого травления. БОШ процесс Установки GIR Alcatel, Si500	3
Раздел 5. Технология процессов легирования	1. Термическая диффузия 2. Ионная	1. Технологии термической диффузии. Источники примеси. Установки СДОМ	3

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
	имплантация	2.Технологии ионного травления. Установки ионного травления	
Раздел 6. Фотолитография	1. Технологический процесс фотолитографии 2. Контроль процессов фотолитографии	1.Законы фотолитографии. Фоторезисты и фотошаблоны. Технологический процесс фотолитографии. Установки фотолитографии. 2.Брак на операциях фотолитографии. Контроль процессов фотолитографии	2
Всего за 7 семестр			16
8 семестр			
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	1. . Методы и оборудование формирования систем межсоединений 2. Контроль процессов формирования систем межсоединений	1.Проводники для контактов и межсоединений. Методы металлизации, установки. Вжигание металлизации. Быстрый термический отжиг, установки 2.Брак на операциях металлизации. Контроль процессов формирования систем межсоединений	6
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	1. Технологические процессы сборки 2. Технологические процессы герметизации	1. Технологические процессы сборки. Установки разбраковки и разварки выводов. Брак на участке сборки 2. Технологические процессы герметизации, установки. Брак при герметизации	5
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	1. Типовые технологические маршруты изготовления полупроводниковых приборов 2. Типовые технологические маршруты изготовления МЭМС	1. Типовые технологические маршруты изготовления ИС с изоляцией диэлектриком и обратно смещенным р-п-переходом 2. Типовые технологические маршруты изготовления МЭМС	5
Всего за 8 семестр			16
Итого			32

5.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы (таблица 6).

Таблица 6 – Тематика лабораторных работ

Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы	Трудоемкость, час.
7 семестр		
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	Изучение технической документации на производство деионизованной воды, водорода, азота и кислорода – СТП ЮФ 20.4.1, СТП ЮФ 20.4.3, ГОСТ 5583-78, ГОСТ 9293-74	2
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	Изучение технологического процесса получения эпитаксиальных структур на установке «Эпиквар-101-М» с построением циклограмм процессов	2
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	1. Изучение технологических процессов термического окисления на установках СДОМ и «Оксид» с построением циклограмм процессов 2. Изучение технологических процессов формирования пленок поликремния, оксида и нитрида кремния на установке «Изотрон» с построением циклограмм процессов 3. Изучение технологических процессов формирования пленок фосфорсиликатного и борофосфорсиликатного стекла на установке «Изотрон» с построением циклограмм процессов	6
Раздел 4. Технология процессов травления	Исследование влияния соотношения времён травления и пассивации в цикле БОШ-процесса на форму и шероховатость стенок канавок	2
Раздел 5. Технология процессов легирования	Изучение технологических процессов термической диффузии и ионной имплантации на установках СДОМ и «Магна» с построением циклограмм процессов	2
Раздел 6. Фотолитография	Сравнительный анализ технологических процессов контактной и проекционной фотолитографий и анализ брака	2
Всего за 7 семестр		16
Итого за 7 и 8 семестры	–	16

5.5. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Тематика и содержание практических занятий

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	Механическая обработка кремниевых пластин	Расчет параметров технологического процесса химико-механической полировки при изготовлении структур КСДИ	2
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	Хлоридный метод выращивания эпитаксиального слоя	Расчет состава и расхода газовой смеси при выращивании эпитаксиального слоя хлоридным методом на установке «Эпиквар-101-М»	2
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	Методы формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	1. Расчет продолжительности времени окисления для получения пленок термического окисла по технологии «сухой-влажный-сухой» 2. Изучение влияния ориентации подложки, температуры и длительности процесса осаждения на текстуру и размер зерна пленок поликремния	4
Раздел 4. Технология процессов травления	Жидкостное и сухое травление	1. Расчет параметров травления канавок в водном растворе КОН при формировании структур КСДИ 2. Расчет анизотропии и селективности процесса ионно-плазменного травления	4
Раздел 5. Технология процессов легирования	Ионное легирование	Расчет толщины маски для ионного легирования карбида кремния	2
Раздел 6. Фотолитография	Контроль процесса фотолитографии	Оценка равномерности нанесения слоя фоторезиста разными методами	2
Всего за 7 семестр			16
8 семестр			
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	Технологии и оборудование формирования систем межсоединений	1. Изучение технологического процесса формирования двухуровневой металлизации. 2. Сравнительный анализ технологических процессов формирования систем металлизация ИС на установках электронно-	4

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
		лучевого, вакуум-термического и магнетронного напыления	
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	Технология и оборудование процессов сборки и герметизации	1. Изучение технологического процесса изготовления шариковых выводов для монтажа методом перевернутого кристалла 2. Изучение особенностей технологического процесса посадки кристалла на основание корпуса	4
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	1. Изучение технологического процесса изготовления структур с диэлектрической изоляцией 2. Составление обобщенного технологического маршрута изготовления МЭМС-датчика расхода газа 3. Изучение технологического маршрута изготовления ИС по КМОП технологии 4. Изучение технологического маршрута изготовления ИС по БиКМОП технологии	8
Всего за 8 семестр			16
Итого за 7 и 8 семестры			32

5.6. Самостоятельная работа обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
7 семестр	
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	1. Входной контроль кремниевых пластин. 2. Энергоснабжение производственных участков микроэлектронного производства
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	Установки жидкофазной эпитаксии

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	Влияние способа легирования на текстуру и размер зерна поликремния
Раздел 4. Технология процессов травления	Интенсификация процессов жидкостного и сухого травления
Раздел 5. Технология процессов легирования	1. Трансмутационное легирование. 2. Разновидности БОШ травления.
Раздел 6. Фотолитография	Способы повышения разрешающей способности фотолитографии
8 семестр	
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	Технологии многоуровневой металлизации
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	Методы контроля герметичности
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	LIGA, SIGA, SUMMIT технологии в производстве МЭМС

В процессе самостоятельной работы обучающиеся должны принимать решение по рассматриваемой проблеме с минимальным участием педагогического работника. Для решения поставленных задач может использоваться дополнительная литература и источники в информационно-коммуникационной сети «Интернет». Для закрепления пройденного материала педагогическим работником могут выдаваться домашние задания.

В таблице 9 указаны виды самостоятельной работы, выполняемые обучающимися при изучении соответствующих тем дисциплины.

Таблица 9 – Виды самостоятельной работы

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства полупроводниковых приборов и МЭМС	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 2. Эпитаксия в производстве полупроводниковых приборов и МЭМС	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
	аттестации
Раздел 3. Методы и оборудование формирования диэлектрических и поликремниевых пленок	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 4. Технология процессов травления	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 5. Технология процессов легирования	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 6. Фотолитография	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к лабораторной работе. Выполнение курсовой работы. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
Раздел 8. Технология сборки и герметизации	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к лабораторной работе. Выполнение курсовой работы. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и МЭМС	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к лабораторной работе. Выполнение курсовой работы. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации

Учебным планом в рамках дисциплины предусмотрена курсовая работа.

Выполнение курсовой работы осуществляется в соответствии с методическими указаниями, содержащимися в соответствующем разделе электронного курса «Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем» информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>).

5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины. Формы контрольно-оценочных мероприятий, проводимых в рамках текущего контроля успеваемости, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

Вид учебной работы	Форма текущего контроля успеваемости	Периодичность осуществления
Практические занятия и лабораторные работы	Устный экспресс-опрос, экспресс-тестирование.	На каждом занятии
Самостоятельная работа обучающихся	- устная (устный опрос, защита письменной работы, доклада по результатам самостоятельной работы, рефератов и т.д.); - письменная (письменный опрос, выполнение конспектов, глоссариев, курсовой работы); - тестовая (бланочное или компьютерное тестирование)	В течение семестра

Оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (промежуточная аттестация обучающихся) осуществляется в форме экзамена, проводимого в письменной форме. Аттестационное испытание может включать в себя прохождение теста с использованием технологии компьютерного тестирования. Для уточнения оценки экзаменатор может проводить короткий опрос-собеседование с обучающимся и (или) выдавать ему дополнительные задания.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии: личностно-ориентированные, активизации деятельности обучающихся, интеллектуальной направленности, проблемного обучения, диалоговые и профессионально-ориентированные (таблица 11).

Таблица 11 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
Лекции	Проблемная лекция. Лекция-визуализация. Лекция-беседа. Лекция-дискуссия.
Практические занятия и лабораторные работы	Групповые дискуссии. Решение практических задач. Тестирование. Деловая игра.
Самостоятельная работа обучающихся	Проработка лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы. Подготовка к дискуссии. Выполнение практического задания / лабораторной работы. Выполнение курсовой работы (курсового проекта) Подготовка докладов, рефератов Подготовка к лекциям. Подготовка к практическим занятиям. Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта. Подготовка к экзамену
Консультации	Концентрация внимания на отдельных вопросах Личностно-ориентированный подход Диалог
Промежуточная аттестация обучающихся	Экзамен (в письменной форме).

7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- методические указания по выполнению каждого практического задания;
- методические указания для выполнения курсовой работы;
- материалы и тестовые задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ — «Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем» – автор Некрасова М.Ю. - для обучающихся по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника», форма обучения – очная.

Электронный курс предназначен для обеспечения обучающихся всеми необходимыми учебно-методическими материалами, а также проведения контрольно-оценочных мероприятий в процессе обучения. При необходимости осуществляется файловый обмен отчетами о выполнении обучающимися самостоятельной работы.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Некрасова, М.Ю. Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем. Технология фотолитографии: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника». Брянск: БГТУ, 2018. – 18 с.

2. Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем. Технология металлизации кремниевых интегральных схем [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лаборатор-

ной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки – 11.03.04 – «Электроника и микроэлектроника». Брянск: БГТУ, 2019. – 14 с.

3. Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем. Контроль технологических параметров в производстве ИС: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению 11.03.04 – «Электроника и микроэлектроника». Брянск: БГТУ, 2022. – 18 с.

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Бодров Е.Э. Основы технологии электронной компонентной базы: учебное пособие / Бодров Е.Э. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 204 с. — ISBN 978-5-9729-0846-2. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124225.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

2. Камлюк В.С. Современное технологическое оборудование для микроэлектроники: пособие / Камлюк В.С., Камлюк Д.В.. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2022. — 267 с. — ISBN 978-985-895-032-3. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/125423.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Васильев В.Ю. Технологии многоуровневой металлизации интегральных микросхем: учебное пособие / Васильев В.Ю. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 131 с. — ISBN 978-5-7782-4726-0. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126638.html>). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Васильев В.Ю. Современное производство изделий микроэлектроники: учебное пособие / Васильев В.Ю. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 88 с. — ISBN 978-5-7782-3907-4. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98737.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

5. Зеленин В.А. Высокостабильные элементы и структуры для изделий микроэлектроники / Зеленин В.А. — Минск: Белорусская наука, 2022. — 291 с. — ISBN 978-985-08-2875-0. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/128089.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Александрова, О. А. Введение в технологию материалов микроэлектроники. В 3 частях. / О. А. Александрова, А. О. Лебедев, Е. В. Мараева. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-45480-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/302360>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература

1. Рощин, В.М. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: учеб. пособие. Ч. 2 / В. М. Рощин. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 179 с.

2. Юрков, Н.К. Технология производства электронных средств: учеб. для вузов / Н. К. Юрков. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. [и др.]: Лань, 2014. - 474 с.

3. Томилин, В. И. Физико-химические основы технологии электронных средств: учеб.для студентов высш. учеб. заведений / В. И. Томилин. – М.: Академия ИЦ, 2010. - 410 с.

4. Раскин, А.А. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: учеб. пособие для вузов: [в 2 ч.]. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 163 с.

5. Барыбин, А. А. Электроника и микрoeлектроника: физико-технологические основы: учеб.пособие для вузов / А. А. Барыбин.- М.: Физматлит, 2008.- 423 с.

6. Ежовский, Ю. К. Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: учеб.пособие / Ю. К. Ежовский, О. В. Денисова.- СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005.- 80 с

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины

- 1). Сайт научной библиотеки БГТУ (<https://libri.tu-bryansk.ru>)
- 2). Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).
- 3). Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).
- 4). Электронно-библиотечная система ИД «Гребенников» (<https://grebennikon.ru>).
- 5). Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
- 6). Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
- 7). Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
- 8). Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем

- 1). Операционная система класса Microsoft Windows.
- 2). Пакет офисных прикладных программ OpenOffice или Microsoft Office.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения обучения необходима следующая материально-техническая база:

- аудитория для проведения лекционных занятий и организации защиты курсовых работ, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;
- компьютерный класс для проведения лабораторных работ с установленным комплектом программного обеспечения и доступом в информационно-коммуникационную сеть интернет, оборудованный мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном/лаборатория со специализированным оборудованием для проведения лабораторных работ;
- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций, зачета, зачета с оценкой, экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы обучающихся.

10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;
- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);
- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;
- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов

аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

11.1. Методические материалы для педагогических работников

Основными формами организации обучения по дисциплине являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа обучающихся.

Организация теоретического обучения предполагает использование инновационных технологий проведения занятий лекционного типа, к которым, в частности, относятся: проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-исследование.

1. *Проблемная лекция* предполагает преимущественно всесторонний анализ исторических и социокультурных, образовательных явлений, научный по-

иск истины. Проблемная лекция опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач.

2. *Лекция-визуализация* реализует принцип наглядности и учит обучающихся преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения.

3. *Лекция-беседа* является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения обучающихся в учебный процесс. Такая лекция предполагает непосредственный контакт (диалог) педагогического работника с аудиторией.

4. *Лекция-дискуссия*, в которой в отличие от лекции-беседы педагогический работник при изложении лекционного материала не только использует ответы обучающихся на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

Организация практических занятий по дисциплине направлена на углубление научно-теоретических знаний обучающихся, формирование практических умений и овладение определенными методами самостоятельной работы.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях.

Задачи практических занятий:

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить обучающихся приемам решения задач из предметной области дисциплины;
- способствовать овладению навыками и умениями, входящих в структуру формируемых компетенций в результате освоения дисциплины;
- научить их работать с информацией, книгой, пользоваться справочной и научной и методической литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Содержание практических работ составляют:

- устные экспресс-опросы;
- групповые дискуссии;
- выполнение практических заданий;
- письменное или компьютерное экспресс-тестирование и др.

Цели практических занятий наилучшим образом достигаются в том случае, если студент предварительно проработал тематику практического занятия. Поэтому преподаватель должен информировать студентов о теме следующего практического занятия, чтобы они могли целенаправленно самостоятельно заниматься в домашних условиях.

Организация лабораторных занятий по дисциплине направлена на следующие цели и задачи:

- углубление и закрепление знания теоретического курса путем практического изучения в лабораторных условиях изложенных в лекциях законов и положений;

- приобретение навыков в научном экспериментировании, анализе полученных результатов;

- формирование первичных навыков организации, планирования и проведения научных исследований.

Порядок подготовки лабораторного занятия:

- изучение требований программы дисциплины;

- формулировка цели и задач лабораторного занятия;

- разработка плана проведения лабораторного занятия;

- подбор содержания лабораторного занятия;

- разработка необходимых для лабораторного занятия инструкционных карт;

- моделирование лабораторного занятия;

- проверка специализированной лаборатории на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, требованиям по безопасности и технической эстетике;

- проверка количества лабораторных мест, необходимых и достаточных для достижения поставленных целей обучения;

- проверка материально-технического обеспечения лабораторных занятий на соответствие требованиям программы дисциплины.

Формы проведения лабораторных занятий:

- фронтальная;

- по циклам;

- индивидуальная;

- смешанная (комбинированная).

При проведении лабораторных работ используют три подхода к их выполнению:

- на основе рецептурных действий обучающихся, когда они проявляют умение работать преимущественно в стандартных условиях, отраженных в руководстве по лабораторному практикуму;

- на основе частично поисковых действий, когда обучающиеся могут действовать достаточно самостоятельно, решать несложные творческие задачи при подсказке или непосредственном руководстве преподавателя;

- на основе активных творческих действий обучающихся, когда они проявляют способность действовать в условиях, близких к реальным, используя запас приобретенных знаний.

Самостоятельная работа обучающихся предполагает аудиторную и внеаудиторную формы организации.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся без участия педагогического работника являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к занятиям; составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний и

т.п.; текущий самоконтроль, выполнение курсовой работы.

Выполнение курсовой работы по дисциплине предусматривает информирование студентов о ее целях, структуре, выдачу методических указаний и задания, разъяснения по выбору варианта, ознакомление с порядком и сроками сдачи готовых материалов, проведение индивидуальных консультаций и разъяснение отдельных вопросов при необходимости.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием педагогического работника являются: текущие консультации, прием и разбор домашних заданий и др.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, консультации преподавателя и др.

11.2. Методические материалы для обучающихся

Обучающимся, изучающим дисциплину, необходимо знать требования, предъявляемые к их различным видам учебных занятий, в том числе лекционным, практическим, индивидуальным и др. (таблица 12).

Таблица 12 – Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Изучение дисциплины следует начинать с прослушивания и конспектирования лекций, перечитывать конспект перед выполнением домашних заданий и практическими занятиями. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии. Над конспектами лекций надо работать систематически: первый просмотр рекомендуется сделать вечером того же дня, когда была прочитана лекция, затем просмотреть через 3-4 дня, и сделать это еще раз накануне практического занятия.
Практические занятия	Ознакомление с целью и задачами занятия. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме. Выполнение (решение) практических заданий и задач по алгоритму, на основе частично поисковой и или исследовательской деятельности и др.
Лабораторные работы	Подготовка к эксперименту (ознакомление с целью и задачами, ходом лабораторной работы, работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр реко-

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
	мендуемой литературы, подготовка таблиц для фиксирования хода и результатов опытно-экспериментальной работы и др.). Проведение измерений (вводный и текущий инструктаж, проведение опытов и экспериментов). Обработка полученных результатов; формулировка выводов и написание отчета. Защита отчета по лабораторной работе.
Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта	Ознакомление с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в конкретной теме. Составление аннотаций к прочитанным источникам и др. Рефлексия собственных достижений
Выполнение курсовой работы	При выполнении курсовой работы, обучающемуся следует придерживаться методических указаний. Предусмотрен следующий алгоритм действий: выбор варианта темы курсовой работы, подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для написания теоретического раздела/решения практических задач, проведение расчетов по исходным данным и анализ полученных значений, формулирование выводов по полученным результатам. Выполненная работа передается преподавателю на проверку. При необходимости осуществляется доработка отдельных частей работы с учетом требований и замечаний преподавателя.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, шкалу оценивания и др.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства текущего контроля успеваемости	Оценочные средства промежуточной аттестации обучающихся
ПК 2-1, ПК 2-2, ПК 2-3	1. Устные экспресс-опросы (разделы 1-9). 2. Экспресс-тестирование (комплекты тестов по разделам 1-9). 3. Курсовая работа	Вопросы к экзамену представлены в ФОС по дисциплине
ПК 3-1, ПК 3-2, ПК 3-3	1. Устные экспресс-опросы. (разделы 1-9). 2. Экспресс-тестирование (комплекты тестов по разделам 1-9). 3. Курсовая работа	Вопросы к экзамену представлены в ФОС по дисциплине

12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости

Оценивание отдельных видов работ в процессе изучения дисциплины рекомендуется осуществлять с использованием следующей шкалы:

– обучающийся ответил правильно на более, чем 90 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и успешно защитил практические работы, показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «отлично» (максимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 75-89% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы с незначительными замечаниями, показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «хорошо» (средний уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 60-74% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы со значительными замечаниями, показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на менее, чем 60% заданных вопросов или вопросов-тестов, не выполнил все или выполнил часть практических работ, не защитил или защитил их со значительными замечаниями, при выполнении задания обучающийся не продемонстрировал уровень самостоятельного владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «неудовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут).

В процесс преподавания дисциплины педагогическим работником формируется оценка, характеризующая текущую успеваемость обучающегося.

12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

При проведении промежуточной аттестации обучающихся в форме экзамена используется шкала оценивания, представленная в таблице 14.

Таблица 14 – Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Высокий («отлично»)	Обучающийся глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, уверенно это демонстрирует в ходе промежуточной аттестации. Исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения. Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Повышенный (хоро-	Обучающийся знает теоретический и практический материал, гра-

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
шо»)	мотно и по существу излагает его в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей. Правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Базовый («удовлетворительно»)	Обучающийся знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.
Низкий («неудовлетворительно»)	Обучающийся не знает на пороговом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации. Испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.

Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при выполнении и защите курсовой работы (курсового проекта) оценивается по пятибалльной системе. Шкала оценивания представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Шкала оценивания, применяемая при выполнении и защите курсовой работы для технических дисциплин

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
«отлично»	<p>а) Содержание работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работа полностью соответствует теме исследования; – грамотно обоснована актуальность работы; – обучающийся показывает глубокую общетеоретическую подготовку; – обучающийся корректно использует терминологический аппарат; – в работе используются актуальные источники, нормативные документы, законодательные акты; – обучающийся демонстрирует умение работать с различными видами источников информации, в том числе с данными, полученными экспериментальным путем и с электронными библиотечными системами вуза; – обучающийся проявляет умение обобщать, систематизировать и научно классифицировать материал; – исследование завершается научно-значимыми выводами и/или практическими рекомендациями. <p>б) Владение навыками научного исследования:</p>

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся владеет методологическими подходами к изучению предмета исследования и конкретными методиками; – обучающийся умеет грамотно составить программу исследования (определить научную проблему, объект, предмет, цели, задачи, подобрать методы исследования), обосновать научную новизну и/или практическую значимость данного исследования; – обучающийся умеет делать аргументированные выводы, соответствующие поставленным целям и задачам; – обучающийся умеет предложить варианты использования результатов исследования в профессиональной деятельности. <p style="text-align: center;">в) Оформление курсовой работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работа оформлена в соответствии с локальными актами. <p style="text-align: center;">г) Защита курсовой работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обучающийся в устном выступлении на защите адекватно представляет результаты исследования; – обучающийся аргументированно отвечает на вопросы и ведет научную дискуссию; – обучающийся владеет научным стилем изложения; – обучающийся владеет понятийным аппаратом.
«хорошо»	<p style="text-align: center;">а) Содержание работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – полностью соответствует теме исследования; – актуальность работы обоснована недостаточно аргументированно; – обучающийся показывает достаточную общетеоретическую подготовку, допуская погрешности в использовании терминологического аппарата; – обзор теоретических и практических наработок по проблеме имеет описательный, а не аналитический характер; – источниковая база исследования недостаточно широкая; – обучающийся демонстрирует умение работать с различными видами источников, в том числе с данными, полученными экспериментальным путем; – обучающийся проявляет способности обобщать, систематизировать и научно классифицировать материал; – в работе отсутствуют научно-значимые выводы и/или практические результаты. <p style="text-align: center;">б) Владение навыками научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – не обоснована научная новизна и практическая значимость данного исследования; – присутствуют отдельные недочеты в программе исследования (недостаточно аргументированно определена научная проблема, неверно сформулированы объект, предмет, цели, задачи, методы исследования подобраны не вполне корректно); – выводы исследования недостаточно аргументированны, не соответствуют поставленным целям и задачам. <p style="text-align: center;">в) Оформление курсовой работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работа оформлена в соответствии с локальными актами. <p style="text-align: center;">г) Защита курсовой работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обучающийся в устном выступлении на защите адекватно пред-

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	ставляет результаты исследования; – обучающийся владеет научным стилем изложения; – обучающийся владеет понятийным аппаратом; – обучающийся во время защиты не смог ответить на ряд вопросов по предмету исследования.
«удовлетворительно»	а) Содержание работы: – частично соответствует теме исследования; – не обоснована актуальность работы; – обучающийся обнаружил удовлетворительные знания по предмету; – в работе отсутствует обзор теоретических и практических наработок по проблеме; – источниковая база исследования недостаточно широка, обучающийся использует лишь данные научной литературы; – обучающийся не сумел продемонстрировать умение работать с различными видами источников; – в работе отсутствуют научно-значимые выводы или практические результаты. б) Оформление курсовой работы: – работа оформлена в соответствии с локальными актами. в) Защита курсовой работы: – в устном выступлении на защите обучающийся не может адекватно представить результаты исследования; – обучающийся отстает от научного стиля изложения; – обучающийся затрудняется в аргументации, отвечая на вопросы по теме работы.
«неудовлетворительно»	– имеются принципиальные замечания по пяти и более параметрам курсовой работы (проекта); – обучающийся допустил грубые теоретические ошибки, не владеет навыками исследования.

12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине определяется с учетом результатов промежуточной аттестации обучающегося (экзамена) и оценок, полученных обучающимся в ходе текущего контроля успеваемости в семестре.

12.5. Характеристика результатов обучения

Характеристики результатов обучения по дисциплине в зависимости от полученной обучающимся оценки приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристика результатов обучения по дисциплине

Оценка	Характеристика результатов обучения
«Отлично» (высокий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все цели достигнуты, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены
«Хорошо» (повышенный уро-	Содержание дисциплины освоено полностью, все преду-

Оценка	Характеристика результатов обучения
вень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	смотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями
«Удовлетворительно» (базовый уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки
«Неудовлетворительно» (низкий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий

12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся представлены в электронном курсе «Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем», размещенном в системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования (edu.tu-bryansk.ru), входящей в состав электронной информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>) и «Фонд оценочных средств по дисциплине «Технология производства полупроводниковых приборов и микроэлектромеханических систем».

13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» воспитание - «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном самоопределении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также

ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т.п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, самостоятельно мыслить, стремление к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения.