



**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 2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**учебной дисциплины**

**«Технология производства радиационностойких полупроводниковых  
приборов»**

*(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)*

**2022**

*(год набора)*

**Брянск 2022**

Рабочая программа учебной дисциплины  
«Технология производства радиационностойких полупроводниковых  
приборов»

(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(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)

«10» марта 2022 г., протокол № 6/2

**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 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ.....  | 5  |
| 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 5  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ<br>ПРОГРАММЫ ФГОС.....  | 5  |
| 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 5  |
| 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....  | 6  |
| 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 7  |
| 5.1. Структура дисциплины.....  | 7  |
| 5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам)<br>дисциплины.....   | 9  |
| 5.3. Лекции .....   | 10 |
| 5.4. Лабораторные работы .....  | 12 |
| 5.5. Практические занятия .....   | 12 |
| 5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....   | 13 |
| 5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной<br>аттестации обучающихся .....   | 16 |
| 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....  | 16 |
| 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ<br>ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ<br>ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....   | 17 |
| 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ<br>ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 18 |
| 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой<br>для освоения дисциплины .....  | 18 |
| 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети<br>«Интернет», используемых при изучении дисциплины .....  | 19 |
| 8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении<br>образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного<br>обеспечения и (или) информационных справочных систем ..... | 19 |
| 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....  | 19 |
| 10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА<br>ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ<br>ЗДОРОВЬЯ.....   | 19 |
| 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....   | 21 |
| 11.1. Методические материалы для педагогических работников .....  | 21 |

|   |    |
|---|----|
| 11.2. Методические материалы для обучающихся .....  | 22 |
| 12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....   | 23 |
| 12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....   | 23 |
| 12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....  | 24 |
| 12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....   | 24 |
| 12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....  | 25 |
| 12.5. Характеристика результатов обучения .....   | 25 |
| 12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля<br>успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ..... | 26 |
| 13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....   | 26 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Технология производства радиационностойких полупроводниковых приборов» (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 радиационно стойких полупроводниковых приборов

**Задачи** дисциплины:

- освоение обучающимися основ полупроводниковой технологии изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов;
- освоение обучающимися принципов изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов;
- освоение обучающимися принципов проектирования технологических циклов производства радиационно стойких полупроводниковых приборов

### 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 семестре.

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

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

Базируются на изучении дисциплины: «Производственная (преддипломная) практика», «Технология производства микроэлектромеханических систем».

### 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,  | ПК-2.1. Имеет представление о методах проведения расчета элек- | Параметры и  | Рассчитывать | Навыками работы с |

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| 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>тронных 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> | характеристики радиационно стойких полупроводниковых приборов                                | параметры радиационно стойких полупроводниковых приборов                                      | технической документацией на изготовление радиационно стойких полупроводниковых приборов   |
| 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 изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов | Устанавливать соответствие имеющегося технологического оборудования технологическому маршруту | Навыками разработки технологических процессов и выбора технологического оборудования для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 академических часа). 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 | Трудоемкость, час. |         |
|---|--------------------|---------|
|   | Всего              | Семестр |

| программы  |            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 8 | 9 | A | B | C |
|--|------------|-----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|
| <b>1. Контактная работа обучающихся с педагогическими работниками, в том числе:</b>          | <b>48</b>  | -   | - | - | - | - | - | 48 | - | - | - | - | - |
| 1.1. Лекции, час.  | <b>16</b>  | -   | - | - | - | - | - | 16 | - | - | - | - | - |
| 1.2. Лабораторные работы, час.   | <b>0</b>   | -   | - | - | - | - | - | -  | - | - | - | - | - |
| в том числе в форме практической подготовки  |            |     |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 1.3. Практические занятия, час.  | <b>32</b>  | -   | - | - | - | - | - | 32 | - | - | - | - | - |
| в том числе в форме практической подготовки  |            |     |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| <b>2. Самостоятельная работа обучающихся, час.</b>   | <b>69</b>  | -   | - | - | - | - | - | 69 | - | - | - | - | - |
| <b>3. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся, в том числе:</b> | <b>27</b>  |     |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.1. Экзамен, семестр  | 27         | 7   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.2. Зачет, семестр  |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.3. Зачет с оценкой, семестр  |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.4. Курсовой проект (контроль), семестр   |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.5. Курсовая работа (контроль), семестр   |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.6. Расчетно-графическая работа (контроль), семестр   |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| 3.7. Контрольная работа (контроль), семестр  |            | -   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
| <b>Общая трудоемкость (4 з.е.)</b>   | <b>144</b> | 144 |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |

## 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 |
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |
| Тема 1. Обзор материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов                               | 7                  | 1        |                     | 2                    | 4                      |
| Тема 2. Электрофизические свойства карбида кремния и нитрида галлия в сравнении с кремнием                             | 8                  | 1        |                     | 2                    | 5                      |

| Наименование раздела (темы) дисциплины  | Трудоемкость, час. |          |                     |                      |                        |
|---|--------------------|----------|---------------------|----------------------|------------------------|
|   | Всего              | Лекции   | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b>                | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |
| Тема 1. Особенности эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия   | 8                  | 1        |                     | 2                    | 5                      |
| Тема 2. Технология и оборудование эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия   | 7                  | 1        |                     | 2                    | 4                      |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |
| Тема 1. Формирование пленок оксида кремния термическим окислением карбида кремния   | 7                  | 1        |                     | 2                    | 4                      |
| Тема 2. Формирование диэлектрических пленок на нитриде галлия   | 8                  | 1        |                     | 2                    | 5                      |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |
| Тема 1. Сухое травление карбида кремния   | 7                  | 1        |                     | 2                    | 4                      |
| Тема 2. Сухое травление нитрида галлия  | 8                  | 1        |                     | 2                    | 5                      |
| <b>Раздел 5. Процессы легирования в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | <b>12</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>6</b>               |
| Тема 1. Легирование карбида кремния   | 6                  | 1        |                     | 2                    | 3                      |
| Тема 2. Легирование нитрида галлия  | 6                  | 1        |                     | 2                    | 3                      |
| <b>Раздел 6. Литографические процессы в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                                     | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |
| Тема 1. Особенности фотолитографии для приборов на карбиде кремния  | 8                  | 1        |                     | 2                    | 5                      |
| Тема 2. Особенности фотолитографии для приборов на нитриде галлия   | 7                  | 1        |                     | 2                    | 4                      |
| <b>Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                 | <b>15</b>          | <b>2</b> |                     | <b>4</b>             | <b>9</b>               |



|  |            |           |  |           |           |
|--|------------|-----------|--|-----------|-----------|
| Тема 1. Методы и оборудование формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния                             | 8          | 1         |  | 2         | 5         |
| Тема 2. Методы и оборудование формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на нитриде галлия                              | 7          | 1         |  | 2         | 4         |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | <b>15</b>  | <b>2</b>  |  | <b>4</b>  | <b>9</b>  |
| Тема 1. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов  | 7          | 1         |  | 2         | 4         |
| Тема 2. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия                                     | 8          | 1         |  | 2         | 5         |
| <b>Итого</b>   | <b>117</b> | <b>16</b> |  | <b>32</b> | <b>69</b> |

## 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 |
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                      | +               | +    |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b>                | +               | +    |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | +               | +    |

  

| Наименование раздела (темы) дисциплины | Код компетенции |      |
|--|-----------------|------|
|  | ПК-2            | ПК-3 |

| Наименование раздела (темы) дисциплины   | Код компетенции |      |
|--|-----------------|------|
|  | ПК-2            | ПК-3 |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | +               | +    |
| <b>Раздел 5. Процессы легирования производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | +               | +    |
| <b>Раздел 6. Литографические процессы в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | +               | +    |
| <b>Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | +               | +    |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | +               | +    |

### 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. |
|--|--|---|--------------------|
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>       | 1. Обзор материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов<br>2. Электрофизические свойства карбида кремния и нитрида галлия в сравнении с кремнием | 1. Обзор материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов<br>2. Электрофизические свойства нитрида галлия и карбида кремния как материалов для радиационно-стойких приборов | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b> | 1. Особенности эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия<br>2. Технология и оборудование эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия                                   | 1. Особенности эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия<br>2. Технология и оборудование эпитаксии на карбиде кремния и нитриде галлия  | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких</b>             | 1. Формирование пленок оксида кремния термическим окислением карбида кремния<br>2. Формирование  | 1. Особенности формирования пленок оксида кремния термическим окислением карбида кремния<br>2. Методы и оборудование для формирования диэлек-   | <b>2</b>           |

| Наименование раздела дисциплины  | Тема лекции   | Содержание лекции   | Трудоемкость, час. |
|--|---|---|--------------------|
| полупроводниковых приборов   | диэлектрических пленок на нитриде галлия  | трических пленок на нитриде галлия  |                    |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | 1. Сухое травление карбида кремния<br>2. Сухое травление нитрида галлия   | 1. Технологии и оборудование сухого травления карбида кремния<br>2. Технологии и оборудование сухого травления нитрида галлия   | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 5. Процессы легирования в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1. Ионная имплантация карбида кремния<br>2. Технология получения легированных слоев нитрида галлия  | 1. Ионная имплантация карбида кремния. Установки «горячей имплантации»<br>2. Технология и оборудование получения легированных слоев нитрида галлия  | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 6. Литографические процессы в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1. Особенности фотолитографии для приборов на карбиде кремния<br>2. Особенности фотолитографии для приборов на нитриде галлия   | 1. Особенности фотолитографии для приборов на карбиде кремния.<br>2. Особенности фотолитографии для приборов на нитриде галлия  | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1. Методы и оборудование формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния<br>2. Методы и оборудование формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на нитриде галлия | 1. Проводники для контактов и межсоединений в полупроводниковых приборах на карбиде кремния. Методы металлизации, установки. Вжигание металлизации. Быстрый термический отжиг, установки<br>2. Проводники для контактов и межсоединений в полупроводниковых приборах на нитриде галлия. Методы металлизации, установки. Вжигание металлизации. Быстрый термический отжиг, установки межсоединений | <b>2</b>           |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых при-</b> | 1. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов<br>2. Типовые технологические маршруты изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов   | 1. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов<br>2. Типовые технологические маршруты изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов   | <b>2</b>           |

| Наименование раздела дисциплины | Тема лекции | Содержание лекции | Трудоемкость, час. |
|---------------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| боров                           |             |                   |                    |
| Итого                           | –           | –                 | 16                 |

#### 5.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены учебным планом образовательной программы.

#### 5.5. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Тематика и содержание практических занятий

| Наименование темы дисциплины  | Тема практического занятия  | Содержание практического занятия  | Трудоемкость, час. |
|---|---|---|--------------------|
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                      | Изучение электрофизических параметров диодов на карбиде кремния   | Изучение электрофизических параметров диодов на карбиде кремния   | 4                  |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b>                | Изучение процессов формирования ЭС на карбиде кремния   | Изучение процессов формирования ЭС на карбиде кремния   | 4                  |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | 1. Изучение технологического процесса осаждения защитного слоя cap-layer<br>2. Расчет технологических параметров термического окисления карбида кремния | 1. Изучение технологического процесса осаждения защитного слоя cap-layer<br>2. Расчет технологических параметров термического окисления карбида кремния           | 4                  |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1. Изучение параметров плазмохимического травления карбида кремния<br>2. Расчет толщины маски для ионного травления карбида кремния                     | 1. Изучение параметров плазмохимического травления карбида кремния в индуктивно связанной плазме<br>2. Расчет толщины маски для ионного травления карбида кремния | 4                  |

| Наименование темы дисциплины   | Тема практического занятия   | Содержание практического занятия   | Трудоемкость, час. |
|--|--|--|--------------------|
| <b>Раздел 5. Процессы легирования производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1. Расчет толщины маски для ионного легирования карбида кремния<br>2. Расчет технологических параметров ионного легирования карбида кремния  | 1. Расчет толщины маски для ионного легирования карбида кремния<br>2. Расчет технологических параметров ионного легирования карбида кремния  | 4                  |
| <b>Раздел 6. Литографические процессы в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | Изучение особенностей технологических маршрутов прямой, взрывной и обращенной фотолитографии для изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния  | 1.Изучение характеристик LOR резистов для взрывной литографии<br>2.Сравнительный анализ прямой и обращенной фотолитографий для формирования контактов к активным областям радиационностойких приборов                            | 4                  |
| <b>Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | 1.Изучение параметров формирования систем межсоединений для изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния<br>2. Изучение технологического процесса металлизации карбидокремниевого диода Шоттки | 1.Изучение параметров формирования систем межсоединений для изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния<br>2. Изучение технологического процесса металлизации карбидокремниевого диода Шоттки | 4                  |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | 1. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов.<br>2. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов   | 1. Технологический маршрут изготовления диода Шоттки на карбиде кремния.<br>2. Анализ способов повышения эффективности теплоотвода при корпусировании радиационно стойких приборов.  | 4                  |
| <b>Итого</b>   | —  | ...  | <b>32</b>          |

## 5.6. Самостоятельная работа обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

| Наименование темы дисциплины   | Вопросы для самостоятельного изучения темы                                   |
|--|--|
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | Политипизм карбида кремния<br>Алмаз как материал силовой электроники         |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b>   | Модифицированные технологии выращивания эпитаксиальных слоев карбида кремния |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                                  | Специфика окисления карбида кремния  |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | Травление в индуктивно связанной плазме                                      |
| <b>Раздел 5. Процессы легирования в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | Горячая имплантация для карбида кремния                                      |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | Типовая структура GaN ГПТШ<br>Преимущества GaN-технологии                    |

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 8 указаны виды самостоятельной работы, выполняемые обучающимися при изучении соответствующих тем дисциплины.

Таблица 8 – Виды самостоятельной работы

| Наименование темы дисциплины   | Виды самостоятельной работы   |
|--|---|
| <b>Раздел 1. Электрофизические свойства материалов для производства радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной |

| Наименование темы дисциплины  | Виды самостоятельной работы  |
|---|--|
|   | аттестации   |
| <b>Раздел 2. Эпитаксия в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов на карбиде кремния и нитриде галлия</b>                | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| <b>Раздел 3. Технологические процессы формирования диэлектрических пленок в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| <b>Раздел 4. Травление в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>  | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| <b>Раздел 5. Процессы легирования производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>   | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| <b>Раздел 6. Литографические процессы в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                                     | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| <b>Раздел 7. Технологии формирования систем межсоединений в производстве радиационно стойких полупроводниковых приборов</b>                 | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы   |

| Наименование темы дисциплины   | Виды самостоятельной работы  |
|--|--|
|  | Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации   |
| <b>Раздел 8. Корпусирование радиационно стойких полупроводниковых приборов. Типовые технологические процессы изготовления радиационно стойких полупроводниковых приборов</b> | Самостоятельное изучение вопросов темы.<br>Написание конспекта.<br>Составление глоссария по теме.<br>Проработка и повторение лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы<br>Подготовка к групповой дискуссии<br>Подготовка к практическому занятию.<br>Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |

Учебным планом в рамках дисциплины не предусмотрено выполнение расчетно-графической работы (РГР) или курсовое проектирование.

### 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 9.

Таблица 9 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

| Вид учебной работы                 | Форма текущего контроля успеваемости   | Периодичность осуществления |
|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Практические занятия               | 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.);<br>- письменная (письменный опрос, выполнение конспектов, глоссариев);<br>- 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 10).

Таблица 10 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

| <b>Вид учебной работы</b>            | <b>Применяемые образовательные технологии</b>   |
|--------------------------------------|---|
| Лекции                               | Проблемная лекция.<br>Лекция-визуализация.<br>Лекция-беседа.<br>Лекция-дискуссия.   |
| Практические занятия                 | Групповые дискуссии.<br>Решение практических задач.<br>Тестирование.  |
| Самостоятельная работа обучающихся   | Проработка лекционного материала.<br>Изучение рекомендуемой литературы.<br>Подготовка к дискуссии.<br>Выполнение практического задания<br>Подготовка докладов, рефератов<br>Подготовка к лекциям.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта.<br>Подготовка к экзамену |
| Консультации                         | Концентрация внимания на отдельных вопросах.<br>Личностно-ориентированный подход.<br>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;
- материалы и тестовые задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ – «Технология производства радиационностойких полупроводниковых приборов» – автор Некрасова М.Ю. - для обучающихся по

направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, 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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### ***а) основная литература***

1. Силовая полупроводниковая элементная база. Технология производства. Конструктивные решения: учебное пособие / В. Я. Фролов, А. М. Сурма, К. Н. Васерина, А. А. Черников. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 228 с. – ISBN 978-5-8114-3507-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206330> (дата обращения: 14.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – 9-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-0368-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210338> (дата обращения: 14.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Александров, С. Е. Технология полупроводниковых материалов: учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 240 с. – ISBN 978-5-8114-1290-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210869> (дата обращения: 14.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### ***б) дополнительная литература***

1. Карбид кремния: технология, свойства, применение / Агеев О. А., Беляев А. Е., Болтовец Н. С., Киселев В. С., Конакова Р. В., Лебедев А. А., Миленин В. В., Охрименко О. Б., Поляков В. В., Светличный А. М., Чередниченко Д. И. / Под общей редакцией член-корр. НАНУ, д.ф.-м.н., проф. Беляева А. Е. и д.т.н., проф. Конаковой Р. В. – Харьков: «ИСМА». 2010. – 532 с.

2. Иванов, П. А. Полупроводниковый карбид кремния - технология и приборы / П. А. Иванов, В. Е. Челноков // Физика и техника полупроводников. - 1995.-Т.29.-В.11. С. 1921-1941

## **8.2. 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). Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
- 5). Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
- 6). Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
- 7). Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

## **8.3. 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, 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;
- 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 раз-

вития, 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, прочитывать 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 поиск 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.

**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.

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 11).

Таблица 11 – 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, последова- |

| Вид учебной работы  | Организация деятельности обучающегося  |
|---|--|
|   | тельно 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.  |
| 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   |
| Подготовка к экзамену   | При подготовке к зачету/зачету с оценкой/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 12.

Таблица 12 – 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 (темы 1-8).<br>2. Экспресс-тестирование (комплекты тестов по темам 1-8).   | Вопросы к экзамену                                      |
| ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3                | 1. Устные экспресс-опросы. (темы 1-8).<br>2. Экспресс-тестирование (комплекты тестов по темам 1-8).. | Вопросы к экзамену.                                     |

## 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 13.

Таблица 13 – 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 («хо-          | Обучающийся знает теоретический и практический материал, гра-   |



| Уровень освоения<br>(оценка)   | Планируемые результаты освоения дисциплины   |
|--------------------------------|--|
| хорошо»)                       | 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.<br>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.               |

#### 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 14.

Таблица 14 – 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 уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине) | Содержание дисциплины освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями |
| «Удовлетворительно» (базовый уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций)      | Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки  |

| Оценка   | Характеристика результатов обучения   |
|--|---|
| тенций в дисциплине)   |   |
| «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 радиационностойких полупроводниковых приборов», размещенном в системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования ([edu.tu-bryansk.ru](http://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 радиационностойких полупроводниковых приборов».

## 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 педагогиче-

ского 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.