

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета радиотехники  
и электроники  
/ В.А. Небольсин /  
25 ноября 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«Основы производства изделий электронной техники»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

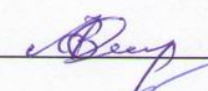
Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

 Т.Г. Меньшикова

И.о.заведующего кафедрой  
полупроводниковой электроники  
и наноэлектроники

 А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП

 А.В. Арсентьев

**Воронеж 2022**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины:** формирование у студентов знаний о назначении, физических принципах и методах выполнения основных технологических процессов производства изделий электронной техники.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** приобретение студентами знаний об основных технологических процессах производства изделий электронной техники, о выборе методов и режимов проведения технологических процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.14 «Основы производства изделий электронной техники» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы производства изделий электронной техники» направлен на формирование следующих компетенций:

**ПК-5:** способность владеть современными методами расчета и проектирования микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники, способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

**ПК-6:** готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники.

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-5        | <b>знать</b> основные характеристики технологических процессов;                                                                                     |
|             | <b>уметь</b> проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий электронной техники;                                    |
|             | <b>владеть</b> методами анализа технологических процессов производства изделий электронной техники.                                                 |
| ПК-6        | <b>знать</b> физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий электронной техники;                             |
|             | <b>уметь</b> использовать в практической деятельности фундаментальные физические закономерности, определяющие структуру и свойства полупроводников; |
|             | <b>владеть</b> навыками самостоятельной работы при решении практических задач изготовления и эксплуатации полупроводниковых приборов.               |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы производства изделий электронной техники» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                   | Всего часов | Семестры  |
|--------------------------------------|-------------|-----------|
|                                      |             | 2         |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>    | <b>50</b>   | <b>50</b> |
| В том числе:                         |             |           |
| Лекции                               | 34          | 34        |
| Практические занятия (ПЗ)            | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа</b>        | <b>58</b>   | <b>58</b> |
| Вид промежуточной аттестации - зачет | +           | +         |
| Общая трудоемкость час               | 108         | 108       |
| зач. ед.                             | 3           | 3         |

##### Заочная форма обучения

| Вид учебной работы                   | Всего часов | Семестры  |
|--------------------------------------|-------------|-----------|
|                                      |             | 2         |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>    | <b>6</b>    | <b>6</b>  |
| В том числе:                         |             |           |
| Лекции                               | 4           | 4         |
| Практические занятия (ПЗ)            | 2           | 2         |
| <b>Самостоятельная работа</b>        | <b>98</b>   | <b>98</b> |
| Часы на контроль                     | 4           | 4         |
| Вид промежуточной аттестации – зачет | +           | +         |
| Общая трудоемкость час               | 108         | 108       |
| зач. ед.                             | 3           | 3         |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

##### очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                 | Содержание раздела                                                                                                                                                            | Лекц | Прак. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|-----|------------|
| 1     | Введение.                         | Основные понятия. Степень интеграции на пластине. Закон Мура и другие тенденции. Технологическая карта.                                                                       | 2    | -          | 2   | 4          |
| 2     | Чистые производственные помещения | Понятие чистых производственных помещений. Требования, предъявляемые к ЧПП. Классификация по ISO. Требования к температуре и влажности ЧПП. Понятие сервисной зоны. Типы ЧПП. | 4    | -          | 6   | 10         |
| 3     | Источники загрязнения ЧПП         | Динамические и статические факторы загрязнения. Размеры загрязняющих частиц. Использование HEPA – фильтров при фильтрации воздуха ЧПП.                                        | 2    | -          | 6   | 8          |

|              |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |           |           |            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 4            | Технологические среды                                                    | Типы технологических сред на производстве. Степень чистоты используемых материалов и реактивов. Требования, предъявляемые к персоналу на полупроводниковом производстве. Организация труда.                                                                                       | 4         | -         | 6         | 10         |
| 5            | Очистка газов                                                            | Примеси в газах высокой чистоты и их влияние на полупроводниковое производство. Числовая маркировка чистоты газов. Кстановки и технология очистки газовых сред.                                                                                                                   | 4         | 2         | 6         | 12         |
| 6            | Очистка воды                                                             | Типы загрязнений: Ионные, неионные, органические, бактерии (микроорганизмы), Растворенные газы. Зависимость типа загрязнений от источника воды.                                                                                                                                   | 4         | 2         | 6         | 12         |
| 7            | Очистка подложек                                                         | Реальная поверхность полупроводниковых пластин. Разновидности загрязнений и их влияние на технологические характеристики полупроводниковых подложек, источники загрязнения поверхности подложек. Геттерирование. Оборудование для очистки поверхности полупроводниковых подложек. | 4         | 2         | 6         | 12         |
| 8            | Фотолитографические процессы.                                            | Процессы в фоторезистах. Негативные, позитивные фоторезисты. Фотошаблоны. Технология контактной и проекционной фотолитографии.                                                                                                                                                    | 2         | 2         | 6         | 10         |
| 9            | Создание диэлектрических пленок на поверхности полупроводниковых пластин | Оборудование и технологические режимы получения диэлектрических пленок. Пиролитическое осаждение. Получение оксидных пленок в среде сухого и влажного кислорода.                                                                                                                  | 4         | 4         | 6         | 14         |
| 10           | Создание p-n переходов методом диффузии и ионной имплантации             | Физические основы процесса диффузии. Распределение примеси при диффузии. Диффузия из источника с постоянной поверхностной концентрацией (загонка). Диффузия из тонкого слоя с фиксированным количеством примеси (разгонка). Глубина залегания p-n перехода.                       | 4         | 4         | 8         | 16         |
| <b>Итого</b> |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>34</b> | <b>16</b> | <b>58</b> | <b>108</b> |

### заочная форма обучения

| № п/п           | Наименование темы                                                        | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                | Лекц     | Прак. зан. | СРС       | Всего час  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|-----------|------------|
| 1               | Введение.                                                                | Основные понятия. Степень интеграции на пластине. Закон Мура и другие тенденции. Технологическая карта.                                                                                                                                                                           | 1        | -          | 8         | 9          |
| 2               | Чистые производственные помещения                                        | Понятие чистых производственных помещений. Требования, предъявляемые к ЧПП. Классификация по ISO. Требования к температуре и влажности ЧПП. Понятие сервисной зоны. Типы ЧПП.                                                                                                     | -        | -          | 10        | 10         |
| 3               | Источники загрязнений ЧПП                                                | Динамические и статические факторы загрязнения. Размеры загрязняющих частиц. Использование HEPA – фильтров при фильтрации воздуха ЧПП.                                                                                                                                            | 1        | -          | 10        | 11         |
| 4               | Технологические среды                                                    | Типы технологических сред на производстве. Степень чистоты используемых материалов и реактивов. Требования, предъявляемые к персоналу на полупроводниковом производстве. Организация труда.                                                                                       | -        | -          | 10        | 10         |
| 5               | Очистка газов                                                            | Примеси в газах высокой чистоты и их влияние на полупроводниковое производство. Числовая маркировка чистоты газов. Кстановки и технология очистки газовых сред.                                                                                                                   | -        | -          | 10        | 10         |
| 6               | Очистка воды                                                             | Типы загрязнений: Ионные, неионные, органические, бактерии (микроорганизмы), Растворенные газы. Зависимость типа загрязнений от источника воды.                                                                                                                                   | -        | -          | 10        | 10         |
| 7               | Очистка подложек                                                         | Реальная поверхность полупроводниковых пластин. Разновидности загрязнений и их влияние на технологические характеристики полупроводниковых подложек, источники загрязнения поверхности подложек. Геттерирование. Оборудование для очистки поверхности полупроводниковых подложек. | 1        | -          | 10        | 11         |
| 8               | Фотолитографические процессы.                                            | Процессы в фоторезистах. Негативные, позитивные фоторезисты. Фотошаблоны. Технология контактной и проекционной фотолитографии.                                                                                                                                                    | -        | -          | 10        | 10         |
| 9               | Создание диэлектрических пленок на поверхности полупроводниковых пластин | Оборудование и технологические режимы получения диэлектрических пленок. Пиролитическое осаждение. Получение оксидных пленок в среде сухого и влажного кислорода.                                                                                                                  | -        | 1          | 10        | 11         |
| 10              | Создание p-n переходов методом диффузии и ионной имплантации             | Физические основы процесса диффузии. Распределение примеси при диффузии. Диффузия из источника с постоянной поверхностной концентрацией (загонка). Диффузия из тонкого слоя с фиксированным количеством примеси (разгонка). Глубина залегания p-n перехода.                       | 1        | 1          | 10        | 12         |
| <b>Всего</b>    |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>4</b> | <b>2</b>   | <b>98</b> | <b>104</b> |
| <b>Контроль</b> |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |            |           | <b>4</b>   |
| <b>Итого</b>    |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |            |           | <b>108</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Основы производства изделий электронной техники» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                   | Критерии оценивания                           | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-5        | <b>знать</b> основные характеристики технологических процессов;                                                                                     | Сдана теория, выполнены практические задания. | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | <b>уметь</b> проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий электронной техники;                                    | Сдана теория, выполнены практические задания  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | <b>владеть</b> методами анализа технологических процессов производства изделий электронной техники.                                                 | Сдана теория, выполнены практические задания  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-6        | <b>знать</b> физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий электронной техники;                             | Сдана теория, выполнены практические задания. | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | <b>уметь</b> использовать в практической деятельности фундаментальные физические закономерности, определяющие структуру и свойства полупроводников; | Сдана теория, выполнены практические задания  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | <b>владеть</b> навыками самостоятельной работы при решении практических задач изготовления и эксплуатации полупроводниковых приборов.               | Сдана теория, выполнены практические задания  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются во 2 семестре для очной формы обучения, во 2 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                            | Критерии оценивания                                      | Зачтено                                                  | Не зачтено            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| ПК-5        | знать основные характеристики технологических процессов;                                                                                     | Тест                                                     | Выполнение теста на 70 – 100 %                           | Выполнение менее 70 % |
|             | уметь проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий электронной техники;                                    | Решение стандартных практических задач                   | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены      |
|             | владеть методами анализа технологических процессов производства изделий электронной техники.                                                 | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены      |
| ПК-6        | знать физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий электронной техники;                             | Тест                                                     | Выполнение теста на 70 – 100 %                           | Выполнение менее 70 % |
|             | уметь использовать в практической деятельности фундаментальные физические закономерности, определяющие структуру и свойства полупроводников; | Решение стандартных практических задач                   | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены      |
|             | владеть навыками самостоятельной работы при решении практических задач изготовления и эксплуатации полупроводниковых приборов.               | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены      |

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Для чего используются процессы диффузии:

1. для очистки поверхности;
2. для создания легированных областей;
3. для разгонки имплантированной примеси.

2. Какова температура плавления кремния?

1. 1045 °С;
2. 1250 °С;
3. 1415 °С.

3. Какие дефекты оказывают влияние на диффузию собственных или примесных атомов?

1. точечные;
2. линейные;
3. объемные.

4. Добавление какой примеси в полупроводник позволяет получить электронную проводимость?

1. фосфор;
  2. кислород;
  3. индий.
5. Р-п переход образуется на границе:
1. двух полупроводников - германия и кремния, содержащих примеси разных типов;
  2. двух областей одного полупроводника, но с разными типами примесей в каждой области;
  3. двух областей одного полупроводника и с одинаковыми типами примесей в каждой области.
6. Чистое помещение - это:
1. помещение с определенным количеством загрязняющих частиц;
  2. помещение для хранения непылящей одежды для сотрудников производства;
  3. помещение, где расположены фильтры и установки для очистки технологических сред.
7. Укажите интервал температур, допустимый для проведения технологических операций:
1. 19 - 28 °С;
  2. 20 - 24 °С;
  3. без ограничений.
8. Укажите максимально допустимый уровень относительной влажности в производственном помещении:
1. 40 %;
  2. 80 %;
  3. 60 %.
9. Какой газ наиболее часто применяют при производстве полупроводниковой электроники?
1. азот;
  2. гелий;
  3. аргон.
10. Какие жидкости наиболее часто применяется при производстве полупроводниковой электроники?
1. кислоты;
  2. щелочи;
  3. деионизованная вода.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Определить время получения пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм во влажном кислороде при температуре 1200 °С.
2. Определить время получения пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм по комбинированной технологии при температуре 1200 °С.
3. Определить время роста пленки двуокиси кремния толщиной 1 мкм во влажном кислороде при температуре 1000 °С и давлении 2,5 МПа.
4. Определить время роста пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм во влажном кислороде при температуре 1000 °С и давлении 2 МПа.
5. Определить время выращивания пленки двуокиси кремния для подзатворного диэлектрика МДП ИС толщиной 0,12 мкм при температуре 1000 °С.

6. Рассчитать количество донорной примеси фосфора, внедряемое в кремний из бесконечного источника при температуре 1000 °С за 40 мин.
7. Определить глубину залегания р - п -перехода при диффузии бора в подложку типа КЭФ0,5, если поверхностная концентрация легированной области  $10^{18}\text{см}^{-3}$ . Диффузия проводилась из ограниченного источника при температуре 1100 °С в течении 40 мин.
8. При проведении двухстадийной диффузии фосфора в кремний получена поверхностная концентрация  $10^{19}\text{см}^{-3}$ . Определить концентрацию примеси на глубине 2 мкм, если на глубине 0,5 мкм она составляет  $7,5 \cdot 10^{18}\text{см}^{-3}$ .
9. Фосфор внедряется в кремний типа КДБ15 , создавая область п -типа с поверхностным сопротивлением 4 Ом/□ и глубиной залегания р-п перехода 1,5 мкм. Определить концентрацию примеси на глубине 1мкм. если температура диффузии 1100 °С.
10. Рассчитать количество донорной примеси мышьяка, внедряемое в кремний из бесконечного источника при температуре 900 °С за 40 мин.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Три основных группы источников загрязнений в чистом производстве.
2. Основные типы загрязнения пластин.
3. Типы зон в чистом помещении
4. Понятие степени чистоты материалов
5. Допустимые значения влажности и температуры
6. Виды течения воздуха при вентиляции помещений.
7. Внутреннее и внешнее геттерирование.
8. Что такое диффузионное легирование, для чего и как оно используется
9. Зависимость распределения примеси от времени и температуры при диффузии.
10. Комбинированная технология термического окисления.

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Что такое закон Мура?
2. Каковы тенденции развития современной технологии?
3. Какие требования предъявляются к современным производственным мощностям?
4. Какие типы ЧПП бывают?
5. Чистые производственные помещения. Источники возможных загрязнений ЧПП
6. Классификация чистых помещений и чистых зон по ISO 14644-1
7. Как может быть организована очистка воздуха на производстве?
8. Современные требования к одежде персонала на полупроводниковом производстве?
9. Очистка газов.
10. Примеси в газах высокой чистоты и их влияние на полупроводниковое производство.
11. Очистка воды.
12. Виды загрязнений воды и способы очистки.
13. Геттерирование



14. Реальная поверхность полупроводников.
15. Действие загрязнений полупроводниковых пластин на результат технологических операций.
16. Очистка криогенными аэрозолями поверхности полупроводников
17. Механизм очистки с помощью сверхкритических жидкостей (СКЖ) поверхности полупроводников
18. Сухие методы очистки поверхности полупроводников
19. Пассивация поверхности
20. Подготовка реальной поверхности к последующим технологическим операциям.
21. Основные этапы фотолитографического процесса.
22. Виды фоторезистов.
23. Процесс выращивания оксида кремния в среде сухого кислорода.
24. Процесс получения оксида кремния в парах воды.
25. Оборудование для проведения операции диффузии.
26. Режимы проведения диффузии.
27. Получение р-п переходов методом диффузии.
28. Распределение примеси при диффузии.
29. Диффузия из источника с постоянной поверхностной концентрацией (стадия загонки).
30. Диффузия из тонкого слоя с фиксированным количеством примеси (стадия разгонки).

#### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом.

#### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 10 баллов.

2. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

При получении оценки «зачтено» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| №<br>п/<br>п | Контролируемые разделы<br>(темы) дисциплины                                      | Код контролируе-<br>мой компетенции<br>(или ее части) | Наименование<br>оценочного<br>средства            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1            | Введение.                                                                        | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 2            | Чистые производственные поме-<br>щения                                           | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 3            | Источники загрязнений ЧПП                                                        | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 4            | Технологические среды                                                            | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 5            | Очистка газов                                                                    | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 6            | Очистка воды                                                                     | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 7            | Очистка подложек                                                                 | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 8            | Фотолитографические процессы.                                                    | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 9            | Создание диэлектрических пленок<br>на поверхности полупроводнико-<br>вых пластин | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |
| 10           | Создание р-п переходов методом<br>диффузии и ионной имплантации                  | ПК-5, ПК-6                                            | Тест, решение стандарт-<br>ных и прикладных задач |

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценива- ния знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компью-  
терной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бу-  
мажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется провер-  
ка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике  
выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компью-  
терной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бу-  
мажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется провер-  
ка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике  
выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

## 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Основная литература

1. **Основы производства изделий электронной техники:** учеб. пособие / М. И. Горлов, А. В. Строгонов, Т. Г. Меньшикова, О. Л. Бордюжа, О. Н. Черкасов. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ», 2023. – 135 с. - ISBN 978-5-7994-1080-3.
2. **Инновационные технологии и оборудование субмикронной электроники** [Электронный ресурс]: монография / А. П. Достанко [и др.]. - Минск : Белорусская наука, 2020. - 261 с. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - ISBN 978-985-08-2521-6. URL: <http://www.iprbookshop.ru/107658.html>
3. **Липатов Г.И.** Особенности производства ИС [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.И. Липатов. –Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – 224 с. –ISBN 978-5-7731-0800-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/93331.html>
4. **Коледов Л.А.** Технологии и конструкции микросхем, микропроцессов и микросборок: учеб. пособие / Л.А. Коледов. - 3-е изд., стереотип. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0766-8
5. **Коледов Л.А.** Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.А. Коледов. - 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0766-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/167750>
6. **Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий** [Текст] : учеб. пособие : в 2 т. Т. 2: Технологические аспекты / М.В. Акуленок, В.М. Андреев, Д.Г. Громов и др.; под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 252 с. - (Нанотехнологии). – ISBN 978-5-9963-0336-6 (Т. 2). - ISBN 978-5-9963-0341-0
7. **Балашов Ю.С.** Сборочные операции и их контроль в микроэлектронике: учеб. пособие / Ю. С. Балашов, В. В. Зенин, Ю. Е. Сегал. - 2-е изд., перераб. и доп. - Воронеж: ВГТУ, 2004. - 229 с. - ISBN 5-7731-0109-2
8. **Акулинин С.А.** Контрольно-измерительные операции в технологии интегрированных структур [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.А. Акулинин. – Электрон. текстовые, граф. дан. (4,31 Мб). – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010.

### Дополнительная литература

9. **Горлов М.И.** Общие закономерности технологического процесса производства полупроводниковых изделий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.И. Горлов, Е.П. Николаева. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2002. – 148 с.
10. **Беляев Н.В.** Чистые производственные помещения микро- и наноэлектроники: учеб. пособие / Н.В. Беляев. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. - 138 с.
11. **Зенин В.В.** Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий [Электронный ресурс]: монография / В.В. Зенин. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013.
12. **Зенин В.В.** Процессы сборки в технологии производства 3D-изделий микроэлектроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Зенин. –Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011.
13. **Курносков А.И.** Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: учеб. пособие для вузов / А.И. Курносков, В.В. Юдин. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. - 367 с.
14. **Парфенов О.Д.** Технология микросхем: учеб. пособие / О.Д. Парфенов. – М.: Высш. шк., 1986. - 320 с.
15. **Готра З.Ю.** Технология микроэлектронных устройств: справочник / З.Ю. Готра, И.М. Николаев. – М.: Радио и связь, 1991. - 527 с. - ISBN 5-256-00699-1

## **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

### **Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:**

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

### **Используемые электронные библиотечные системы:**

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»:  
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

### **Информационные справочные системы:**

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: <http://fgosvo.ru/>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: <http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**1. Лекционная аудитория 311/4**, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);  
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.  
проектор BenQ MP515 DLP;  
экран ScreenMedia настенный.  
огнетушитель.

**2. Дисплейный класс** для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов, укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду

университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);  
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.  
компьютер-сборка каф.9;  
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);  
компьютер-сборка каф.7;  
компьютер-сборка каф.3;  
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);  
компьютер-сборка каф.5;  
компьютер-сборка каф.4;  
компьютер-сборка каф.8;  
компьютер-сборка каф.2;  
компьютер-сборка каф.6;  
компьютер-сборка каф.10;  
комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;  
компьютер-сборка каф.1;  
экран Projecta ProScreen настенный рулонный;  
проектор BenQ MP515 DLP;  
огнетушитель.

## **10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Основы производства изделий электронной техники» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета технологических операций полупроводникового производства. Занятия проводятся путем решения стандартных и прикладных задач в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится тестированием. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии. |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия                  | Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.                                                                                                                                                          |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.                                                                                                                                                                                                     |

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений                                                                        | Дата<br>внесения<br>изменений | Подпись заведующего<br>кафедрой, ответственной<br>за реализацию ОПОП                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. | 04.02.2025                    |  |
| 2        |                                                                                                    |                               |                                                                                     |
| 3        |                                                                                                    |                               |                                                                                     |
| 4        |                                                                                                    |                               |                                                                                     |