

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И**  
**ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»   |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений               |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | Б1.Ч.08.01.02  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | 1 семестр - 3;<br>2 семестр - 4;<br>всего - 7                          |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | 252 часа   |
| <b>Лекции</b>                            | 1 семестр - 32 часа;<br>2 семестр - 32 часа;<br>всего - 64 часа        |
| <b>Практические занятия</b>              | 1 семестр - 16 часов;<br>2 семестр - 16 часов;<br>всего - 32 часа      |
| <b>Лабораторные работы</b>               | не предусмотрено учебным планом  |
| <b>Консультации</b>                      | 2 семестр - 2 часа;  |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | 1 семестр - 59,7 часа;<br>2 семестр - 93,5 часа;<br>всего - 153,2 часа |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | не предусмотрено учебным планом  |
| <b>Иная контактная работа</b>            | проводится в рамках часов аудиторных занятий                           |
| <b>включая:</b>                          |  |
| <b>Контрольная работа</b>                |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |  |
| <b>Зачет с оценкой</b>                   | 1 семестр - 0,3 часа;  |
| <b>Экзамен</b>                           | 2 семестр - 0,5 часа;<br>всего - 0,8 часа                              |

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Холодный Д.С.                 |
|  | Идентификатор                                      | R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f |

Д.С. Холодный

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Холодный Д.С.                 |
|  | Идентификатор                                      | R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f |

Д.С. Холодный

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Славинский А.З.                |
|  | Идентификатор                                      | R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214 |

А.З. Славинский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение технологических методов изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем, рассмотрении перспективных направлений развития электронных приборов и технологических методов их изготовления.

### Задачи дисциплины

- изучение технологических методов изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем (ИС);
- овладение методами расчета параметров технологических режимов и их связи с параметрами полупроводниковых приборов и ИС;
- изучение современных методов создания ИС, позволяющих получить нанометровые топологические размеры;
- изучение методов изготовления соединений между элементами ИС.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                     | Запланированные результаты обучения   |
|--|--|---|
| ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами |  | знать:<br>- этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки;<br>- свойства полупроводников и материалов, используемых при производстве приборов и интегральных схем.;<br>- свойства абразивных материалов при обработке поверхности полупроводниковой подложки;<br>- методы контроля поверхности полупроводниковой подложки.<br><br>уметь:<br>- приготовить абразивный материал для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки;<br>- осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки;<br>- обосновывать выбор материалов, необходимых для производства приборов и ИС;<br>- Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки. |
| ПК-3 способен осуществлять разработку пооперационного маршрута изготовления нанoeлектронных изделий в составе проектной                            | ИД-4ПК-3 Определение порядка, вида и технологических параметров операций | знать:<br>- технологические методы и режимы изготовления изделий микро- и нанoeлектроники.<br><br>уметь:<br>- выбирать технологические режимы   |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| группы                         |  | производства приборов и ИС.         |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации   | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания  |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |
| 1     | 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов            | 32                    | 1       | 12   | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 14                | -                                 | <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов"</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b></p> |
| 1.1   | 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов            | 16                    |         | 6  | -   | 3  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 |   |
| 1.2   | 2. Поколения приборов электронной техники. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура. Понятие минимального топологического размера. Физические | 16                    |         | 6  | -   | 3  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 |   |

|  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  | <p>основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов.</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>Изучение материала по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры</p> |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов"</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[3], 3-400<br/>[4], 3-150</p> |
| 2   | 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов | 15 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 7 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов"</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском</p> |  |
| 2.1 | 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов | 15 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 7 | - | <p>Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском</p>  |  |



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>занятия. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов"</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b></p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>Изучение материалов по разделу 2.<br/>Маркировка слитков Ge и Si.<br/>Трансмутационное легирование слитков Si.<br/>Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов и подготовка к контрольной работе<br/><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b><br/>Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:<br/><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "2. Маркировка слитков Ge и Si.<br/>Трансмутационное легирование слитков Si.<br/>Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br/><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br/><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "2. Маркировка слитков Ge и Si.<br/>Трансмутационное легирование слитков Si.</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Получение сплавных р – n переходов и создание омических контактов" материалу.<br><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 3-150 |
| 3   | 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин. | 15 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 7 | - | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин."<br><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка |  |
| 3.1 | 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин. | 15 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 7 | - |   |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>полупроводниковых пластин." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин. и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин." материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертёж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяются следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин."</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|     |   |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|---|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     |   |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 3-150  |
| 4   | 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии | 14 |  | 5 | - | 2 | - | - | - | - | - | 7 | - | <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии"<br><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в |
| 4.1 | 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии | 14 |  | 5 | - | 2 | - | - | - | - | - | 7 | - |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>планарной технологии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |
|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
|   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" материалу.<br><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертёж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:<br><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], 140-168<br>[4], 3-150 |
| 5 | 5. Получение полупроводниковых структур методом | 14 | 5 | - | 2 | - | - | - | - | - | 7 | - | <b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по |   |



|     |   |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
|-----|---|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|---|
|     | эпитаксии   |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |   |
| 5.1 | 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии | 14 |  | 5 | - | 2 | - | - | - | - | - | 7 | - |  |  |  | <p>выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии"</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример</p> |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение материалов по разделу 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b><br/>Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|     |  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |      |      |  |
|-----|--|-------|---|----|---|----|---|---|---|---|-----|------|------|--|
|     |  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |      |      | заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:<br><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 172-202<br>[3], 122-135<br>[4], 3-150 |
|     | Зачет с оценкой  | 18.0  |   | -  | - | -  | - | - | - | - | 0.3 | -    | 17.7 |  |
|     | Всего за семестр   | 108.0 |   | 32 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 42   | 17.7 |  |
|     | Итого за семестр   | 108.0 |   | 32 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 |      |  |
| 6   | 6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии. | 36    | 2 | 12 | - | 4  | - | - | - | - | -   | 20   | -    | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии."<br><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском  |
| 6.1 | 6.Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.  | 36    |   | 12 | - | 4  | - | - | - | - | -   | 20   | -    |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>занятия. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяются следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии."</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 6. Планарная технология. Получение р-п</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>переходов методом диффузии. и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b><br/>Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии." материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|     |  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |  |  |
|-----|--|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--|--|
|     |  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |  | решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 3-150 |
| 7   | 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига | 38 | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига"<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига"<br><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример |  |
| 7.1 | 7.Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига  | 38 | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига"<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига"<br><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>задания:<br/><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение материалов по разделу 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига и подготовка к контрольной работе<br/><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b><br/>Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:<br/><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br/><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br/><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" материалу.<br/><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <p>проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|



|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 3-150  |
| 8   | 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография. | 34 | 8 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография."<br><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию.   |
| 8.1 | 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография. | 34 | 8 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 20 | - | Для проведения исследования применяется следующие материалы:<br><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография."<br><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: |



|  |                  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |    |       |   |
|--|------------------|-------|---|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|-------|---|
|  |                  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |    |       | <p>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография." материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задании входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], 135-170<br/>[4], 3-150</p> |
|  | Экзамен          | 36.0  |   | -  | - | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -  | 33.5  |   |
|  | Всего за семестр | 144.0 |   | 32 | - | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60 | 33.5  |   |
|  | Итого за семестр | 144.0 |   | 32 | - | 16 | 2 |   | - |   | 0.5 |    | 93.5  |   |
|  | ИТОГО            | 252.0 | - | 64 | - | 32 | 2 |   | - |   | 0.8 |    | 153.2 |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов

1.1. 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов

1. Поколения приборов электронной техники. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура. Понятие минимального топологического размера. Физические основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов. Определение критического размера абразивного зерна. Оптимизация процесса шлифования. Виды и свойства абразивных материалов. Способы резания слитков на пластины и пластин – на кристаллы..

1.2. 2. Поколения приборов электронной техники. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура. Понятие минимального топологического размера. Физические основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов.

2. Физические основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов. Определение критического размера абразивного зерна. Оптимизация процесса шлифования. Виды и свойства абразивных материалов. Способы резания слитков на пластины и пластин – на кристаллы..

#### 2. 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов

2.1. 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов

2. Отечественные методы маркировки слитков Ge, Si и эпитаксиальных структур. Разброс электрических параметров слитков кремния, выращенных из легированных расплавов. Трансмутационное легирование кремния как метод, позволяющий получать слитки с минимальным разбросом параметров. Физические основы метода, виды ядерных превращений ( $\beta$ -распад) в слитках кремния при облучении высокоэнергетическими частицами. Лазерное легирование как метод сплавления. Влияние формы p-p перехода на его электрические характеристики на примере точечного p-p перехода. Определение омических контактов и роль сплавления при создании омических контактов.

#### 3. 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.

3.1. 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.

3. Отмывка полупроводниковых пластин. Методы получения и контроль качества деионизованной воды. Контроль качества пластин после отмывки. Обезжиривание кремниевых пластин и травление в жидких травителях. Технологический процесс электрохимической обработки. Ионно-плазменная обработка полупроводниковых материалов. Газовая обработка кремниевых пластин. Электрохимическое травление кремния. Пористый кремний: способ получения, классификация, свойства, возможные области применения.

#### 4. 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии

#### 4.1. 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии

Назначение диэлектрических плёнок. Получение плёнок диоксида кремния термическим окислением, кинетика процесса, зависимость толщины слоя SiO<sub>2</sub> от времени окисления. Особенности окисления в сухом и влажном кислороде. Получение диоксида кремния методом пиролиза, осаждение диоксида кремния из газовой фазы. Низкотемпературные методы получения плёнок диоксида кремния. Методы получения и свойства нитрида кремния (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). Контроль параметров защитных диэлектрических плёнок.

### 5. 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии

#### 5.1. 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии

5. Технология газофазной эпитаксии. Зависимость скорости эпитаксиального роста от концентрации тетрахлорида кремния (SiCl<sub>4</sub>). Кинетика роста эпитаксиального слоя. Температурная зависимость скорости роста эпитаксиального слоя, обоснование выбора рабочей области температур. Методы легирования эпитаксиальных слоёв. Замещение SiCl<sub>4</sub> другими соединениями с меньшей энергией активации процесса. Оборудование и технология эпитаксиального выращивания кремния хлоридным методом. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Жидкофазные методы эпитаксии. Дефекты эпитаксиальных структур и методы их контроля. Виды оборудования для жидкофазной эпитаксии.

### 6. 6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии.

#### 6.1. 6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии.

6. Понятие планарной технологии. Создание p-n переходов методом диффузии. Механизмы и основные уравнения диффузии. Диффузия из бесконечного и ограниченного источников. Распределение примесей в многослойной диффузионной структуре. Распределение примесей в реальных диффузионных структурах. Объяснение причин отклонения реальных данных от расчетных. Основные источники легирующих примесей. Технологические методы диффузии и оборудование. Методы контроля диффузионных структур.

### 7. 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига

#### 7.1. 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига

7. Достоинства и ограничения метода ионного легирования (ИЛ). Оборудование для ИЛ, источники ионов, сепарирование ионов. Измерение дозы легирования. Распределение ионов в полупроводниковых мишенях. Аморфная мишень. Распределение ионов в мишени при наличии каналирования. Отжиг имплантированных структур. Зависимость температуры отжига от количества структурных нарушений в полупроводнике. Перевод примеси в электрически активное состояние путем отжига, метод имплантации с последующей аморфизацией кремния. Создание самосовмещенного изолированного электрода методом ИЛ. Создание контактов для «мелких» p-n переходов с помощью ионной имплантации.

### 8. 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.

#### 8.1. 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.

8. Фотолитография в производстве полупроводниковых приборов. Процессы прямой и обращенной фотолитографии. Негативные и позитивные фоторезисты. Основные этапы фотолитографии: обработка поверхности, нанесение, сушка, задубливание и удаление фоторезиста (ФР). Экспонирование ФР УФ-излучением, ограничение топологических

размеров. Современные технологические методы, позволяющие уменьшать топологический размер. Иммерсионная литография, рентгеновская и электронная литография и их влияние на топологические размеры ИС. Анализ схем установок иммерсионной и электронной литографии. Создание гетеропереходов как способ уменьшения топологических размеров ИС (примеры гетеропереходов).

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 5 семестр 2 Рассчитать дозы ионного легирования, методы измерения дозы легирования (2 часа).;
2. 6 семестр 2 Рассчитать распределение примеси в кремнии при ионном легировании для случая аморфной мишени. Рассчитать распределение примеси после отжига имплантированной структуры (4 часа).;
3. 2 семестр 2 Рассчитать диффузию примесей в плёнки диоксида кремния и нитрида кремния, определить необходимую толщину пленок диоксида и нитрида для защиты кремния при диффузии (4 часа);
4. 3 семестр 2 Рассчитать зависимость глубины залегания р-п перехода от времени диффузии при разных температурах. Рассчитать распределение быстро диффундирующей примеси (Au) в кремнии (2 часа).;
5. 4 семестр 2 Рассчитать время имплантации ионов примеси в пластину кремния. Рассмотреть случай малого времени имплантации и дать физическую интерпретации полученного результата. Рассчитать критический угол каналирования для кремния (2 часа).;
6. 5 семестр 1 Окисление кремния при повышенном давлении (2 часа).;
7. 1 семестр 1 Вводная беседа. Расчёт количества промывок в деионизованной воде (2 часа).;
8. 2 семестр 1 Расчёт оптимальных размеров абразивных порошков для шлифования. Расчёт критического размера абразива, при котором происходит переход от шлифования к полированию (2 часа).;
9. 3 семестр 1 Транс мутационное легирование: запись ядерных реакций при транс мутационном легировании (2 часа).;
10. 1 семестр 2 Рассчитать распределение примесей в многослойной диффузионной структуре (2 часа).;
11. 4 семестр 1 Расшифровать и записать марки слитков Ge, Si и эпитаксиальных структур. Рассчитать зависимость толщины плёнки SiO<sub>2</sub> от времени термического окисления пластины кремния при окислении в сухом и во влажном кислороде, а также при окислении комбинированным методом (4 часа).;
12. 6 семестр 1 Рассчитать зависимость толщины пленки Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> от времени (4 часа)..

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)                    | Коды индикаторов  | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование) |  |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|  |                   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |   |  |
| <b>Знать:</b>  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| методы контроля поверхности полупроводниковой подложки   | ПК-1(Компетенция) | +   | + |   |   |   |   |   |   |   | Контрольная работа/КМ-1 1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si»                                     |
| свойства абразивных материалов при обработки поверхности полупроводниковой подложки                | ПК-1(Компетенция) |   |   | + |   |   |   |   |   |   | Контрольная работа/КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si» |
| свойства полупроводников и материалов, используемых при производстве приборов и интегральных схем. | ПК-1(Компетенция) |   |   |   | + |   |   |   |   |   | Контрольная работа/КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.»                                |
| этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки  | ПК-1(Компетенция) |   |   |   |   | + |   |   |   |   | Контрольная работа/КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния»  |
| технологические методы и режимы изготовления изделий микро- и нанoeлектроники                      | ИД-4ПК-3          |   |   |   |   | + |   |   |   |   | Контрольная работа/КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния»  |
| <b>Уметь:</b>  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки                  | ПК-1(Компетенция) |   |   |   |   |   | + |   |   |   | Контрольная работа/КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии»  |
| обосновывать выбор материалов, необходимых для производства приборов и ИС                          | ПК-1(Компетенция) |   |   |   |   |   | + |   |   |   | Контрольная работа/КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров»  |
| осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки                     | ПК-1(Компетенция) |   |   |   |   |   |   | + |   |   | Контрольная работа/КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования»                                       |
| приготовить абразивный материал  | ПК-1(Компетенция) |   |   |   |   |   |   | + |   |   | Контрольная работа/КМ-7 Контрольная  |



|   |                      |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
|---|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
| для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки |                      |  |  |  |  |  |  |  |   | работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» |
| выбирать технологические режимы производства приборов и ИС      | ИД-4 <sub>ПК-3</sub> |  |  |  |  |  |  |  | + | Контрольная работа/КМ-8 Тест «Современные методы литография» |

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si» (Контрольная работа)
2. КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si» (Контрольная работа)
3. КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.» (Контрольная работа)

###### **2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-8 Тест «Современные методы литография» (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии» (Контрольная работа)
2. КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров» (Контрольная работа)
3. КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

стандартные

*Экзамен (Семестр №2)*

стандартные

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь . – 3-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2008 . – 384 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0866-5 .;
2. Курносков, А. И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : учебное пособие для вузов по специальностям "Полупроводники и

диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы" / А. И. Курносов, В. В. Юдин . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1986 . – 368 с.;

3. Курносов, А. И. Технология производства полупроводниковых приборов : Учебное пособие для вузов по специальности "Полупроводники и диэлектрики" / А. И. Курносов, В. В. Юдин . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1974 . – 400 с.;

4. Кручинин В. В.- "Компьютерные технологии в науке, образовании и производстве электронной техники", Издательство: "ТУСУР", Москва, 2012 - (154 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4945](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4945).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";

2. Windows / Операционная система семейства Linux;

3. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -

[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>

12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>

13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование   | Оснащение   |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий   | рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"   | парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая   |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Е-317, Учебная лаборатория электротехнических, радиотехнических материалов и материалов электронной техники | стол преподавателя, стол, стул, шкаф, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование учебное, инвентарь учебный                        |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной                          | Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"  | стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска                                       |

|  |   |   |
|--|---|---|
| аттестации   |   | маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие  |
| Помещения для самостоятельной работы                     | 17Г-3-308, Компьютерный класс                                     | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, экран, компьютер персональный, кондиционер  |
| Помещения для консультирования                           | Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий | рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Е-302/1, Склад "ФТЭМК"  | стол  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ-1 1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si» (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si» (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.» (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 16   |
| 1             | 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов   |            |      |      |      |      |
| 1.1           | 1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов   |            | +    |      |      |      |
| 1.2           | 2. Поколения приборов электронной техники. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура. Понятие минимального топологического размера. Физические основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов. |            | +    |      |      |      |
| 2             | 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов   |            |      |      |      |      |
| 2.1           | 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов   |            | +    |      |      |      |
| 3             | 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.  |            |      |      |      |      |
| 3.1           | 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.  |            |      | +    |      |      |
| 4             | 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии   |            |      |      |      |      |
| 4.1           | 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии   |            |      |      | +    |      |
| 5             | 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии   |            |      |      |      |      |

|            |   |    |    |    |    |
|------------|---|----|----|----|----|
| 5.1        | 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии |    |    |    | +  |
| Вес КМ, %: |   | 25 | 25 | 25 | 25 |

## 2 семестр

### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии» (Контрольная работа)  
КМ-6 КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров» (Контрольная работа)  
КМ-7 КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» (Контрольная работа)  
КМ-8 КМ-8 Тест «Современные методы литография» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   |
| 1             | 6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.              |            |      |      |      |      |
| 1.1           | 6.Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.               |            | +    | +    |      |      |
| 2             | 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига                  |            |      |      |      |      |
| 2.1           | 7.Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига                   |            |      |      | +    |      |
| 3             | 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография. |            |      |      |      |      |
| 3.1           | 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография. |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 25   | 25   | 25   | 25   |