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 наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

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

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Носова Ю.М. Идентификатор: R16b145c9-OzhoginaYM-ed80e726	Ю.М. Носова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	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 наноэлектроники с заданными свойствами	ИД-$2_{ПК-1}$ Умеет выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники	знать: - свойства абразивных материалов при обработки поверхности полупроводниковой подложки; - свойства полупроводников и материалов, используемых при производстве приборов и интегральных схем.; - технологические методы и режимы изготовления изделий микро- и наноэлектроники; - этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки; - методы контроля поверхности полупроводниковой подложки. уметь: - обосновывать выбор материалов, необходимых для производства приборов и ИС; - выбирать технологические режимы производства приборов и ИС; - Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки; - осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки; - приготовить абразивный материал для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки.

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 наноэлектроника, 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	63	1	22	-	11	-	-	-	-	-	30	-	***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач 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: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов" ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Подготовка к практическим занятиям:***
1.1	1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов	32		11	-	6	-	-	-	-	-	15	-	
1.2	2. Поколения приборов электронной техники. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура. Понятие минимального топологического размера. Физические	31		11	-	5	-	-	-	-	-	15	-	

	основы шлифования и полирования: хрупкое разрушение и пластическая деформация, создание технологических условий для реализации этих процессов.													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 ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** 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 ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** 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

														выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** 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: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "1. 1 Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов"

														Подготовка реферата: 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: ***Изучение материалов литературных источников:*** [3], 3-400 [4], 3-150
2	2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов	27		10	-	5	-	-	-	-	-	12	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов" ***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Подготовка расчетно-графического задания:*** 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: ***Подготовка реферата:*** 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
2.1	2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов	27		10	-	5	-	-	-	-	-	12	-	

														занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** 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: ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов" ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** 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 ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>***

														Изучение материалов по разделу 2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. 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. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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. Трансмутационное легирование слитков Si.

														Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов" материалу. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** 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: ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [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**		
3	3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.	18	2	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач 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: ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин." ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>***
3.1	3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.	18		5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

														Изучение материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу 3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин. и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** 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.

														Подготовка к аудиторным занятиям: Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка к лабораторной работе:*** 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. ***Подготовка курсового проекта:*** 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: ***Подготовка расчетно-графического задания:*** 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: ***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин." ***Подготовка реферата:*** 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: ***Изучение материалов литературных источников:*** [4], 3-150
4	4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии	19		6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка реферата:*** 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: ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач 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: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:
4.1	4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии	19		6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

														Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу 4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии и подготовка к контрольной работе ***Подготовка доклада, выступления:*** 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: ***Подготовка домашнего задания:*** 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. ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и

														подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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 "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" материалу. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** 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: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии" ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [3], 140-168 [4], 3-150

5	5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии	18		5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	***<u>Подготовка реферата:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач 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: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи
5.1	5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии	18		5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

														по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу 5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** 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. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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. ***Подготовка курсового проекта:*** 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: ***Подготовка расчетно-графического задания:*** 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: ***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 172-202 [3], 122-135 [4], 3-150
6	6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.	19		6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии." ***Подготовка реферата:*** 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
6.1	6.Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.	19		6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

														занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "6. Планарная технология. Получение p-n 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: ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии." ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу 6. Планарная технология. Получение p-n

														переходов методом диффузии. и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** 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. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** 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: ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [4], 3-150
7	7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** 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	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

														задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу 7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** 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: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** 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. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** 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. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** 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: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка реферата:</u>*** 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: ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** 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:

														Изучение материалов литературных источников: [4], 3-150
8	8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография." ***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Подготовка реферата:*** 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: ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач 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: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография." ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:
8.1	8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

														Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу 8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография. и подготовка к контрольной работе ***Подготовка доклада, выступления:*** 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: ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Подготовка к аудиторным занятиям:***

														Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка к лабораторной работе:*** 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. ***Подготовка курсового проекта:*** 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: ***Подготовка расчетно-графического задания:*** 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: ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], 135-170 [4], 3-150
	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 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 (β-распад) в слитках кремния при облучении высокоэнергетическими частицами. Лазерное легирование как метод сплавления. Влияние формы p-n перехода на его электрические характеристики на примере точечного p-n 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_2 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_3N_4). 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 ($SiCl_4$). Кинетика роста эпитаксиального слоя. Температурная зависимость скорости роста эпитаксиального слоя, обоснование выбора рабочей области температур. Методы легирования эпитаксиальных слоёв. Замещение $SiCl_4$ 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. 1 семестр 1 Вводная беседа. Расчёт количества промывок в деионизованной воде (2 часа).;
2. 5 семестр 1 Окисление кремния при повышенном давлении (2 часа).;
3. 4 семестр 1 Расшифровать и записать марки слитков Ge, Si и эпитаксиальных структур. Рассчитать зависимость толщины плёнки SiO2 от времени термического окисления пластины кремния при окислении в сухом и во влажном кислороде, а также при окислении комбинированным методом (4 часа).;
4. 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).;
5. 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);
6. 1 семестр 2 Рассчитать распределение примесей в многослойной диффузионной структуре (2 часа).;
7. 5 семестр 2 Рассчитать дозы ионного легирования, методы измерения дозы легирования (2 часа).;
8. 6 семестр 1 Рассчитать зависимость толщины пленки Si3N4 от времени (4 часа).;
9. 3 семестр 2 Рассчитать зависимость глубины залегания p-n перехода от времени диффузии при разных температурах. Рассчитать распределение быстро диффундирующей примеси (Au) в кремнии (2 часа).;
10. 2 семестр 1 Расчёт оптимальных размеров абразивных порошков для шлифования. Расчёт критического размера абразива, при котором происходит переход от шлифования к полированию (2 часа).;
11. 6 семестр 2 Рассчитать распределение примеси в кремнии при ионном легировании для случая аморфной мишени. Рассчитать распределение примеси после отжига имплантированной структуры (4 часа).;
12. 3 семестр 1 Транс мутационное легирование: запись ядерных реакций при транс мутационном легировании (2 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	
Знать:										
методы контроля поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$	+								Контрольная работа/КМ-1 1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si»
этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$			+						Контрольная работа/КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии»
технологические методы и режимы изготовления изделий микро- и наноэлектроники	ИД-2$_{ПК-1}$		+							Контрольная работа/КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния»
свойства полупроводников и материалов, используемых при производстве приборов и интегральных схем.	ИД-2$_{ПК-1}$		+							Контрольная работа/КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.»
свойства абразивных материалов при обработки поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$	+	+							Контрольная работа/КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si»
Уметь:										
приготовить абразивный материал для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$								+	Контрольная работа/КМ-8 Тест «Современные методы литография»
осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$						+	+		Контрольная работа/КМ-8 Тест «Современные методы литография»
Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки	ИД-2$_{ПК-1}$				+					Контрольная работа/КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования»
выбирать технологические режимы	ИД-2$_{ПК-1}$			+						Контрольная работа/КМ-6 Контрольная работа

производства приборов и ИС										«Расчет диффузионных параметров»
обосновывать выбор материалов, необходимых для производства приборов и ИС	ИД-$2_{ПК-1}$					+				Контрольная работа/КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования»

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 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. Курносов, 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.

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
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
4. **База данных ВИНИТИ 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-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 лабораторных занятий	Е-301, Лаборатория полупроводниковых приборов и компонентов	стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	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 самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> 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-3 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-3
		Неделя КМ:	4	8	4	12
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			+	+	+
		Вес КМ, %:	25	25	25	25

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-4 КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров» (Контрольная работа)

КМ-5 КМ-5 Тест «Получение p-n переходов методом диффузии» (Контрольная работа)

КМ-7 КМ-7 Контрольная работа «Получение p-n 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-4	КМ-5	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	15	8	12	15
1	3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.					
1.1	3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.		+	+		
2	4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии					
2.1	4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии				+	
3	5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии					
3.1	5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии				+	
4	6. Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.					
4.1	6.Планарная технология. Получение р-п переходов методом диффузии.					+
5	7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига					
5.1	7.Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига					+
6	8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.					
6.1	8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.					+
		Вес КМ, %:	25	25	25	25