

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:26

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 39

часов на контроль 54

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	39	39	39	39
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*ктн, Доцент, Сергиенко Андрей Алексеевич; ктн, Доцент, Курочка Александр Сергеевич*

Рабочая программа

**Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В. Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучения студентами технологии получения тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв, их физических свойств и зависимости от параметров технологического процесса. Наука поможет решить ряд инженерных задач, стоящих перед выпускниками в их трудовой деятельности
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.2	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.6	Технология материалов электронной техники	
2.1.7	Физика диэлектриков	
2.1.8	Физика конденсированного состояния	
2.1.9	Физика магнитных явлений	
2.1.10	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.11	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.12	Статистическая физика	
2.1.13	Физические свойства кристаллов	
2.1.14	Электроника	
2.1.15	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.16	Методы математической физики	
2.1.17	Практическая кристаллография	
2.1.18	Физика	
2.1.19	Физическая химия	
2.1.20	Электротехника	
2.1.21	Математика	
2.1.22	Органическая химия	
2.1.23	Информатика	
2.1.24	Химия	
2.1.25	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.2	Квантоворазмерные структуры в нанoeлектронике	
2.2.3	Магнитные измерения	
2.2.4	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.5	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.6	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.7	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.2.8	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.14	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.15	Светоизлучающие полупроводниковые приборы	
2.2.16	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.17	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	

2.2.18	Элементы и устройства магнитоэлектроники
--------	--

<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ</b>	
<b>ОПК-5:</b>	Способен демонстрировать практические навыки для решения задач и реализации проектов, в области, соответствующей профилю подготовки, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями
<b>Знать:</b>	
	ОПК-5-32 Технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники
<b>ОПК-2:</b>	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
<b>Знать:</b>	
	ОПК-2-32 Физико-химическую сущность процессов получения тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв в зависимости от метода получения
<b>ОПК-5:</b>	Способен демонстрировать практические навыки для решения задач и реализации проектов, в области, соответствующей профилю подготовки, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями
<b>Знать:</b>	
	ОПК-5-31 Технологический процесс производства изделий микроэлектроники
<b>ОПК-4:</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
<b>Знать:</b>	
	ОПК-4-31 Механизмы роста и структуру тонких плёнок или эпитаксиальных слоев в зависимости от метода получения
<b>ОПК-2:</b>	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
<b>Знать:</b>	
	ОПК-2-31 Основное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и вспомогательное оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы
<b>ОПК-1:</b>	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
<b>Знать:</b>	
	ОПК-1-31 Электрофизические свойства тонких плёнок и диэлектрических слоёв в зависимости от параметров процесса
	ОПК-1-32 Особенности структурирования многослойных гетерокомпозиций для применения в изделиях электронной техники
<b>ОПК-4:</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
<b>Уметь:</b>	
	ОПК-4-У1 Обосновывать выбор метода получения тонкой плёнки или эпитаксиального слоя
<b>ОПК-5:</b>	Способен демонстрировать практические навыки для решения задач и реализации проектов, в области, соответствующей профилю подготовки, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями
<b>Уметь:</b>	
	ОПК-5-У1 Оперативно решать технологические проблемы в процессе производства изделий микроэлектроники
<b>ОПК-2:</b>	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
<b>Уметь:</b>	
	ОПК-2-У1 Осуществлять техническую реализацию процессов получения тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв

<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Управлять свойствами тонкой плёнки или эпитаксиального слоя на основе анализа параметров технологического процесса
<b>ОПК-5: Способен демонстрировать практические навыки для решения задач и реализации проектов, в области, соответствующей профилю подготовки, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-5-У2 Определять потребность в технологическом, контрольно-измерительном и вспомогательном оборудовании на рабочих местах
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У2 Прогнозировать параметры тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв, необходимые для изготовления определенного типа изделий электронной техники
<b>ОПК-5: Способен демонстрировать практические навыки для решения задач и реализации проектов, в области, соответствующей профилю подготовки, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-5-В1 Проверка уровня технического оснащения рабочих мест на производстве изделий микроэлектроники на соответствие нормам технической документации
<b>ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 Использования соответствующих методов контроля параметров тонких плёнок и слоёв
ОПК-2-В2 Корректировки режимов процессов получения тонких плёнок и слоёв
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 Выбор необходимых реагентов и материалов для формирования необходимых плёнок и слоёв

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Основы атомно-молекулярных процессов кристаллизации</b>							
1.1	Основные модели роста. Атомная структура кристаллографической поверхности. Начальные стадии кристаллизации. Кинетика роста кристалла. Основные дефекты роста кристалла /Лек/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1 Л1.2Л2.7 Л2.8 Л2.9			
1.2	Исследование распределения толщины плёнок по поверхности подложки и их структурных параметров при ионном распылении мишени с помощью источника Кауфмана /Лаб/	7	4	ОПК-1-У1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории	КМ6	Р5

1.3	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и защите практических работ, лабораторных работ /Ср/	7	39	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.13				
<b>Раздел 2. Методы формирования тонких плёнок</b>									
2.1	Вакуумно-термическое напыление. Ионно-лучевое и магнетронное нанесение тонких плёнок. Химическое и электрохимическое формирование плёнок. /Лек/	7	3	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1 Л1.2Л2.1				
2.2	Расчет скорости роста плёнок при вакуум-термическом напылении. Расчет скорости роста при магнетронном нанесении плёнки /Пр/	7	4	ОПК-1-У2 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.10		КМ2	Р1	
2.3	Нанесение пленок магнетронным распылением мишени. Формирование плёнок методом катодного распыления /Лаб/	7	8	ОПК-1-У1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории	КМ7	Р6	
<b>Раздел 3. Процессы газофазной и жидкофазной эпитаксии</b>									
3.1	Исходные реагенты и установки. Легирование и автолегирование. Скрытые слои. Изотермические и неизотермические процессы ЖФЭ. Жидкофазная эпитаксия кремния и соединений АШВУ /Лек/	7	5	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.7				
3.2	Расчет скорости роста эпитаксиального слоя из парогазовой смеси в квазиравновесном и диффузионном режимах. Расчет скорости роста в случае транспортных химических реакций. Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при выращивании из раствора-расплава /Пр/	7	8	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-5-32 ОПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5		КМ3	Р2	
<b>Раздел 4. Эпитаксиальные гетерокомпозиции</b>									

4.1	Получение гетероэпитаксиальных гетерокомпозиций. Пути повышения совершенства гетерокомпозиций. Молекулярно-лучевая эпитаксия. /Лек/	7	3	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.7				
4.2	Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при молекулярно-лучевой эпитаксии /Пр/	7	3	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.9		КМ4	Р3	
4.3	Получение тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии /Лаб/	7	1	ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5	Занятие проводится в специализированной лаборатории	КМ8	Р7	
<b>Раздел 5. Применение тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв</b>									
5.1	Тонкоплёночные резисторы и конденсаторы. Тонкие плёнки в интегральных схемах. Гетероструктурная наноэлектроника /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.11				
5.2	Расчет параметров тонкоплёночного резистора /Пр/	7	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-4-У1 ОПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.12		КМ5	Р4	
5.3	Измерение толщины плёночных покрытий с помощью интерферометра Линника. Измерение удельного сопротивления полупроводниковых и металлических плёнок четырёхзондовым методом /Лаб/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-2-В1 ОПК-5-32 ОПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории	КМ9	Р8	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Вопросы к экзамену	ОПК-4-31;ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-1-31;ОПК-1-32	<p>Конструктивно-технологические функции диэлектрических пленок интегральных микросхемах.</p> <p>Технология осаждения диэлектрических пленок на поверхность полупроводниковых пластин и их параметры качества.</p> <p>Методы получения диэлектрических пленок в технологии гибридных интегральных схем.</p> <p>Требования к металлическим пленкам для контактов и коммутации в интегральных микросхемах.</p> <p>Технология получения металлических пленок. Влияние технологических факторов на параметры качества пленок.</p> <p>Влияние условий получения на характеристики пористости конденсированных пленок.</p> <p>Материалы и технология получения коммутационных элементов для гибридных интегральных схем.</p> <p>Материалы и технология изготовления тонкопленочных резисторов.</p> <p>Конструктивно-технологические функции диэлектрических пленок интегральных микросхем.</p> <p>Формирование пленок SiO<sub>2</sub> термическим окислением Si.</p> <p>Влияние структуры подложки на начальные стадии роста пленок.</p> <p>Фазовая, структурная и субструктурная неравномерность в пленках.</p> <p>Формы процессов старения пленок. Физико-химические основы процессов старения.</p> <p>Классификация адгезионного взаимодействия пленок с основой.</p> <p>Термодинамический анализ процесса зарождения.</p> <p>Количественная оценка адгезионной прочности пленок</p> <p>Движущие силы процесса кристаллизации.</p> <p>Молекулярно-статистическая модель зарождения.</p> <p>Механизмы возникновения напряжений в пленках.</p> <p>Кинетическая модель зарождения.</p> <p>Формирование текстур зарождения.</p> <p>Дефекты в пленках. Механизмы образования микро- и макропор.</p> <p>Влияние структуры подложки на начальные стадии роста пленок.</p>
КМ2	Контрольные вопросы для защиты практической работы №1	ОПК-4-В1;ОПК-1-У2	<p>Какие материалы можно напылять методами вакуум-термическим нанесением и магнетронным распылением мишени?</p> <p>Для какого метода скорости роста пленки выше?</p>
КМ3	Контрольные вопросы для защиты практической работы №2	ОПК-5-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-У1;ОПК-5-32	<p>Дайте сравнительный анализ механизмов роста пленок.</p> <p>Какие химические реакции используются для осаждения пленок из газовой фазы?</p>
КМ4	Контрольные вопросы для защиты практической работы №3	ОПК-2-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-32	<p>От каких параметров процесса МЛЭ зависит скорость роста эпитаксиального слоя?</p> <p>Что такое низкоразмерные кристаллы?</p>
КМ5	Контрольные вопросы для защиты практической работы №4	ОПК-4-У1;ОПК-1-У2;ОПК-5-У1;ОПК-1-У1	<p>В чем преимущества термического метода формирования пленок традиционных сверхпроводников?</p> <p>Дайте определение термину поверхностно сопротивление. В каких единицах измеряется поверхностное сопротивление?</p> <p>Какие материалы Вы знаете для применения в качестве резистивных пленок?</p>
КМ6	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №1	ОПК-5-У2;ОПК-5-У1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-1-У1	<p>Опишите конструкцию и принцип работы ионного источника типа Кауфмана.</p> <p>С помощью каких способов нужно проводить очистку подложек?</p> <p>Каковы условия ионного распыления мишени?</p>
КМ7	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №2	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-5-У2;ОПК-2-В1;ОПК-2-У1;ОПК-1-У1	<p>Дайте сравнительный анализ рассмотренных в работе методов нанесения тонких пленок.</p> <p>Приведите расчетные формулы для определения скорости нанесения для каждого метода.</p>



КМ8	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №3	ОПК-4-В1;ОПК-2-В2;ОПК-2-В1	Приведите формулу для расчета скорости испарения материала из эффузионной ячейки. Какие Вы знаете методы контроля толщины растущей пленки?
КМ9	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №4	ОПК-5-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-5-32;ОПК-2-В1	Опишите конструкцию и принцип работы микроинтерферометра Линника. В чем сходство и различие между методами измерения толщины пленок с помощью сканирующей зондовой микроскопии и профилометра? Опишите конструкцию и принцип измерения электросопротивления четырехзондовым методом.
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическая работа №1 Получение плёнок при вакуум-термическом напылении и магнетронном распылении	ОПК-4-В1;ОПК-1-У2	Расчет скорости роста плёнок при вакуум-термическом напылении. Расчет скорости роста при магнетронном нанесении плёнки
Р2	Практическая работа №2 Технология получения эпитаксиальных слоев	ОПК-5-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-У1;ОПК-5-32	Практическая работа №2 Расчет скорости роста эпитаксиального слоя из парогазовой смеси в квазиравновесном и диффузионном режимах. Расчет скорости роста в случае транспортных химических реакций. Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при выращивании из раствора-расплава
Р3	Практическая работа №3 Молекулярно-лучевая эпитаксия	ОПК-2-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-32	Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при молекулярно-лучевой эпитаксии
Р4	Практическая работа №4 Тонкопленочный резистор	ОПК-4-У1;ОПК-1-У2;ОПК-5-У1;ОПК-1-У1	Расчет параметров тонкопленочного резистора
Р5	Лабораторная работа №1 Получение пленок ионным распылением мишени с помощью источника Кауфмана	ОПК-5-У2;ОПК-5-У1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-1-У1	Исследование распределения толщины плёнок по поверхности подложки и их структурных параметров при ионном распылении мишени с помощью источника Кауфмана
Р6	Лабораторная работа №2 Получение пленок магнетронным распылением мишени и катодным распылением мишени	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-5-У2;ОПК-5-У1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В2;ОПК-2-В1;ОПК-1-У1	Исследование процесса нанесения пленок магнетронным распылением мишени и процесса нанесения плёнок методом катодного распыления
Р7	Лабораторная работа №3 Получение тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии	ОПК-4-В1;ОПК-2-В2;ОПК-2-В1	Расчет параметров процесса получения тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии

P8	Лабораторная работа №4 Измерение толщины пленок и их удельного сопротивления	ОПК-5-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-5-32;ОПК-2-В1	Измерение толщины плёночных покрытий с помощью интерферометра Линника. Измерение удельного сопротивления полупроводниковых и металлических плёнок четырёхзондовым методом
----	---	--	---

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

«отлично» – студент отвечает на два вопроса и решает задачу, показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала;

«хорошо» – студент отвечает на один вопрос и решает задачу, показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал;

«удовлетворительно» – студент отвечает на один вопрос или решает только задачу, показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов;

«неудовлетворительно» – студент не отвечает на оба вопроса и не решает задачу, допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Технология материалов электронной техники: Теория процессов полупроводниковой технологии: Учебник для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1995
Л1.2	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учебник для студ. вузов по спец. 'Технология спец. материалов электронной техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Берлин Е. В., Сейдман Л. А.	Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии: справочник	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2010
Л2.2	Соколов И. А.	Расчеты процессов полупроводниковой технологии: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994
Л2.3	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.4	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Маренкин С. Ф., Тимошина Г. Г., Кожитов Л. В.	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л2.5	Крапухин В. В., Кожитов Л. В.	Технология эпитаксиальных гетерокомпозиций: Лаб. практикум для студ. спец. 200102	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Маренкин С. Ф., Тимошин Г. Г.	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум для студ. спец. 200, 100, 07.100, 550.700	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.7	Кузнецов Г. Д.	Атомно-молекулярные процессы кристаллизации: Разд.: Поверхностные явления на границе раздела фаз: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1985
Л2.8	Кузнецов Г. Д., Крапухин В. В.	Получение пленок и эпитаксиальных слоев полупроводниковых материалов: Разд.: Получение текстурированных слоев: курс лекций для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л2.9	Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы процессов кристаллизации: Разд.: Механизм и кинетика роста кристаллов: Курс лекций для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1980
Л2.10	Кузнецов Г. Д., Никоненко В. А., Полистанский Ю. Г., Сушков В. П., Кузнецов Г. Д.	Методика определения параметров тонких пленок и эпитаксиальных слоев: лаб. практикум для студ. напр. 550700, 551600, 553100 и спец. 200110, 200200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л2.11	Крапухин В. В., Кожитов Л. В., Полистанский Ю. Г., др., Крапухин В. В.	Технология многослойных структур для микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0643 -'Технология спец. материалов электронной техники' специализация 'Материалы для микроэлектроники'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.12	Полистанский Ю. Г., Евсеев В. А., Кожитов Л. В., др., Крапухин В. В.	Технология полупроводниковых материалов и элементов микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0643, 0604, 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л2.13	Кузнецов Г. Д., Куручка С. П., Кушхов А. Р., др.	Процессы микро- и нанотехнологии. Ионно- плазменные процессы: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1 Win Pro 10 32-bit/64-bit

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-433	Лаборатория	установки для напыления пленок УВН (4 шт.), вакуумный пост ВУП-5, установка для травления Плазма 600, микроинтерферометр МИИ-4, набор демонстрационного оборудования, в том числе: мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации. Расчетно-графические работы выполняются с помощью компьютерных программ