

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

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)

# Технология материалов электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя 19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	40	40	40	40
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

**Технология материалов электроники**

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 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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.07
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Механические свойства твердых тел	
2.2.2	Теория гомогенных и гетерогенных процессов	
2.2.3	Технология получения монокристаллов	
2.2.4	Физические свойства материалов	
2.2.5	Научно-исследовательская работа	
2.2.6	Научно-исследовательская работа	
2.2.7	Научно-исследовательская работа	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.13	Высокотемпературная совместимость материалов	
2.2.14	Мониторинг технологий	
2.2.15	Основы биоорганической химии	
2.2.16	Основы моделирования на атомном уровне	
2.2.17	Особенности исследования низкоразмерных систем	
2.2.18	Решение профессиональных задач с помощью языка программирования	
2.2.19	Рост кристаллов	
2.2.20	Стандартизация и сертификация в металлургии	
2.2.21	Структурные методы исследования наноматериалов	
2.2.22	Теория фаз, фазовых превращений и атомное строение неорганических материалов	
2.2.23	Химические способы получения наноматериалов	
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.25	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.26	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.27	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.28	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.29	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.30	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.31	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-4: Способен выполнять исследования на стадии разработки технологических процессов и обеспечивать проведение инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-32 Электрофизические свойства тонких плёнок и диэлектрических слоёв в зависимости от параметров процесса
ПК-4-31 Основное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и вспомогательное оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы
<b>ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>

<b>Знать:</b>
ПК-3-31 Технологический процесс производства изделий микроэлектроники
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У2 Управлять свойствами тонкой плёнки или эпитаксиального слоя на основе анализа параметров технологического процесса
ПК-3-У1 Обосновывать выбор метода получения тонкой плёнки или эпитаксиального слоя
<b>ПК-4: Способен выполнять исследования на стадии разработки технологических процессов и обеспечивать проведение инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Использования соответствующих методов контроля параметров тонких плёнок и слоёв
<b>ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Выбора 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/	5	8	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	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/	5	4	ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории		
1.3	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и защите практических работ, лабораторных работ /Ср/	5	40	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-4-31 ПК-4-32	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/	5	6	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.1			

2.2	Расчет скорости роста плёнок при вакуум-термическом напылении. Расчет скорости роста при магнетронном нанесении плёнки /Пр/	5	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.10			
2.3	Нанесение пленок магнетронным распылением мишени. Формирование плёнок методом катодного распыления /Лаб/	5	8	ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории		
<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 АПВВ /Лек/	5	8	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	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/	5	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5			
<b>Раздел 4. Эпитаксиальные гетерокомпозиции</b>								
4.1	Получение гетероэпитаксиальных гетерокомпозиций. Пути повышения совершенства гетерокомпозиций. Молекулярно-лучевая эпитаксия. /Лек/	5	8	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.7			
4.2	Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при молекулярно-лучевой эпитаксии /Пр/	5	3	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.9			
4.3	Получение тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии /Лаб/	5	1	ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.5	Занятие проводится в специализированной лаборатории		
<b>Раздел 5. Применение тонких плёнок и эпитаксиальных слоёв</b>								
5.1	Тонкоплёночные резисторы и конденсаторы. Тонкие плёнки в интегральных схемах. Гетероструктурная наноэлектроника /Лек/	5	4	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.11			

5.2	Расчет параметров тонкопленочного резистора /Пр/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.12			
5.3	Измерение толщины плёночных покрытий с помощью интерферометра Линника. Измерение удельного сопротивления полупроводниковых и металлических плёнок четырёхзондовым методом /Лаб/	5	4	ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.10 Л2.13	Занятие проводится в специализированной лаборатории		

## 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		<p>Перечислить основные этапы роста кристаллов.</p> <p>С чем связана анизотропия адсорбции атомов на кристаллической поверхности <input type="checkbox"/></p> <p>Почему различные вещества переохлаждаются до различной степени <input type="checkbox"/></p> <p>Почему поверхностная энергия кристалла зависит от энергии связи атомов в кристаллической решетке <input type="checkbox"/></p> <p>Перечислить кинетические модели роста кристаллов.</p> <p>Перечислить основные дефекты роста кристаллов.</p> <p>Какой процесс затрудняет получение тонких эпитаксиальных слоев при проведении ПФЭХО.</p> <p>В каком случае и почему поверхностная энергия и поверхностное натяжение численно равны друг другу.</p> <p>Определить расстояние между периодическими цепями связей на различных кристаллографических плоскостях для разных кристаллических решеток.</p> <p>Указать и обосновать основные элементарные процессы перехода атомов в системе пар-кристалл.</p> <p>Зависит ли предэкспоненциальный множитель в выражение для концентрации зародышей критического размера от размеров зародыша?</p> <p>Какое различие между гомогенным и гетерогенным образованием зародышей?</p> <p>Дать определение гомоэпитаксии.</p> <p>Назвать виды эпитаксии в зависимости от механизма компенсации несоответствия периодов решеток.</p> <p>Почему поверхностная энергия в системе кристалл-вакуум больше, чем в системе кристалл-пар, кристалл-жидкость?</p> <p>При каких условиях ступень может быть атомно-гладкой или атомно-шероховатой?</p> <p>Определить концентрацию адсорбированных атомов на различных кристаллографических плоскостях и обосновать её независимость от атомной структуры поверхности.</p> <p>Рассчитать концентрацию зародышей критического размера при заданном пересыщении (переохлаждении) и температуры кристалла.</p> <p>Назвать микропроцессы, приводящие к образованию центров кристаллизации.</p> <p>Дать определение гетероэпитаксии.</p> <p>Перечислить основные дефекты роста кристаллов.</p> <p>Зависит ли плотность изломов на ступени от кристаллографической ориентации рассматриваемой плоскости и почему?</p> <p>Что является основной причиной перехода атомно-гладкой поверхности в атомно-шероховатую?</p>

			<p>В чем различие между сингулярными, вицинальными и диффузными поверхностями?          Что определяет механизм и кинетику роста кристаллов?          Пояснить значение фактора Зельдовича.          Дать определение хемопитахии.          Какую роль играют «дислокации несоответствия»?          Как изменяется атомная структура поверхности с изменением отношения <math>\omega/kT</math>?          Указать основные причины изменения толщины переходного слоя между кристаллом и средой.          Какое различие между изотропной и анизотропной поверхностями?          В каком случае следует учитывать фактор неравновесности Зельдовича при расчетах скорости образования зародышей?          Дать определение переходного эпитаксиального слоя.          Дать понятие «псевдоморфизма».          Перечислить причины возникновения дислокаций.          Какое явление называется автолегированием?          Перечислить методы контроля уровня легирования эпитаксиальных слоев.          Указать температурный диапазон для молекулярно-лучевой эпитаксии.          Указать основной недостаток вертикального расположения подложек при жидкофазной эпитаксии.          Указать максимально возможную толщину эпитаксиального слоя при парофазной эпитаксии.          Какие виды подложкодержателей применяются в промышленных установках?          Указать минимально возможную толщину эпитаксиального слоя при парофазной эпитаксии кремния.          Перечислить технологии получения эпитаксиальных слоев с использованием химических транспортных реакций.          Назвать методы контроля толщины эпитаксиального слоя.          Перечислить основные достоинства метода ЖФЭ.          Какой процесс затрудняет получение тонких эпитаксиальных слоев?          Дать определение химической транспортной реакции.          Влияет ли толщина эпитаксиальной структуры на напряжения, возникающие в структуре при эпитаксии.          Какие реагенты применяются для легирования при ПФЭХО кремния?          Перечислить основные преимущества МОС-гидридного метода.          Указать диапазон рабочих температур процесса ПФЭХО кремния.          Перечислить реагенты, применяемые для получения эпитаксиальных слоев Si.          Указать типы химических транспортных реакций.          Назвать фактор ограничения скорости роста эпитаксиального слоя GaAs при низких температурах.          Назвать основное преимущество МЛЭ.          Какое функциональное назначение «скрытых слоев»?          Указать лимитирующий фактор скорости роста эпитаксиального слоя GaAs при высоких температурах.          Перечислить основные типы реакторов для проведения ПФЭХО.          Дать определение «фактора эффективности».          Перечислить основные требования к растворителю.</p>
КМ2	Контрольные вопросы для защиты практической работы №1		<p>Какие материалы можно напылять методами вакуум-термическим нанесением и магнетронным распылением мишени?          Для какого метода скорости роста пленки выше?</p>
КМ3	Контрольные вопросы для защиты практической работы №2		<p>Дайте сравнительный анализ механизмов роста пленок.          Какие химические реакции используются для осаждения пленок из газовой фазы?</p>

КМ4	Контрольные вопросы для защиты практической работы №3		От каких параметров процесса МЛЭ зависит скорость роста эпитаксиального слоя? Что такое низкоразмерные кристаллы?
КМ5	Контрольные вопросы для защиты практической работы №4		В чем преимущества термического метода формирования пленок традиционных сверхпроводников? Дайте определение термину поверхностно сопротивление. В каких единицах измеряется поверхностное сопротивление? Какие материалы Вы знаете для применения в качестве резистивных пленок?
КМ6	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №1		Опишите конструкцию и принцип работы ионного источника типа Кауфмана. С помощью каких способов нужно проводить очистку подложек? Каковы условия ионного распыления мишени?
КМ7	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №2		Дайте сравнительный анализ рассмотренных в работе методов нанесения тонких пленок. Приведите расчетные формулы для определения скорости нанесения для каждого метода.
КМ8	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №3		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		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.

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1 Получение плёнок при вакуум-термическом напылении и магнетронном распылении		Расчет скорости роста плёнок при вакуум-термическом напылении. Расчет скорости роста при магнетронном нанесении плёнки
P2	Практическая работа №2 Технология получения эпитаксиальных слоев		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
P3	Практическая работа №3 Молекулярно-лучевая эпитаксия		Расчет скорости роста эпитаксиального слоя при молекулярно-лучевой эпитаксии
P4	Практическая работа №4 Тонкопленочный резистор		Расчет параметров тонкопленочного резистора

P5	Лабораторная работа №1 Получение пленок ионным распылением мишени с помощью источника Кауфмана		Исследование распределения толщины плёнок по поверхности подложки и их структурных параметров при ионном распылении мишени с помощью источника Кауфмана
P6	Лабораторная работа №2 Получение пленок магнетронным распылением мишени и катодным распылением мишени		Исследование процесса нанесения пленок магнетронным распылением мишени и процесса нанесения плёнок методом катодного распыления
P7	Лабораторная работа №3 Получение тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии		Расчет параметров процесса получения тонких плёнок методом молекулярно-лучевой эпитаксии
P8	Лабораторная работа №4 Измерение толщины пленок и их удельного сопротивления		Измерение толщины плёночных покрытий с помощью интерферометра Линника. Измерение удельного сопротивления полупроводниковых и металлических плёнок четырёхзондовым методом
P9	Курсовая работа.		Рассчитать концентрацию зародышей критического размера при заданном пересыщении (переохлаждении) и температуры кристалла

### 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 Лев Васильевич, Крапухин Всеволод Валерьевич, Маренкин Сергей Федорович, Тимошина Галина Георгиевна, Кожитов Лев Васильевич	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л2.5	Крапухин Всеволод Валерьевич, Кожитов Лев Васильевич	Технология эпитаксиальных гетерокомпозиций: Лаб. практикум для студ. спец. 200102	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.6	Кожитов Лев Васильевич, Крапухин Всеволод Валерьевич, Маренкин Сергей Федорович, Тимошина Галина Георгиевна	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум для студ. спец. 200, 100, 07.100, 550.700	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.7	Кузнецов Геннадий Дмитриевич	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 Геннадий Дмитриевич, Крапухин Всеволод Валерьевич	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 Геннадий Дмитриевич	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 Геннадий Дмитриевич, Никоненко В. А., Полистанский Юрий Григорьевич, Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.11	Крапухин Всеволод Валерьевич, Кожитов Лев Васильевич, Полистанский Юрий Григорьевич, др., Крапухин Всеволод Валерьевич	Технология многослойных структур для микроэлектроники: лаб. практикум для суд. спец. 0643 - 'Технология спец. материалов электронной техники' специализация 'Материалы для микроэлектроники'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.12	Полистанский Юрий Григорьевич, Евсеев Виктор Алексеевич, Кожитов Лев Васильевич, др., Крапухин Всеволод Валерьевич	Технология полупроводниковых материалов и элементов микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0643, 0604, 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л2.13	Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Курочка Сергей Петрович, Кушхов Аскер Русланович, 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