

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:06:34

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)

# Материаловедение и технологии перспективных материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

17

самостоятельная работа

91

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	17	17	17	17
Контактная работа	17	17	17	17
Сам. работа	91	91	91	91
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дтн, профессор, Полисан А.А.; ктн, доцент, Быков А.С.*

Рабочая программа

**Материаловедение и технологии перспективных материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, 22.04.01-ММТМ-23-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от 14.06.2022 г., №13-21/22

Руководитель подразделения Оганов А.Р.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций в соответствии с учебным планом НИТУ МИСиС по направлению 22.04.01.«Материаловедение и технологии материалов». Изучение студентами современных достижений в области перспективных материалов для полупроводниковой электроники, микроэлектроники, сенсоров для их оптимального выбора для дальнейшей научной и производственной деятельности.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.О
<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	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.2.2	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.2.3	Некоторые главы кристаллохимии	
2.2.4	Оптические элементы лазерных систем	
2.2.5	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.2.6	Спектроскопические методы анализа поверхности	
2.2.7	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.2.8	Кристаллические компоненты акустоэлектроники	
2.2.9	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.2.10	Нелинейные кристаллы	
2.2.11	Солнечная энергетика	
2.2.12	Экономика инновационного производства	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.16	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.17	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики	
2.2.18	Микросхемотехника	
2.2.19	Технологии получения материалов	

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

<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-5-31 Демонстрировать глубокое знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Знать:</b>
УК-2-31 Знать нормативные требования к оформлению научно-технической, проектной и служебной документации, к оформлению научно-технических отчетов, обзоров, публикаций, рецензий
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 Знать различные аналитические, вычислительные и экспериментальные методы для решения инженерных вопросов.
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-5-У1 Интерпретировать и проверять на корректность данные, полученные в ходе реального эксперимента и

математического моделирования
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 Уметь читать технологическую документацию
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Уметь применять различные аналитические, вычислительные и экспериментальные методы для решения инженерных вопросов.
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-5-В1 Применять фундаментальные знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 Владеть навыками использования современных профессиональных баз данных, информационных справочных и поисковых систем
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 Владеть различными вспомогательными программами для решения аналитические и вычислительные инженерных задач.

#### 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. Полупроводниковые материалы для электроники и солнечной энергетики.</b>							
1.1	Кремний (монокристаллический, мультикристаллический и квазикристаллический) /Пр /	1	4	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31	Л1.4Л3.3 Э1 Э2	Курносов А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных схем. – М. Высшая школа, 1975.	КМ1	Р1
1.2	Кремний (монокристаллический, мультикристаллический и квазикристаллический) /Ср /	1	16	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4Л3.3 Э1 Э2	Курносов А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных схем. – М. Высшая школа, 1975.		

1.3	Монокристаллический германий /Пр/	1	2	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4 Э1 Э2	Курносов А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных схем. – М. Высшая школа, 1975.	КМ1	Р2
1.4	Монокристаллический германий /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4 Э1 Э2	Курносов А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных схем. – М. Высшая школа, 1975.		
1.5	Магнитоэлектрические материалы /Пр/	1	2	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-В1 УК-1-У1 УК-1-31	Л1.4Л3.3 Э1 Э2		КМ1	Р3
1.6	Магнитоэлектрические материалы и их применение /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4Л3.3 Э1 Э2			
1.7	Сегнетоэлектрические материалы /Пр/	1	1	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.3 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р4
1.8	Сегнетоэлектрические материалы и их применение /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.3 Э1 Э2 Э3			
1.9	Примеси в полупроводниковых материалах и дефекты в монокристаллах полупроводников /Пр/	1	1	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4 Э1 Э2		КМ1	Р5
1.10	Примеси в полупроводниковых материалах и дефекты в монокристаллах полупроводников /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.4 Э1 Э2			
	<b>Раздел 2. Технологии формирования приборных структур для полупроводниковой электроники и солнечной энергетики</b>							

2.1	Диффузия /Пр/	1	2	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2Л2.2Л3. 1 Э2	<p>Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Высш. Школа, 1981. – 336 с. Брук В.А., Гаршенин В.В., Курносов А.И. Производство полупроводниковых приборов. – М. Профтехиздат, 1963. Основы технологии кремниевых интегральных схем: окисление, диффузия, эпитаксия / под ред. Р. Бургера и Р. Донована перевод с англ. – М.: Мир, 1969.</p>	КМ1	Р6
-----	---------------	---	---	---	------------------------	---	-----	----

2.2	Диффузия /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2Л1.4Л3. 1 Э2	<p>Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Высш. Школа, 1981. – 336 с. Брук В.А., Гаршенин В.В., Курносов А.И. Производство полупроводниковых приборов. – М. Профтехиздат, 1963. Основы технологии кремниевых интегральных схем: окисление, диффузия, эпитаксия / под ред. Р. Бургера и Р. Донована перевод с англ. – М.: Мир, 1969.</p>		
-----	---------------	---	---	---	------------------------	---	--	--

2.3	Ионная имплантация /Пр/	1	1	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л1.4Л3. 2 Э2	Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Вышш. Школа, 1981. – 336 с.	КМ1	Р7
2.4	Ионная имплантация /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л1.4Л3. 2 Э2	Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Вышш. Школа, 1981. – 336 с.		
2.5	Эпитаксия, гетероструктуры /Пр/	1	1	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2 Э1		КМ1	Р8
2.6	Эпитаксия, гетероструктуры /Ср/	1	8	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2 Э1			



2.7	Тонкопленочные технологии, (напыление пленок термическим способом Синтез пленок с помощью электронного луча Осаждение пленок с помощью ионного распыления Магнетронные напылительные системы Нанесение пленок с помощью лазера Химические способы осаждения пленок Атомно-слоевое осаждение Электролитический способ осаждения пленок) /Пр/	1	2	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л1.4 Э1 Э2	Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Высш. Школа, 1981. – 336 с. Данилин Б.С. Вакуумное нанесение тонких пленок. – М.: «Энергия», 1967. – 312 с.	КМ1	Р9
-----	---	---	---	--	-------------------	---	-----	----

2.8	Тонкопленочные технологии, (напыление пленок термическим способом Синтез пленок с помощью электронного луча Осаждение пленок с помощью ионного распыления Магнетронные напылительные системы Нанесение пленок с помощью лазера Химические способы осаждения пленок Атомно-слоевое осаждение Электролитический способ осаждения пленок) /Ср/	1	14	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л1.4 Э1 Э2	Курносов, А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов / Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1974 . 400 с. Моряков О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства . – 3-е изд. – М.: Высш. Школа, 1981. – 336 с. Данилин Б.С. Вакуумное нанесение тонких пленок. – М.: «Энергия», 1967. – 312 с.		
2.9	Литография (оптическая, рентгеновская, электронная, ионно-лучевая) /Ср/	1	5	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2Л1.4 Э1 Э2			
2.10	Литография (оптическая, рентгеновская, электронная, ионно-лучевая) /Пр/	1	1	УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2Л1.4 Э1 Э2		КМ1	Р10

### 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	Доклад-презентация	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	<p>Темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Получение металлургического кремния</li> <li>- Получение полупроводникового кремния - Сименс-процесс</li> <li>- Получение полупроводникового кремния - Юнион Карбайд-процесс</li> <li>- Монокристаллический кремний- Метод Чохральского</li> <li>- Монокристаллический кремний- Метод бестигельной зонной плавки</li> <li>- Получение и свойства мультикристаллического и квазикристаллического кремния</li> <li>- Сырьевая база германия. Получение GeO<sub>2</sub>, получение и очистка GeCl<sub>4</sub>.</li> <li>- Сырьевая база производства полупроводникового германия. Восстановление GeO<sub>2</sub>, получение поликристаллического германия.</li> <li>- Монокристаллический германий. Метод Чохральского и метод бестигельной зонной плавки</li> <li>- Структура и основные свойства арсенида галлия. Получение поликристаллического арсенида галлия.</li> <li>- Получение монокристаллического арсенида галлия методом Чохральского, методом Бриджмена, методом бестигельной зонной плавки</li> <li>- Гибридные органо-неорганические перовскиты как новые материалы для фотовольтаики.</li> <li>- Легирующие и фоновые примеси в полупроводниковых материалах.</li> <li>- Точечные дефекты в монокристаллах полупроводников (вакансии, межузельные атомы, дефекты Френкеля).</li> <li>- Двумерные дефекты в монокристаллах полупроводников (краевые, винтовые, дислокационные петли).</li> <li>- Трехмерные дефекты в монокристаллах полупроводников (дефекты упаковки, двойники, границы зерен, преципитаты).</li> <li>- Диффузия при формировании легированных слоев.</li> <li>- Технология получения диффузионных переходов.</li> <li>- Ионная имплантация при формировании легированных слоев.</li> <li>- Отжиг ионно-легированных структур</li> <li>- Гомоэпитаксия и гетероэпитаксия</li> <li>- Газофазная эпитаксия</li> <li>- Жидкофазная эпитаксия</li> <li>- Молекулярно-лучевая эпитаксия</li> <li>- Напыление пленок термическим способом</li> <li>- Синтез пленок с помощью электронного луча</li> <li>- Осаждение пленок с помощью ионного распыления</li> <li>- Магнетронные напылительные системы</li> <li>- Нанесение пленок с помощью лазера</li> <li>- Химические способы осаждения пленок</li> <li>- Атомно-слоевое осаждение</li> <li>- Электролитический способ осаждения пленок)</li> <li>- Оптическая литография</li> <li>- Рентгеновская литография</li> <li>- Электронная литография</li> <li>- Ионно-лучевая литография</li> </ul>
-----	--------------------	--	--

**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
Р1	ПР 1 Кремний (монокристаллический, мультикристаллический и квазикристаллический)	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Получение металлургического кремния</li> <li>- Получение полупроводникового кремния - Сименс-процесс</li> <li>- Получение полупроводникового кремния - Юнион Карбайд-процесс</li> <li>- Монокристаллический кремний- Метод Чохральского</li> <li>- Монокристаллический кремний- Метод бестигельной зонной плавки</li> <li>- Получение и свойства мультикристаллического и квазикристаллического кремния</li> </ul>

P2	ПР 2 Монокристаллический германий	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Сырьевая база германия. Получение GeO <sub>2</sub> , получение и очистка GeCl <sub>4</sub> . - Сырьевая база производства полупроводникового германия. Восстановление GeO <sub>2</sub> , получение поликристаллического германия. - Монокристаллический германий. Метод Чохральского и метод бестигельной зонной плавки
P3	ПР 3 Монокристаллический арсенид галлия	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Структура и основные свойства арсенида галлия. Получение поликристаллического арсенида галлия. - Получение монокристаллического арсенида галлия методом Чохральского, методом Бриджмена, методом бестигельной зонной плавки
P4	ПР 4 Гибридные перовскиты	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Гибридные органо-неорганические перовскиты как новые материалы для фотовольтаики.
P5	ПР 5 Примеси в полупроводниковых материалах и дефекты в монокристаллах полупроводников	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Легирующие и фоновые примеси в полупроводниковых материалах. - Точечные дефекты в монокристаллах полупроводников (вакансии, межузельные атомы, дефекты Френкеля). - Двумерные дефекты в монокристаллах полупроводников (краевые, винтовые, дислокационные петли). - Трехмерные дефекты в монокристаллах полупроводников (дефекты упаковки, двойники, границы зерен, преципитаты).
P6	ПР 6 Диффузия	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Диффузия при формировании легированных слоев. - 1й и 2й законы Фика. - Технология получения диффузионных переходов.
P7	ПР7 Ионная имплантация	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Ионная имплантация при формировании легированных слоев. - Отжиг ионно-легированных структур
P8	ПР 8 Эпитаксия, гетероструктуры	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Гомоэпитаксия и гетероэпитаксия - Газофазная эпитаксия - Жидкофазная эпитаксия - Молекулярно-лучевая эпитаксия
P9	ПР 9 Тонкопленочные технологии	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Напыление пленок термическим способом - Синтез пленок с помощью электронного луча - Осаждение пленок с помощью ионного распыления - Магнетронные напылительные системы - Нанесение пленок с помощью лазера - Химические способы осаждения пленок - Атомно-слоевое осаждение - Электrolитический способ осаждения пленок)
P10	ПР 10 Литография	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	- Оптическая - Рентгеновская - Электронная - Ионно-лучевая

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

экзамен не предусмотрен

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

Оценка за зачет формируется как средняя оценка за контрольные мероприятия и работы, предусмотренные в семестре.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Полисан А. А.	Материалы и элементы электронной техники. Тонкопленочные многослойные структуры и солнечные элементы на основе гидрогенизированного аморфного и нанокристаллического кремния: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007
Л1.2	Горелик С. С.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Использование ионных пучков для воздействия на состав, структуру и свойства материалов электронной техники: учеб. пособие для спец.0604,0643,0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1983
Л1.3	Бублик В. Т., Щербачев К. Д., Воронова М. И., Мильвидский А. М.	Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур. Ионная имплантация: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л2.2	Бокштейн Б. С., Ярославцев А. Б.	Диффузия атомов и ионов в твердых телах	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Полисан А. А., Астахов В. П.	Материалы и элементы электронной техники. Расчет режимов термического окисления и диффузии при формировании легированных слоев: практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л3.2	Полисан А. А., Астахов В. П.	Основы радиационных технологий. Расчет режимов ионной имплантации и профиля распределения имплантированных атомов примеси на примере изготовления кремниевых солнечных элементов n <sup>+</sup> -p-p <sup>+</sup> (p <sup>+</sup> -n-n <sup>+</sup> )-типа: метод. указания	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л3.3	Пархоменко Ю. Н., Полисан А. А.	Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>		
Э1	Ченг Л., Плог К. Молекулярно-Лучевая Эпитаксия и Гетероструктуры	<a href="https://www.studmed.ru/cheng-l-plog-k-molekulyarno-luchevaya-epitaksiya-i-geterostruktury_47e4d31bc25.html">https://www.studmed.ru/cheng-l-plog-k-molekulyarno-luchevaya-epitaksiya-i-geterostruktury_47e4d31bc25.html</a>
Э2	Солнечная энергетика. Курс Canvas	<a href="https://lms.misis.ru/courses/3811">https://lms.misis.ru/courses/3811</a>
Э3	Рождественская лекция: Век перовскитов: Солнечная энергетика	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=-hB19SU1Kig">https://www.youtube.com/watch?v=-hB19SU1Kig</a>
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>		
П.1	ESET NOD32 Antivirus	
П.2	MS Teams	
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit	
П.4	LMS Canvas	
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>		
И.1	eLIBRARY.RU ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )	
И.2	American Institute of Physics (AIP) ( <a href="http://scitation.aip.org/">http://scitation.aip.org/</a> )	
И.3	American Physical Society (APS) ( <a href="http://journals.aps.org/about">http://journals.aps.org/about</a> )	
И.4	Cambridge University (CUP) journals ( <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a> )	
И.5	ScienceDirect ( <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> )	
И.6	Scopus ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> )	
И.7	UK Institute of Physics (IOP) journals ( <a href="http://iopscience.iop.org/journals">http://iopscience.iop.org/journals</a> )	
И.8	Nature Publishing Group ( <a href="http://www.nature.com/siteindex/index.html">http://www.nature.com/siteindex/index.html</a> )	
И.9	Optical Society of America ( <a href="http://www.osa.org/en-us/publications/">http://www.osa.org/en-us/publications/</a> )	
И.10	SpringerMaterials ( <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> )	
И.11	Nano ( <a href="https://nano.nature.com/">https://nano.nature.com/</a> )	
И.12	Springer Nature e-books ( <a href="https://link.springer.com/search?query=&amp;facet-content-type=%22Book%22">https://link.springer.com/search?query=&amp;facet-content-type=%22Book%22</a> )	
И.13	Web of Science ( <a href="http://www.webofscience.com">http://www.webofscience.com</a> )	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
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, 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

Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой.