

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 17:12:28

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)

# Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 6

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

23

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	34		34	
Практические	34	17	34	17
Итого ауд.	85	34	85	34
Контактная работа	85	34	85	34
Сам. работа	23	38	23	38
Итого	108	72	108	72

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., зав.каф., Костишин В.Г.*

Рабочая программа

### **Технологические основы получения материалов макро-, микро- и нанoeлектроники**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич, к.ф.-м.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать представление о технологиях и оборудовании, используемых в производстве полупроводниковых приборов.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.2
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Академическое письмо	
2.1.2	Иностранный язык	
2.1.3	История и философия науки	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аналитическая химия	
2.2.2	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.3	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.4	Геотехнология, горные машины	
2.2.5	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.6	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.7	Литейное производство	
2.2.8	Материаловедение	
2.2.9	Материаловедение	
2.2.10	Материаловедение	
2.2.11	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.12	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.13	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.14	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.15	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.16	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.17	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.18	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.19	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.20	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.21	Обогащение полезных ископаемых	
2.2.22	Обработка металлов давлением	
2.2.23	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.24	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.25	Теоретические основы проектирования горнотехнических систем	
2.2.26	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.27	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.28	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.29	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.30	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.31	Технология электрохимических процессов и защита от коррозии	
2.2.32	Физика конденсированного состояния	
2.2.33	Физика конденсированного состояния	
2.2.34	Физика конденсированного состояния	
2.2.35	Физика конденсированного состояния	
2.2.36	Физика конденсированного состояния	
2.2.37	Физика полупроводников	
2.2.38	Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ	
2.2.39	Электротехнические комплексы и системы	
2.2.40	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук	
2.2.41	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук	

2.2.42	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.43	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.44	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.45	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.46	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.47	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.48	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.49	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.50	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.51	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.52	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.53	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.54	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.55	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.56	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.57	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.58	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.59	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.60	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.61	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.62	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.63	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.64	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.65	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.66	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.67	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.68	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.69	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.70	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.71	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.72	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.73	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.74	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.75	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.76	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.77	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.78	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.79	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.80	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.81	Обогащение полезных ископаемых
2.2.82	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

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

#### А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата

##### Знать:

А-2-31 Основное измерительное и инженерное оборудование

А-2-32 нормативно-техническую документацию по испытаниям опытных образцов изделий электронной техники

#### А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты

##### Знать:

А-3-31 Основные стадии технологического цикла изготовления полупроводниковых приборов

<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-31 основное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и вспомогательное оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 Оценивать критические стадии операций технологического цикла
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У1 Проводить научный эксперимент и анализировать результаты
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 интерпретировать результаты испытаний опытной партии образцов изделий электронной техники в соответствии с поставленной задачей
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
А-3-В1 Навыками рационального выбора материалов и технологических процессов при разработке технологии производства приборов электронной техники
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
А-1-В1 методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации

#### 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 полупроводниковой технологии</b>							
1.1	Основные конструктивные элементы. Принципы интегральной технологии /Лек/	6	2	А-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.3Л3.2 Л3.5			
1.2	Технологический цикл изготовления полупроводниковых приборов /Лек/	6	3	А-1-В1 А-2-У1 А-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.9 Л1.10 Л1.11Л2.3 Л2.4Л3.2 Л3.4 Л3.5			
1.3	Конструктивно-технологические особенности создания токопроводящих контактов /Пр/	6	5	А-3-У1 А-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10 Л1.11Л2.3 Л2.4Л3.5			
1.4	Реферат /Ср/	6	6	А-2-31 А-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э1	Выбор темы. Составление плана. Анализ литературы. Написание текста реферата.		Р1

1.5	Экзамен /Ср/	6	3	A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э2	Подготовка к экзамену.	КМ1	
	<b>Раздел 2. Монокристаллы и формирование эпитаксиальных слоев</b>							
2.1	Монокристаллы, эпитаксия, критерии и условия эпитаксии, методы эпитаксии /Лек/	6	3	A-1-31 A-3-31	Л1.1 Л1.9 Л1.12Л2.3Л3 .4 Л3.6			
2.2	Очистка поверхности подложек для эпитаксиального роста полупроводниковой гетероструктуры /Пр/	6	4	A-1-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.9 Л1.12Л2.3Л3 .4 Л3.6			
2.3	Рентгеновская дифрактометрия, определение состава и дефектности слоев /Пр/	6	4	A-1-У1 A-2-32 A-2-У1 A-3- У1	Л1.1 Л1.9Л2.3Л3. 1 Л3.3 Л3.7			
2.4	Реферат /Ср/	6	6	A-2-31 A-3-В1	Л1.1 Л1.9Л2.3 Э1	Выбор темы. Составление плана. Анализ литературы. Написание текста реферата.		P1
2.5	Экзамен /Ср/	6	3	A-1-31 A-2-32 A-3-31 A-3-У1	Л1.1 Л1.9Л2.3 Э2	Подготовка к экзамену.	КМ1	
	<b>Раздел 3. Технологическое и инженерное оборудование для осаждения вспомогательных слоев и ключевые элементы</b>							
3.1	Вакуумные насосы и откачные агрегаты, используемые в ростовых вакуумных установках /Лек/	6	4	A-1-31 A-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.9Л2.1 Л2.3			
3.2	Приборы для измерения вакуума – вакуумметры. Механические фильтры для защиты вакуумных агрегатов /Пр/	6	4	A-1-У1 A-2- У1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6 Л1.9Л2.1 Л2.3			
3.3	Реферат /Ср/	6	6	A-2-31 A-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э1	Выбор темы. Составление плана. Анализ литературы. Написание текста реферата.		P1
3.4	Экзамен /Ср/	6	4	A-1-31 A-1-У1 A-2-31 A-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э2	Подготовка к экзамену.	КМ1	
	<b>Раздел 4. Оборудование для проведения вспомогательных химических процессов</b>							

4.1	Оборудование для химической обработки пластин /Лек/	6	3	А-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.2 Л2.3Л3.4			
4.2	Оборудование для создания необходимого рисунка поверхности полупроводников /Лек/	6	2	А-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Л1.7 Л1.9Л2.2 Л2.3Л3.2			
4.3	Реферат /Ср/	6	6	А-2-31 А-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э1	Выбор темы. Составление плана. Анализ литературы. Написание текста реферата.		Р1
4.4	Экзамен /Ср/	6	4	А-1-31 А-2-31 А-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.9Л2.3 Э2	Подготовка к экзамену.	КМ1	

### 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	Экзамен	А-3-31;А-2-31;А-1-31;А-2-32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка для газоплазменной эпитаксии, принцип действия.</li> <li>2. Насосное оборудование необходимое для установок газоплазменной эпитаксии.</li> <li>3. Оборудование для нанесения оксидных слоев на поверхности полупроводников.</li> <li>4. Газовое оборудование необходимое для работы установки эпитаксиального роста полупроводниковых слоев.</li> <li>5. Устройство камеры вакуумной установки нанесения слоев.</li> <li>6. Принципы работы масляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки.</li> <li>7. Принципы работы безмасляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки</li> <li>8. Принципы работы вакуумных установок.</li> <li>9. Системы очистки отработанных газов.</li> <li>10. Фотолитографическое оборудование, принцип работы и примеры.</li> <li>11. Оборудование для химической обработки.</li> <li>12. Оборудование для резки пластин.</li> <li>13. Назначение оксидных слоев в фотоэлектрических преобразователях и методы их получения.</li> <li>14. Оборудование для нанесения оксидных слоев и их стабилизация.</li> <li>15. Технология и оборудование для выращивания монокристаллов.</li> <li>16. Технология и оборудование для получения эпитаксиальных слоев.</li> <li>17. Технология и оборудование для создания р-п переходов. Методы получения р-п переходов, гетеропереходов и переходов металл-полупроводник. Диффузионные методы легирования. Ионное легирование (имплантация). Оборудование для процессов ионной имплантации.</li> <li>18. Основы технологии контактной, дуговой, холодной сварки и пайки.</li> <li>19. Методы пассивации и защиты полупроводниковых приборов и ИМС.</li> <li>20. Методы и оборудование травления микроструктур: ионное, реактивное ионное и плазмохимическое с использованием постоянного тока, ВЧ и СВЧ разрядов.</li> <li>21. Контрольно-измерительное и испытательное оборудование.</li> <li>22. Литографические процессы в производстве полупроводниковых приборов.</li> <li>23. Оборудование оптической литографии.</li> <li>24. Электронная литография.</li> <li>25. Ионно-лучевая литография (ИЛЛ).</li> </ol>
-----	---------	-----------------------------	---

### 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	Реферат	А-3-В1;А-1-В1;А-1-У1;А-2-31;А-2-32;А-3-У1;А-3-31;А-2-У1;А-1-31	<p>Перечень тема для подготовки реферата.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка для газоплазменной эпитаксии, принцип действия.</li> <li>2. Оборудование для нанесения оксидных слоев на поверхности полупроводников.</li> <li>3. Газовое оборудование необходимое для работы установки эпитаксиального роста полупроводниковых слоев.</li> <li>4. Устройство камеры вакуумной установки нанесения слоев.</li> <li>5. Принципы работы масляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки.</li> <li>6. Принципы работы вакуумных установок.</li> <li>7. Фотолитографическое оборудование, принцип работы и примеры.</li> <li>8. Разновидности фоторезистов и специфика оборудования.</li> <li>9. Различия между резистивным и электронно-лучевым испарением материалов, достоинства и недостатки.</li> <li>10. Способы создания омических контактов.</li> </ol>

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

Экзамен проводится устно.

Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

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

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».  
Оценка «отлично» - студент ответил на все вопросы и решил все задания без ошибок, дал исчерпывающие ответы в объеме пройденной программы, грамотно и логически излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала.

Оценка «хорошо» - студент дал неполные ответы на все вопросы или в ответах имелись непринципиальные ошибки, при ответе показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, грамотно и логически излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но способен исправиться после дополнительных и наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» - студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности 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	Солнцев Ю. П., Ермаков Ю. П., Пирайнен В. Ю.	Технология конструкционных материалов: учебник	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Химиздат, 2020
Л1.2	Смирнов С. В.	Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л1.3	Орликов Л. Н.	Технология материалов и изделий электронной техники: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012
Л1.4	Гарифуллин Ф. А., Аюпов Р. Ш., Жилияков В. В.	Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебно- методическое пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013
Л1.5	Хаблянян М. Х., Саксаганский Г. Л., Бурмистров А. В.	Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013
Л1.6	Сергеев А. И.	Компьютерное управление производственным оборудованием: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013
Л1.7	Леонтьева А. И.	Оборудование химических производств: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012
Л1.8	Хаблянян М. Х., Саксаганский Г. Л., Бурмистров А. В.	Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016
Л1.9	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.10	Нашельский А. Я.	Технология спецматериалов электронной техники: Учеб. пособие для техникумов по спец. 2001 'Технология материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л1.11	Иванова А. В., Крутогин Дмитрий Григорьевич, Потапов Юрий Владимирович, Горелик Семен Самуилович	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Структура и свойства полупроводников и металлов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 0604,0629,0643	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1987
Л1.12	Кожитов Лев Васильевич, Крапухин Всеволод Валерьевич, Улыбин Владимир Анатольевич	Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2001
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Эспе В.	Технология электровакуумных материалов: монография	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1962
Л2.2	Леонтьева А. И.	Оборудование химических производств	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012
Л2.3	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и наноэлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.4	Лебедев А. А., Вагапова Н. Т., Наумова А. А., Смирнов А. А.	Технология и оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов (N 3504): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Бублик Владимир Тимофеевич, Мильвидский Андрей Михайлович	Методы исследования материалов и структур электроники. Рентгеновская дифракционная микроскопия: курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л3.2	Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович	Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.3	Бублик Владимир Тимофеевич, Щербачев Кирилл Дмитриевич, Воронова Марина Игоревна	Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур. Рентгеновская рефлектометрия (N 2880): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016
ЛЗ.4	Акчурин Р. Х., Мармалюк А. А.	МОС-гидридная эпитаксия в технологии материалов фотоники и электроники: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2018
ЛЗ.5	Лисовская Татьяна Дмитриевна	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Механические свойства полупроводников: курс лекций для студ. спец. 20.02 и 20.03	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1989
ЛЗ.6	Крапухин В. В., Соколов И. А., Крапухин В. В.	Технология полупроводниковых материалов: Разд.: Получение высокочистых элементов и эпитаксиальных слоев с помощью хим. трансп. реакций: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1979
ЛЗ.7	Бублик Владимир Тимофеевич, Щербачев Кирилл Дмитриевич, Воронова Марина Игоревна	Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур. Рентгеновская рефлектометрия (N 2880): учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2016

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ГОСТ 2.37-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками)	<a href="https://docs.cntd.ru">https://docs.cntd.ru</a>
Э2	Издательство Лань - выпуск учебной литературы для вузов	<a href="https://lanbook.com">https://lanbook.com</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	Microsoft Excel
П.3	Microsoft PowerPoint

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

И.1	Научные журналы и статьи
И.2	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
И.3	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
И.4	Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.7	
И.8	Электронная библиотека МИСиС
И.9	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.10	Электронная библиотека издательство "Лань"
И.11	<a href="https://e.lanbook.co">https://e.lanbook.co</a>
И.12	
И.13	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
И.14	<a href="https://window.edu.ru">https://window.edu.ru</a>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
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 Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 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.

Практические занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением, расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Электронный контент содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.