

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

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)

# Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя			
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	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.ф.-.м.н., доцент, Рабинович Олег Игоревич*

Рабочая программа

**Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники**

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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-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:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 27.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	являются дать представления об основных математических моделях, описывающих процессы формирования структур нанoeлектроники и физики работы наноструктур и научить решать задачи математического моделирования с целью оптимизации параметров процессов и расчетов характеристик нанoeлектронных приборов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.09
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.2	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.3	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.4	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.5	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.6	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.7	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.8	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.9	Приемники оптического излучения	
2.1.10	Физика импульсного отжига	
2.1.11	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.12	Физические основы электроники	
2.1.13	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.14	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.15	Инженерная математика	
2.1.16	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.17	Технология материалов электронной техники	
2.1.18	Физика диэлектриков	
2.1.19	Физика конденсированного состояния	
2.1.20	Физика магнитных явлений	
2.1.21	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.22	Актуальные проблемы современной электроники, нанoeлектроники и магнитоэлектроники	
2.1.23	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.24	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.25	Физические свойства кристаллов	
2.1.26	Электроника	
2.1.27	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.28	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.29	Электротехника	
2.1.30	Информатика	
2.1.31	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	Методы математического моделирования	
2.2.2	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.2.3	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.2.4	Силовые полупроводниковые приборы	
2.2.5	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.2.6	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
2.2.7	Физика наноструктур	
2.2.8	Физико-химия и технология наноструктур	
2.2.9	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике	
2.2.10	Компьютерные технологии в исследованиях материалов электроники и нанoeлектроники	
2.2.11	Компьютерные технологии в научных исследованиях	

2.2.12	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники
2.2.13	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.14	Микросхемотехника
2.2.15	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.16	Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций
2.2.17	Планирование научной деятельности
2.2.18	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.19	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.20	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.21	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.22	Программирование микроконтроллеров
2.2.23	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.24	Технология наногетероструктур
2.2.25	Конструирование светоизлучающих устройств
2.2.26	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.27	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов
2.2.28	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.29	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.30	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.31	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.32	Физика и техника магнитной записи
2.2.33	Физика СВЧ полупроводниковых приборов
2.2.34	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.35	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6
2.2.36	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.38	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.39	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

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

**ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники**

**Знать:**

ПК-1-31 знать технологию создания изделий микроэлектроники

**ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники**

**Знать:**

ПК-5-31 параметры изделий электронной техники

**ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

**Знать:**

ПК-3-31 изделия электронной техники

**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**

**Знать:**

ОПК-4-31 принципы работы современных информационных технологий

**ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

**Уметь:**

ПК-3-У1 проводить измерения приборов

<b>ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 контролировать подготовку рабочих мест
<b>ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У1 разрабатывать технические описания на отдельные блоки изделий электронной техники
<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>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 использовать технологии для решения задач профессиональной деятельности
<b>ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В1 методиками создания описаний приборов электронной техники
<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 алгоритмами и компьютерными программами, пригодными для практического применения
<b>ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 техническим оснащением рабочих мест для производства микроэлектроники
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 определением параметров образцов электронной техники

#### 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. Основные физики полупроводников. Приборы и их свойства</b>							
1.1	Основные параметры полупроводниковых материалов /Лек/	8	15	ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3.2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.2	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	8	8	ОПК-4-У1 ПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

1.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	8	10	ОПК-4-В1 ПК-1-В1 ПК-3-В1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Выполнение контрольной работы 1 /Пр/	8	3	ОПК-4-В1 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ2	
1.5	Основные типы современных приборов для оптоэлектроники и силовой электроники /Лек/	8	19	ПК-1-У1 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.6	Проработка лекционного материала для практических и лабораторных работ /Ср/	8	10	ОПК-4-В1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
	<b>Раздел 2. Проведение компьютерного моделирования гетероструктур и приборов на их основе</b>							
2.1	Модели наногетероструктур /Лаб/	8	9	ОПК-4-У1 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л3.2Л2. 1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.2	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	8	10	ОПК-4-В1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л3.2Л2. 1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	8	10	ПК-3-У1 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

2.4	Выполнение контрольной работы 2 /Пр/	8	3	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ3	
2.5	Модели приборов на основе наногетероструктур /Лаб/	8	8	ПК-1-31 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.6	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	8	11	ОПК-4-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.7	Подготовка и выполнение КР /Ср/	8	17	ПК-3-У1 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.8	Защита Курсовой работы /Пр/	8	11	ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 2 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		Р1

### 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	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ПК-1-31;ПК-1-В1;ПК-3-В1;ПК-3-31;ПК-1-У1;ПК-3-У1;ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	<p>Деление материалов по степени объемности. 3-D трехмерные, 2-D двумерные, 1-D од-номерные и 0D-мерные структуры.</p> <p>Технологические приемы для создания полупроводниковых приборов на принципе «сверху-вниз».</p> <p>Методы получения тонких слоев, применяемых в нанотехнологии и их особенности.</p> <p>Свойства полевых транзисторов на наноструктурах.</p> <p>Моделирование и методы расчета оптических наноструктур</p> <p>Моделирование формирования изображения в фоторезисте.</p> <p>Моделирование процесса травления фоторезиста.</p> <p>Ограничения оптической литографии.</p> <p>Теория электронной эмиссии</p> <p>Моделирование эффекта близости при электронной литографии.</p> <p>Метод Монте Карло.</p> <p>Структура и технологии нанотранзисторов.</p> <p>Электронный перенос в наноструктурах с критическим размером.</p> <p>Моделирование кремниевых полевых нанотранзисторов методом Монте-Карло с учетом квантовых эффектов.</p> <p>Моделирование характеристик полевого баллистического нанотранзистора в тонком кремнии на изоляторе.</p> <p>Уравнения Максвелла в диспергирующих средах. Уравнения поля в диэлектрика в отсутствии дисперсии. Энергия поля в диспергирующих средах. Пространственная дисперсия.</p>
КМ2	Контрольная работа 1	ОПК-4-В1;ПК-1-31	<p>Нарисуйте диаграммы энергетических зон для гетеропереходов невырожденных полу-проводников со следующими параметрами: <math>\Phi_1 &gt; \Phi_2</math>, <math>\chi_1 &lt; \chi_2</math>, <math> \Delta E_g  &gt;  \Delta\chi </math>.</p> <p>К какому типу относится гетероструктуры GaAs, InGaN, AlGaP?</p> <p>Нанесите обозначения существенных параметров. В каких приборах их можно использовать? Рассчитайте энергию первых двух уровней электронов с эффективной</p> <p>Какова ширина потенциальной ямы первом энергетическом уровне?</p> <p>Как изменяется подвижность носителей заряда в области ДЭГ селективно-легированного транзистора.</p> <p>Основные характеристики наноматериалов.</p> <p>Схема создания нового наноматериала.</p>
КМ3	Контрольная работа 2	ПК-5-31	<p>От каких параметров зависит концентрация электронов в ДЭГ селективно-легированного транзистора</p> <p>Какова ширина потенциальной ямы на втором энергетическом уровне?</p> <p>В каком случае наблюдается квантово-размерный эффект в полупроводниковых структурах?</p> <p>В чем заключается основное преимущество квантово-размерных структур с точки зрения создания электронных приборов?</p> <p>В каком случае наблюдается пик проводимости в туннельно-резонансной структуре с двойным барьером?</p> <p>Использование метода Монте-Карло при моделировании процессов осаждения.</p> <p>Молекулярно-динамические методы моделирования.</p> <p>Плазмохимическое осаждение моделирование роста покрытий в условиях бомбардировки высокоскоростными атомами.</p>

## 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	ДЗ	ПК-1-У1	<p>Размерное квантование. Двумерные (2D) системы – квантово-размерные ям в двойных гетероструктурах на основе соединений AlGaInN</p> <p>Соединения АПВВ и традиционные материалы Si/Ge – различия основных характеристик</p> <p>Одномерные (1D) системы –квантовые точки (КТ). Спектр и плотность электронных состояний, статистика и транспорт носителей заряда.</p> <p>Особенности транспорта носителей заряда в 3D, 2D, 1D и 0D системах</p> <p>Баллистический транспорт и проводимость в квантовых проволоках (КП).</p> <p>Метод молекулярно лучевой эпитаксии и МОС-гидридная технология получения соединений АПВВ – преимущества и недостатки.</p> <p>Основные методы и инструментарий для исследований структурных свойств наноразмерных материалов: атомно-силовая микроскопия, сканирующее –туннельная микроскопия, Оже-микроскопия, рентгеновская микроскопия и т.д..</p> <p>Экситоны в одномерных (1D) квантовые проволоки (КП) и нульмерных (0D) –квантовые точки (КТ) системах.</p> <p>Самоорганизующие системы в соединениях АПВВ.</p> <p>Основы и инструментарий нанолитографии</p> <p>Полевые транзисторы с двумерным газом (2D) на основе Si MOSFET и на гетероструктурах AlGaAs/GaAs с высокой подвижностью электронов в канале (HEMT): сравнение их характеристик.</p> <p>AlGaInN – Светоизлучающие диоды.</p> <p>Роль квантово-размерных ям в оптическом свечении излучающих диодов</p> <p>Гетеролазеры с КЯ и КТ на основе соединений АПВВ.</p> <p>Пьезоэлектрическое поле, спонтанная поляризация, эффект поляризации и Штарка.</p> <p>Одноэлектронный компьютер – физические основы и перспективы.</p>
----	----	---------	---

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

В данном курсе предусмотрен Экзамен, как финальное испытание.

Билет состоит из 2-х вопросов.

Вопросы для оценки располагаются в разделе для самоподготовки.

Первый вопрос - теоретический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки

Второй вопрос - расчетно-графический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки.

Вариант билета прикреплен в разделе Приложения.

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

По дисциплине для получения Экзамена студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить и защитить КР.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

- «отлично» – студент правильно решил задачи и полно ответил на все теоретические вопросы;
- «хорошо» – студент решил задачи и недостаточно полно ответил на все теоретические вопросы;
- «удовлетворительно» – студент неправильно решил задачи, неполно ответил на теоретические вопросы;
- «неудовлетворительно» – студент не решил задачу, не ответил на теоретические вопросы.

Защита ДЗ происходит в электронной среде Canvas. Оценка выставляется по следующим критериям:

- «отлично» – студент правильно провел анализ информации, полно представил работу, сделал правильные выводы, исчерпывающе ответил на вопросы при защите работы;
- «хорошо» – студент правильно или с небольшими ошибками представил информацию, сделал правильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;;
- «удовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с незначительными ошибками, представил неверный анализ, сделал неполные или неправильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;
- «неудовлетворительно» – студент провел представил анализ с грубыми ошибками, сделал неправильные выводы, не ответил или ответил неверно на вопросы при защите работы;

Оценка за Экзамен формируется как среднеарифметическое за все контрольные работы и ДЗ.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1971
Л1.2	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Евсеев Виктор Алексеевич	Основы технологии электронной компонентной базы. Моделирование технологических процессов получения тонкопленочных материалов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л3.2	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Конструирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л3.3	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Маренкин Сергей Федорович, Подгорная Светлана Владимировна	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	Курс в LMS CANVAS		<a href="https://lms.misis.ru/enroll/Y7A7RT">https://lms.misis.ru/enroll/Y7A7RT</a>	
Э2	Springer		<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>	
Э3	Elsevier		Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>	
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	ANSYS Academic Research CFD			
П.2	Microsoft Office			
П.3	LMS Canvas			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
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>			

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 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
К-428	Учебная аудитория	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MILA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест
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. Учебная литература по курсу для использования в учебном процессе находится на кафедре. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Расчетно-графические работы -Курсовая работа выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Практические занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением. Электронные презентации и (или) опорные конспекты теоретических основ дисциплины заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Перед проведением практических занятий обучающимся рекомендуется самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия. Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/enroll/Y7A7RT>. В учебном процессе используются программные базы вуза и автоматизированные средства взаимодействия преподавателя и обучающегося. Электронный контент в Canvas содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.