

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:33

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Основы спинтроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 8

аудиторные занятия

39

самостоятельная работа

105

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	13	13	13	13
Лабораторные	13	13	13	13
Практические	13	13	13	13
Итого ауд.	39	39	39	39
Контактная работа	39	39	39	39
Сам. работа	105	105	105	105
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дхн, профессор, Маренкин Сергей Федорович*

Рабочая программа

**Основы спинтроники**

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 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 28.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целью дисциплины является изучить металлические спин- электронные структуры и гранулированные структуры, методы получения, состав, свойства.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Инженерная математика	
2.1.2	Конструкционные материалы и их технологии	
2.1.3	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.1.4	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.1.5	Оборудование производства магнитных материалов	
2.1.6	Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники	
2.1.7	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.1.8	Функциональные материалы и их технологии	
2.1.9	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.1.10	Материалы и элементы микро- и наносенсорики	
2.1.11	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.1.12	Физика диэлектриков	
2.1.13	Физика конденсированного состояния	
2.1.14	Физика магнитных явлений	
2.1.15	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.1.16	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.17	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.18	Общее материаловедение	
2.1.19	Статистическая физика	
2.1.20	Физические свойства кристаллов	
2.1.21	Электроника	
2.1.22	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.23	Методы математической физики	
2.1.24	Основы квантовой механики	
2.1.25	Практическая кристаллография	
2.1.26	Физика	
2.1.27	Физическая химия	
2.1.28	Электротехника	
2.1.29	Математика	
2.1.30	Органическая химия	
2.1.31	Информатика	
2.1.32	Химия	
2.1.33	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	

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

<b>ПК-5:</b> Способен давать рекомендации по повышению устойчивости материалов, элементов, приборов и устройств микро- и наносистемной техники к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды и к экстремальным условиям их эксплуатации
<b>Знать:</b>
ПК-5-31 приборы и устройства микро- и наносистемной техники
<b>УК-2:</b> Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения

<b>Знать:</b>
УК-2-31 действующие правовые нормы
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 сложные инженерные объекты и процессы
<b>ПК-5: Способен давать рекомендации по повышению устойчивости материалов, элементов, приборов и устройств микро- и наносистемной техники к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды и к экстремальным условиям их эксплуатации</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У1 давать рекомендации по повышению устойчивости материалов, элементов, приборов
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 осуществлять критический анализ новых систем в междисциплинарном контексте
<b>ПК-5: Способен давать рекомендации по повышению устойчивости материалов, элементов, приборов и устройств микро- и наносистемной техники к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды и к экстремальным условиям их эксплуатации</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В1 рекомендациями по эксплуатации приборов в экстремальных условиях
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 оптимальные способы решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 выработкой стратегии действий

#### 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. Раздел 1. Металлические спин-электронные структуры. Материалы и устройства</b>							
1.1	Металлические спин-электронные структуры. Материалы и устройства /Лек/	8	4	УК-1-31 УК-2-31	Л1.1Л2.1Л3.4 Э1 Э2	«Новые материалы» Под научной редакцией Ю.С. Карабасова МИСиС, 2002		

1.2	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	8	35	ПК-5-У1	Л1.1Л2.1Л3.3Э4	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
1.3	Расчет влияния различных технологических параметров на процесс напыления тонких пленок /Пр/	8	5	ПК-5-В1	Л1.1Л3.4Л3.1Э4			
1.4	Расчет скорости и выбор оптимальных условий получения тонких пленок вакуум термическим испарением, получение тонких пленок /Лаб/	8	3	ПК-5-31	Л3.1Л1.1Л2.1Э4	Литература: 1.Инструкция по работе ВУП-5, 2.«Технологическое вакуумное оборудование» Кожитов и др. МИСиС, 2012		
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Двух токовая модель Мотта, экспериментальное ее подтверждение.</b>							
2.1	Двух токовая модель Мотта, экспериментальное ее подтверждение. Работы А. Ферта и П. Грюнберга /Лек/	8	3	ПК-5-У1	Л1.1Л3.1Л3.6Э1	«Технология материалов микро –и нано электроники» Л.В. Кожитов и др.Курск 2012		
2.2	Выполнение ДЗ- Изучение сфер применения модели Мотта в современной электронике /Пр/	8	1	УК-1-У1 УК-2-У1	Л3.1Л1.1Л3.5Э1 Э2			
	<b>Раздел 3. Раздел 3. Природа гигантского и туннельного резистивного эффектов</b>							
3.1	Природа гигантского и туннельного резистивного эффектов /Лек/	8	3	ПК-5-31	Л1.1Л3.1Л3.6Э3	«Спинтроника: физические принципы, устройства, перспективы» Вест.ДВО РАН №4,С.70 2006 А.В.Огнев		
3.2	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	8	30	УК-1-В1 УК-2-В1 ПК-5-У1	Л3.1Л2.3Л3.5Э4	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		

3.3	Ознакомление с технологиями роста монокристаллов, проведение расчетов чистоты получаемых материалов /Пр/	8	1	ПК-5-У1	Л1.1Л3.6Л3.1 Э4	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
3.4	Расчет распределения легирующей примеси при направленной кристаллизацией методами Бриджмена и Чохральского, выращивание эвтектических композиций монокристаллов методом Бриджмена /Лаб/	8	5	ПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э3	Литература: 1. Инструкция по работе с установкой выращивания, 2. «Модели, технологии и оборудование роста кристаллов и эпитаксиальных слоев» Л.В. Кожитов и др. Нальчик, 2012		
	<b>Раздел 4. Раздел 4. Гранулированные структуры, методы получения, материалы, свойства</b>							
4.1	Гранулированные структуры, методы получения, материалы, свойства /Лек/	8	3	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1Л2.1 Л1.1 Л2.4Л3.3 Э4 Э5 Э6 Э7	«Спинтроника: физические принципы, устройства, перспективы» Вест.ДВО РАН №4, С.70 2006 А.В.Огнев		
4.2	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	8	40	ПК-5-У1	Л3.1Л2.1Л3.5 Э4	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
4.3	Ознакомление с современными методами получения наноразмерных структур, основные материалы, требования к материалам и выходные характеристики изделий /Пр/	8	6	ПК-5-У1	Л1.1Л1.1Л3.4 Э1	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
4.4	Изучение магнитных и электрических свойств тонких пленок и эвтектических композиций /Лаб/	8	5	ПК-5-В1	Л1.1Л3.5Л3.7 Э5			

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ПК-5-В1;ПК-5-31;УК-1-У1;УК-1-31;УК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-31;УК-1-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Взаимодействие магнитного поля с веществом. Дать определение диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика.</li> <li>2.Эффект Лоренца.</li> <li>3.Эффект гигантского магнетосопротивления, история открытия. Материалы, в которых обнаруживается эффект ГМС.</li> <li>4.Магнитная восприимчивость и проницаемость, дать определения. Порядки величин этих параметров для диамагнетиков.</li> <li>5.Преимущества магнитной операционной памяти (MRAM) перед другими видами магнитной памяти.</li> <li>6.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления (ГМС).</li> <li>7.Влияние магнитного поля на магнетики. Отличие ферромагнетиков от ферри- и антиферромагнетиков.</li> <li>8.Определение понятия доменов, поведение намагниченности ферромагнетика в магнитном поле.</li> <li>9.Методы получения сверхрешеток и гранулированных структур. Описание молекулярной эпитаксии и импульсного лазерного напыления.</li> <li>10.Туннельный магниторезистивный эффект. История открытия, природа, материалы, на которых обнаруживается этот эффект.</li> <li>11.Спин-вентильная структура и ее характеристики.</li> <li>12.Преимущество устройств спинтроники перед обычными устройствами электроники.</li> <li>13.Размерный эффект в Лоренцевском магнетосопротивлении.</li> <li>14.Спин-зависимая проводимость, 2-х – токовая модель Мотта.</li> </ol>
КМ2	ДЗ	УК-2-У1;УК-1-У1	<p>Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры.</p> <p>Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход.</p> <p>Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры.</p> <p>Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта.</p> <p>Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.</b>			
<p>Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя литературу из раздела "Содержание" и дополнительные материалы из раздела "Приложения"</p> <p>Лабораторные работы (УК-1-31, УК-1--У1, УК-1-В1, ПК-3-32, ПК-3-У2, ПК-3-В1):</p> <p>Лабораторная работа №1. Расчет скорости и выбор оптимальных условий получения тонких пленок вакуум термическим испарением, получение тонких</p> <p>Лабораторная работа №2. Расчет распределения легирующей примеси при направленной кристаллизацией методами Бриджмена и Чохральского, выращивание эвтектических композиций монокристаллов методом Бриджмена</p> <p>Лабораторная работа №3. Изучение магнитных и электрических свойств тонких пленок и эвтектических композиций</p> <p>Контрольные вопросы/тест будут в конце каждого цикла лекций и после ознакомления учащимися во время самостоятельных занятий с дополнительными материалами.</p> <p>В течении всего курса дисциплины будут заданы для домашнего решения несколько задач из сборника: Соколов И. А. Расчеты процессов полупроводниковой технологии. Учебное пособие для вузов. М.:Металлургия,1994, 176 с.</p>			
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
Экзамен как финальное испытание.			
<b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>			
<p>Обучающийся для получения Экзамена должен выполнить все работы данного (посещение и работа на лекциях и практических занятиях, лабораторные работы, домашние задания-курсовая работа и задачи)раздела</p> <p>Оценка формируется как среднее арифметическое из оценок за все работы по данной дисциплине</p>			

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	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

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.2	Добаткин С. В.	Наноматериалы. Объемные металлические нано- и субмикроструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.3	Крапухин В. В., Соколов И. А., Тимошин А. С.	Теоретические основы технологии полупроводниковых материалов. Ч. 1: лаб. практикум для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л2.4		Наноматериалы и наноструктуры	Библиотека МИСиС	,

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Соколов И. А.	Расчеты процессов полупроводниковой технологии: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1994
Л3.2	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Маренкин С. Ф., Тимошина Г. Г., Кожитов Л. В.	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л3.3	Крапухин В. В., Соколов И. А., Тимошин А. С.	Теоретические основы технологии полупроводниковых материалов. Ч. 2: лаб. практикум для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л3.4	Кожитов Л. В., Блинов И. Г.	Вакуумтермическое оборудование: Оборудование для выращивания монокристаллов полупроводников методом Чехральского: Курс лекций для студ. спец.0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1980



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.5	Крапухин В. В., Кожитов Л. В., Полистанский Ю. Г., др., Крапухин В. В.	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
ЛЗ.6	Полистанский Ю. Г., Евсеев В. А., Кожитов Л. В., др., Крапухин В. В.	Технология полупроводниковых материалов и элементов микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0643, 0604, 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
ЛЗ.7	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Подгорная С. В., Маренкин С. Ф.	Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

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

Э1	Wolf S.A., Chtchelkanova A.Y., Treger D.M. Spintronics - A retrospective and perspective (Review) // IBM Journal of Research and Development 2006 Volume 50, Issue 1, Pages 101-110. doi: 10.1147/rd.501.0101	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=</a>
Э2	Fabian J., Matos-Abiague A., Ertler C., Stano P., Žutić I. Semiconductor spintronics(Article) // Acta Physica Slovaca, 2007, Volume 57, Issue 4-5, Pages 565-907. doi: 10.2478/v10155-010-0086-8	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPIN+transistors&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=31&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&amp;relpos=18&amp;citeCnt=739&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPIN+transistors&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=31&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&amp;relpos=18&amp;citeCnt=739&amp;searchTerm=</a>
Э3	Yuasa S., Nagahama T., Fukushima A., Suzuki Y., Ando K. Giant room-temperature magnetoresistance in single-crystal Fe/MgO/Fe magnetic tunnel junctions (Article) // Nature Materials, 2004. Volume 3. Issue 12. Pages 868-871. doi:10.1038/nmat1257	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=MRAM&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=19&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=2299&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=MRAM&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=19&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=2299&amp;searchTerm=</a>
Э4	Abeles B., Hanak J.J. Superconducting and semiconducting phases of granular films/ Physics Letters A, 1971, 34 (3), pp. 165-166. doi: 10.1016/0375-9601(71)90808-5	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&amp;origin=reflist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=33&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&amp;recordRank=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&amp;origin=reflist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=33&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&amp;recordRank=</a>
Э5	Tanaka M. Ferromagnet (MnAs)/III-V semiconductor hybrid structures(Article) // Semiconductor Science and Technology, 2002, Volume 17, Issue 4, Pages 327-341. doi: 10.1088/0268-1242/17/4/306	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0036531914&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure+spintronics&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=45&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure+spintronics%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=120&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0036531914&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure+spintronics&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=45&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure+spintronics%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=120&amp;searchTerm=</a>
Э6	Magnetoresistance of Mn:Ge ferromagnetic nanoclusters in a diluted magnetic semiconductor matrix(Article) // Applied Physics Letters, 2001, Volume 78, Issue 18, Pages 2739-2741. doi: 10.1063/1.1369151	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=53&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=170&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=53&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=170&amp;searchTerm=</a>
Э7	Fusil S., Garcia V., Barthélemy A., Bibes M. Magnetoelectric devices for spintronics(Article) // Annual Review of Materials Research, 2014, Volume 44, Pages 91-116. doi: 10.1146/annurev-matsci-070813-113315	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=spin+valve&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&amp;sot=b&amp;sdt=cl&amp;cluster=scopusbyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&amp;sl=25&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&amp;relpos=6&amp;citeCnt=199&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=spin+valve&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&amp;sot=b&amp;sdt=cl&amp;cluster=scopusbyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&amp;sl=25&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&amp;relpos=6&amp;citeCnt=199&amp;searchTerm=</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MATCAD
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	Scopus ( <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> )
И.2	Springer Materials ( <a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a> )
И.3	Электронная библиотека МИСиС ( <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a> )
И.4	eLIBRARY.RU: ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )
И.5	Сайт Спинтроника (рабочей научная группа С.Ф. Маренкина) ( <a href="https://spintronics.ru/">https://spintronics.ru/</a> )

#### 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 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

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя литературу из раздела "Содержание" и дополнительными материалами из раздела "Приложения"