

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:06:07

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)

Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

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 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

дхн, профессор, Маренкин Сергей Федорович

Рабочая программа

Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики

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 технологии материалов электроники

Протокол от 20.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	подготовка специалистов к решению современных профессиональных задач в научных и производственных коллективах, занимающихся инновационными разработками для создания технологии новых материалов и приборов спиновой, квантово-размерной электроники, спинвентильных структур и научить основным положениям гигантского и тоннельного резистивного эффектов, квантовой теории, анализу квантовых эффектов в спинтронике, физическим и физико-химическим основам технологии производства изделий спинтроники.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.07
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.2	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.3	Некоторые главы кристаллохимии	
2.1.4	Оптические элементы лазерных систем	
2.1.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.6	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.7	Рост кристаллов	
2.1.8	Технология получения кристаллов	
2.1.9	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Методы исследования материалов	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Знать:
ПК-2-31 методы исследований материалов спинтроники
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-31 фундаментальные знания в области материаловедения
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Уметь:
ПК-2-У1 планировать и осуществлять экспериментальные исследования
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У1 решать производственные и (или) исследовательские задачи
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Владеть:
ПК-2-В1 основами оформления отчетов по проведенным исследованиям
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Владеть:
ОПК-1-В1 технологиями материалов в междисциплинарных областях

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
	Раздел 1. Виды MRAM. Спинструктуры							
1.1	Металлические спин-электронные структуры /Пр/	3	2	ПК-2-31 ОПК-1-31	Л1.1Л2.1Л3.2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.2	Материалы и устройства. Виды MRAM. /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.1Л3.9 Э4	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.3	Двух токовая модель Мотта , экспериментальное ее подтверждение. Работы А. Ферта и П. Грюнберга /Лаб/	3	8	ПК-2-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л2.1Л2.1Л1.1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Расчеты скорости напыления, толщин тонких пленок обеспечивающих спиновые эффекты магнитосопротивления на основе двух токовой модели Мотта /Пр/	3	1	ОПК-1-У1	Л1.1Л2.2Л3.1 Э4	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.5	Анализ работа MRAM, пути оптимизации /Пр/	3	2	ПК-2-В1	Л1.1Л2.3Л1.1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.6	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанному циклу лекций /Ср/	3	38	ПК-2-В1	Л3.1 Л1.1Л2.1Л2.1 Э5	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	Раздел 2. Гигантский и туннельный резистивные эффекты, возможности создания спиновых диодов и транзисторов							

2.1	Природа гигантского резистивного эффекта /Пр/	3	3	ОПК-1-У1	Л2.3 Л1.1 Л2.1Л2.1Л2.1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.2	Природа тоннельного резистивного эффекта /Пр/	3	2	ПК-2-У1	Л2.3 Л1.1Л2.1Л1.1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.3	Возможности создания спиновых диодов и транзисторов /Лаб/	3	6	ПК-2-31	Л2.3 Л1.1Л2.1Л3.1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.4	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	3	20	ПК-2-У1	Л2.1 Л1.1Л1.1Л2.1 Э4	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	Раздел 3. Гранулированные структуры, методы получения, материалы, свойства, перспективы развития Спиновые вентили и клапаны, как основы жестких дисков компьютеров. Материалы этих устройств. Пути оптимизации параметров этих устройств							
3.1	Гранулированные структуры, методы получения, свойства, материалы, перспективы развития /Пр/	3	1	ОПК-1-31	Л2.3 Л1.1Л2.1Л2.1 Э4	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.2	Материалы этих устройств. Пути оптимизации параметров этих устройств Металлические спин-электронные структуры Материалы и устройства /Пр/	3	2	ПК-2-У1	Л3.1 Л3.2 Л2.1 Л1.1Л2.4Л2.1 Э5	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

3.3	Спиновые вентили и клапаны /Пр/	3	2	ОПК-1-В1	Л3.2 Л1.1 Л3.9Л3.1Л1.1 Л1.1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.4	Анализ работы спинового вентилля, пути оптимизации /Лаб/	3	3	ПК-2-В1	Л1.1Л2.2Л2.1 Э6	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.5	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	3	16	ОПК-1-31	Л2.3 Л1.1Л3.9Л2.1 Э5	Дополнительная литература в разделе "Приложения"		

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	Зачет с оценкой	ПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ПК-2-31;ОПК-1-У1;ПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1.Взаимодействие магнитного поля с веществом. Дать определение диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика. 2.Эффект Лоренца . 3.Эффект гигантского магнетосопротивления, история открытия. Материалы, в которых обнаруживается эффект ГМС. 4.Магнитная восприимчивость и проницаемость, дать определения. Порядки величин этих параметров для диамагнетиков. 5.Преимущества магнитной операционной памяти (MRAM) перед другими видами магнитной памяти. 6.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления (ГМС). 7.Влияние магнитного поля на магнетики. Отличие ферромагнетиков от ферри- и антиферромагнетиков. 8.Определение понятия доменов, поведение намагниченности ферромагнетика в магнитном поле. 9.Методы получения сверхрешеток и гранулированных структур. Описание молекулярной эпитаксии и импульсного лазерного напыления. 10.Туннельный магниторезистивный эффект. История открытия, природа, материалы, на которых обнаруживается этот эффект. 11.Спин-вентильная структура и ее характеристики. 12.Преимущество устройств спинтроники перед обычными устройствами электроники. 13.Размерный эффект в Лоренцевском магнетосопротивлении. 14.Спин-зависимая проводимость, 2-х – токовая модель Мотта. 15.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления. 16.Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры. 17.Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход. 18.Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры. 19.Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта. 20.Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.
-----	-----------------	--	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

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.

Лабораторная работа 1 (ОПК-1-У1, ПК-3-У1)

Лабораторная работа 2 (ПК-3-У1)

Лабораторная работа 3 (ПК-3-В1)

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

Предусмотрен Зачет с оценкой

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

Обучающийся для получения зачета должен выполнить все работы (посещение и работа на лекциях и практических занятиях, лабораторные работы, контрольные вопросы и задачи) данной дисциплины.

Оценка формируется как среднее арифметическое из оценок за все выполненные работы по дисциплине, а именно:

Работа на практических занятиях и лекциях 20%

Собеседование 30%

Доклад 20%

Зачет 30%

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Соколов И. А.	Расчеты процессов полупроводниковой технологии: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шустиков А. А., Ханнинк Р., Хилл А.	Наноструктурные материалы: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л2.2	Игумнов В. Н.	Толсто пленочные элементы электроники и микроэлектроники: монография	Электронная библиотека	Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015
Л2.3	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.4	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Троян П. Е., Сахаров Ю. В.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л3.2	Борисенко В. Е.	Нанoeлектроника: теория и практика: учебник	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л3.3	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л3.4	Зебрев Г. И.	Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учебное пособие для вузов	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л3.5	Цеханович О. М.	Внутренняя память ПЭВМ: учеб. пособие по курсу "Организация ЭВМ и систем" для бакалавров спец. "Системы автоматизированного проектирования"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2004
Л3.6	Добаткин С. В.	Наноматериалы. Объемные металлические нано- и субмикрoкристаллические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л3.7	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.8	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
ЛЗ.9	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанoeлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009

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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&relpos=8&citeCnt=169&searchTerm=
Э2	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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=MRAM&nlo=&nlr=&nls=&sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&sot=b&sdt=b&sl=19&s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&relpos=0&citeCnt=2299&searchTerm=
Э3	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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=SPIN+transistors&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&relpos=18&citeCnt=739&searchTerm=
Э4	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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&relpos=0&citeCnt=170&searchTerm=
Э5	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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&origin=reflist&sort=cp-f&src=s&st1=granular+structure&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=33&s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&recordRank=
Э6	Fusil S., Garcia V., Barthélémy 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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=spin+valve&nlo=&nlr=&nls=&sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&sot=b&sdt=cl&cluster=scopusbyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&relpos=6&citeCnt=199&searchTerm=

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MATCAD

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Scopus (https://www.scopus.com/)
И.2	Springer Materials (https://materials.springer.com/)
И.3	eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/
И.4	Электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/
И.5	Сайт Спинтроника (рабочей научная группа С.Ф. Маренкина) (https://spintronics.ru/)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

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.
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-427	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя указанную литературу раздела "Содержание" и дополнительные материалы раздела "Приложения"