

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

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 электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

56

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 3 (2.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | 19 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Часы на контроль | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

дхн, профессор, Маренкин Сергей Федорович

Рабочая программа

Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники

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 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2021 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.05 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем | |
| 2.1.2 | Компьютерные технологии в научных исследованиях | |
| 2.1.3 | Магнитные материалы для микро- и наносистем | |
| 2.1.4 | Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники | |
| 2.1.5 | Методы исследования материалов | |
| 2.1.6 | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур | |
| 2.1.7 | Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 2 | |
| 2.1.8 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.1.9 | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2 | |
| 2.1.10 | Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники | |
| 2.1.11 | История и методология науки и техники в области электроники | |
| 2.1.12 | Методы математического моделирования | |
| 2.1.13 | Микро- и наносистемы в технике и технологии | |
| 2.1.14 | Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 1 | |
| 2.1.15 | Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур | |
| 2.1.16 | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1 | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.2 | Преддипломная практика | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| | |
|---|--|
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство | |
| Знать: | |
| ПК-1-32 | Теория планирования эксперимента и обработки данных |
| ПК-1-31 | Технический английский язык |
| ПК-1-33 | Методы исследования структур |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций | |
| Знать: | |
| ПК-2-31 | Технический английский язык |
| ПК-2-32 | Основные технологические процессы, с помощью которых в настоящее время создаются низкоразмерные тонкие плёнки и гетероструктуры неорганических и органических полупроводниковых материалов |
| ПК-2-33 | Базовые технологические процессы нанoeлектроники |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий | |
| Знать: | |
| УК-1-31 | сложные инженерные объекты и процессы |

| |
|---|
| ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях |
| Знать: |
| ОПК-1-31 научно-технические задачи в области нанотехнологий |
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Знать: |
| ПК-4-31 Наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов. |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Уметь: |
| ПК-2-У1 - применять методы численного моделирования для исследования физических моделей |
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Уметь: |
| ПК-4-У1 Адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов |
| ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 решать инженерные задачи в области микросистемной техники |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Уметь: |
| ПК-1-У1 Владеть методами сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий |
| Уметь: |
| УК-1-У1 осуществлять критический анализ новых систем в междисциплинарном контексте |
| Владеть: |
| УК-1-В1 выработкой стратегии действий |
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Владеть: |
| ПК-4-В1 Использованием литературных данных для построения моделей приборов электронной техники и технологий их изготовления |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Владеть: |
| ПК-2-В2 Поэтапным контролем технологических и электрофизических параметров контрольных пластин |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Владеть: |
| ПК-1-В1 Математическим аппаратом и численными методами для моделирования физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе микро- и нанотехнологий |

| |
|---|
| ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 использованием в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Владеть: |
| ПК-2-В1 Расчетом режимов выполнения технологической операции |

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. Металлические спин- электронные структуры. Виды MRAM. Двухтоковая модель Мотта, экспериментальное ее подтверждение. | | | | | | | |
| 1.1 | Металлические спин-электронные структуры /Лек/ | 3 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-1-31 | Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 1.2 | Материалы и устройства. Виды MRAM. /Лек/ | 3 | 2 | УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-1-31 | Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.1Л3.6 Э2 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 1.3 | Двух токовая модель Мотта , экспериментальное ее подтверждение. Работы А. Ферта и П. Грюнберга /Лек/ | 3 | 1 | УК-1-В1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-1-31 | Л1.3Л2.1Л3.2 Э3 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 1.4 | Расчеты скорости напыления, толщин тонких пленок обеспечивающих спиновые эффекты магнитосопротивления на основе двух токовой модели Мотта /Пр/ | 3 | 6 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-В1 | Л1.3Л3.2Л2.1 Э4 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 1.5 | Анализ работа MRAM, пути оптимизации /Пр/ | 3 | 6 | ПК-2-31 ПК-1-31 ПК-1-В1 | Л1.3Л3.6Л2.1 Э1 | Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре) | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|---|---------------------------------|--|--|--|
| 1.6 | Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанному циклу лекций /Ср/ | 3 | 11 | ПК-4-31 | Л1.3Л1.1Л2.1 Э6 | Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). Дополнительная литература в разделе "Приложения" | | |
| | Раздел 2. Природа гигантского и тоннельного резистивного эффектов, возможности создания спиновых диодов и транзисторов | | | | | | | |
| 2.1 | Природа гигантского резистивного эффекта /Лек/ | 3 | 3 | ПК-2-31 ПК-2-33 ПК-1-31 | Л1.2 Л1.3Л3.1Л2.1 Э1 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 2.2 | Природа тоннельного резистивного эффекта /Лек/ | 3 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-33 ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.8 Э2 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 2.3 | Возможности создания спиновых диодов и транзисторов /Лек/ | 3 | 1 | ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 | Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.9 Э3 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 2.4 | Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/ | 3 | 20 | ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 | Л1.3Л3.2Л3.6 Э5 | Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). 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 /Лек/ | 3 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-4-31 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-33 | Л1.2 Л3.6 Л1.3Л2.1Л2.1 Э4 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|----|--|---|---|-----|--|
| 3.2 | Материалы этих устройств. Пути оптимизации параметров этих устройств Металлические спин-электронные структуры Материалы и устройства /Лек/ | 3 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-33 ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-В1 | Л3.1 Л1.1 Л2.1 Л1.3Л2.2Л2.1 Э5 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 3.3 | Спиновые вентили и клапаны /Лек/ | 3 | 2 | ПК-2-33 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-В1 | Л1.1 Л1.3 Л1.1Л2.3Л1.1 Э3 | Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. | | |
| 3.4 | Анализ работы спинового вентиля, пути оптимизации /Пр/ | 3 | 5 | ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-В1 | Л1.3Л3.8Л1.1 Э6 | Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре) | КМ2 | |
| 3.5 | Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/ | 3 | 25 | ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 | Л1.3Л3.1Л2.1 Э2 | Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). 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 | Экзамен | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-В2;ПК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-33;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1 | 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. |
| КМ2 | Работа | ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-2-31 | Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры. Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход. Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры. Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта. 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.

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

В данном курсе предусмотрен Экзамен, как финальное испытание.

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

Обучающийся для получения экзамена должен выполнить все работы (посещение и работа на лекциях и практических занятиях) 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%

Экзамен 30%

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|---|
| Л1.1 | Борисенко В. Е. | Нанoeлектроника: теория и практика: учебник | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л1.2 | Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. | Наноматериалы: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: Лаборатория знаний, 2017 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|---|--|---|------------------------|---|
| Л1.3 | 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 | Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С. | Новые материалы | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2002 |
| Л2.3 | 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 |
| 6.1.3. 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 | Игумнов В. Н. | Толсто пленочные элементы электроники и микроэлектроники: монография | Электронная библиотека | Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 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 МГТУ, 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., Крапухин В. В., Маренкин С. Ф., Тимошина Г. Г., Кожитов Л. В. | Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2004 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|--|--|------------------|------------------------|
| ЛЗ.8 | 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 |
| ЛЗ.9 | 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 |
| ЛЗ.10 | 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., Chitchekanova 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., 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 | 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=scopubyr%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 |
| 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 |
| 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 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 |

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"