

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.04.2023 15:37:04

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)

Micro and nano sensors/ Микро- и наносенсоры

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/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

54

самостоятельная работа

63

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	63	63	63	63
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Панина Лариса Владимировна; ассистент, Евстигнеева Светлана Алексеевна

Рабочая программа

Micro and nano sensors/ Микро- и наносенсоры

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 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-2А.plx Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом 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, Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью этого модуля является знакомство с физическими принципами и электронной реализацией миниатюрных датчиков, использующих электродинамические эффекты. Иногда сложно понять ограничения и возможности отдельных технологий как с точки зрения реализации, так и с точки зрения приложений. В этом курсе вы познакомитесь с несколькими концепциями электродинамических датчиков: магнетосопротивления (MR) и гигантского магнетосопротивления (GMR), различными индуктивными датчиками, включая индуктивные катушки (search coil) и магниточувствительные сенсоры (fluxgates), датчиками магнитоимпеданса (MI) и датчиками на основе поверхностного плазмонного резонанса (SPR). Также будет проведен сравнительный анализ сенсоров разного типа с целью выявления их сильных и слабых сторон, возможностей и недостатков. Общая цель этой программы - дать обзор современного состояния миниатюрных электродинамических датчиков и дать практический опыт в проектировании датчиков, оптимизации выходных параметров и приложениях датчиков.
1.2	The aim of this module is to introduce physical principles and electronic realization of miniature sensors exploiting electrodynamic effects. It is sometimes complicated to understand the limitations and possibilities of the individual technologies both in terms of realization and applications. We will in this course get an introduction to several electrodynamic sensor concepts: magnetoresistance (MR) and giant magnetoresistance (GMR), various inductive sensors including search coil and fluxgates, magnetoimpedance (MI) sensors and sensors based on surface plasmon resonance (SPR). Also we will let the sensors compete against each other in order to discover their strength, weaknesses, opportunities and threats. The overall objective of this program is to give you an overview of the state of the art in miniature electrodynamic sensors and to give you hands-on experience in sensor design, output parameter optimization, and sensor applications.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Foreign Language (English / Russian) / Иностранный язык (Английский / Русский)	
2.1.2	Modern methods of structural characterisation of micro- and nano-systems/Современные методы диагностики и исследования материалов, нано- и микросистем	
2.1.3	Photovoltaic materials / Материалы фотовольтаики	
2.1.4	Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems / Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем	
2.1.5	Research practice/Научно-исследовательская практика	
2.1.6	Synthesis of nanomaterials and heterostructures / Методы синтеза наноматериалов и гетероструктур	
2.1.7	Technology and Materials of Quantum Electronics / Технологии и материалы квантовой электроники	
2.1.8	Методы исследования материалов	
2.1.9	Технологии получения материалов	
2.1.10	Innovative IT: Trends and Perspectives / Инновационные информационные технологии: тренды и перспективы	
2.1.11	Management of Quality / Менеджмент качества	
2.1.12	Metal-carbon nanocomposites/Металлугле-родные композиционные наноматериалы	
2.1.13	Project Management / Управление проектами	
2.1.14	Spintronics materials and devices / Материалы и элементы спинтроники	
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	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Знать:
ПК-1-33 Основы технологии производства магнитных материалов микросистемной техники, электроники и нанозлектроники
ПК-1-32 Методика построения миниатюрной сенсорной системы;
ПК-1-31 Технический английский язык
ПК-4: Способен 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 Тенденции и перспективы развития в области микро- и нанодатчиков и смежных областях
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, выработать стратегию действий
Знать:
УК-1-31 Понимание сенсорной системы как преобразователя определенной энергии
УК-1-32 Физические механизмы, которые можно использовать для создания сенсорной системы;
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У1 Планировать и проводить технологические эксперименты
ПК-1-У2 Разрабатывать технологические маршруты (маршрутные карты)
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Уметь:
УК-2-У1 целенаправленно работать с научной информацией на английском языке во всех ее формах: устной, письменной, печатной и электронной
УК-2-У2 применять математический аппарат физики твердого тела для решения практических задач
УК-2-У3 строить модели процессов для использования в сенсорных технологиях
ПК-4: Способен 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 осуществлять эксперименты, обеспечивающие получение требуемых данных и обосновывать достоверность полученных экспериментальных результатов в исследованиях материалов
Владеть:
ПК-4-В1 опытом проектирования сенсорных систем для конкретных приложений;
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Владеть:
ПК-1-В1 опытом работы с конкретными сенсорными системами (MR, GMR, MI);
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Владеть:
УК-2-В1 Навыками работы с информационными базами данных об отечественных и зарубежных достижениях в области нанотехнологий, nano- и микросистемной техники, электроники, микро- и 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, выработать стратегию действий
Владеть:
УК-1-В1 Навыками проведения электрофизических и оптических измерений и владения стандартными методиками исследования диэлектрических материалов
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Владеть:
УК-2-В3 Опыт работы с программами математического моделирования (C, C ++, MatLab)
УК-2-В2 Опыт построения математических моделей физических систем и анализа результатов численного эксперимента

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. Introduction to sensing systems (Введение, обобщенное описание сенсорных систем)							
1.1	Classification of sensors-physical mechanisms and applications. Basic sensing parameters such as sensitivity, drift, offset, full scale, noise (Классификация сенсоров - физические механизмы и приложения. Основные параметры измерения, такие как чувствительность, дрейф, смещение, предел измерений, шум) /Лек/	3	4	УК-1-32 ПК-1-31 ПК-4-31	Л2.2 Э2	Платформа LMS Canvas	КМ1	
1.2	Estimation of basic sensing parameters such as sensitivity, drift, offset, full scale; Errors of the experimental measurements; Noise: electronics, environmental, internal; Basic laws of electromagnetism (Определение основных параметров измерения, таких как чувствительность, дрейф, смещение, предел измерений; Ошибки экспериментальных измерений; Шум: электроника, окружающая среда, внутренние Основные законы электромагнетизма) /Пр/	3	8	ПК-1-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1	Платформа LMS Canvas		Р5
1.3	Preparation for practical work, completing homework (Подготовка к практической работе, выполнение домашних заданий) /Ср/	3	10	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-У3 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1Л2.1 Л2.2			
	Раздел 2. DC sensing technology – magnetoresistance and giant magnetoresistance (Магнитосопротивление и гигантское магнитосопротивление)							

2.1	Generalized Ohm law-combination of Hall and MR effects; MR and GMR effects, materials and applications (Обобщенный закон Ома - комбинация эффектов Холла и магнитного сопротивления; Эффекты магнитного сопротивления и гигантского магнитного сопротивления, материалы и приложения) /Лек/	3	4	УК-1-31 УК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3	Платформа LMS Canvas	КМ1	
2.2	GMR effect in nanolayers, mechanism and materials; GMR applications in biotechnology, reading heads and MRAM (Эффект гигантского магнитного сопротивления в нанослоях, механизмы и материалы; Приложения ГМС в биотехнологии, считывающие головки и MRAM) /Пр/	3	8	ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.2Л2.1Л3.1 Э1	Платформа LMS Canvas		
2.3	Preparation for practical work, completing homework (Подготовка к практической работе, выполнение домашних заданий) /Ср/	3	13	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-У3 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.2 Л1.3Л2.1			
	Раздел 3. AC sensing technology – low frequencies(AC технологии для сенсорных систем, низкие частоты)							
3.1	Faraday's law of induction for sensing applications; Non-linear magnetization and generation of high harmonics (Закон Фарадея для сенсорных приложений; Нелинейное намагничивание и генерация высоких гармоник) /Лек/	3	4	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3	Платформа LMS Canvas	КМ1	

3.2	Search coil magnetometry, Fluxgate sensors, principles and materials; Applications for low magnetic field detection and embedded sensors (Магнитометрия измерительных катушек, датчики Fluxgate, принципы работы и материалы; Сенсорные системы для обнаружения слабого магнитного поля и встроенные датчики) /Пр/	3	6	УК-1-В1 ПК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1Л3.1	Платформа LMS Canvas		
3.3	Preparation for practical work, completing homework (Подготовка к практической работе, выполнение домашних заданий) /Ср/	3	12	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-У3 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
	Раздел 4. AC sensing technology- MHz and GHz (АС технологии для сенсорных систем, МГц и ГГц частоты)							
4.1	Skin-effect, the dependence of the skin depth on the magnetic properties; High frequency impedance and its dependence on the magnetic properties (скин-эффект, зависимость глубины скин-слоя от магнитных свойств; Высокочастотный импеданс и его зависимость от магнитных свойств) /Лек/	3	3	УК-1-31 УК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3	Платформа LMS Canvas	КМ1	

4.2	Magnetic sensors based on diagonal and off-diagonal MI effects, technology and materials; Applications of MI sensors for extremely low magnetic field detection; Applications of MI sensors in smart composites for structural health monitoring (Магнитные датчики, основанные на диагональном и недиагональном эффектах магнитного импеданса (МИ), технология изготовления и материалы; Применение датчиков магнитного импеданса для обнаружения слабых магнитных полей; Применение датчиков магнитного импеданса в интеллектуальных композитах для мониторинга состояния конструкций) /Пр/	3	8	УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1	Платформа LMS Canvas		Р3
4.3	Preparation for practical work, completing homework, preparation for CW (Подготовка к практической работе, выполнение домашних заданий, подготовка курсовой работы) /Ср/	3	14	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-У3 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2			
	Раздел 5. Optical sensors based on surface plasmon resonance (Оптические сенсорные системы, плазмонный резонанс)							
5.1	Mechanism of SPR, materials and technology (Механизм поверхностного плазмонного резонанса, материалы и технологии) /Лек/	3	3	УК-1-31 УК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-4-31	Л1.1Л2.1	Платформа LMS Canvas	КМ1	
5.2	Optimization of SPR multilayer structures; Application of SPR in biosensors (Оптимизация поверхностного плазмонного резонанса многослойных структур; Применение поверхностного плазмонного резонанса в биосенсорах) /Пр/	3	6	УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-4-У1	Л2.1Л3.1 Э1	Платформа LMS Canvas		Р2

5.3	Preparation for practical work, completing homework (Подготовка к практической работе, выполнение домашних заданий) /Ср/	3	14	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-У3 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1Л2.1			
-----	--	---	----	--	----------	--	--	--

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	УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-4-В1;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-У3;УК-2-В1;УК-2-В2;УК-2-В3;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<p>1. Число 41 в двоичной системе имеет вид: А) 101001 В) 100101 С) 100111 D) 110001</p> <p>2. Двоичное число 11000101 записывается в десятичной системе как : А) 107 В) 179 С) 197 D) 213</p> <p>3. Гексагональным представлением двоичного числа 11010101 является: А) 6D В) 6E С) C5 D) D5</p> <p>4. Килобайт равняется: А) 2 8 bytes В) 1,000,000 bytes С) 1024 bytes D) 1000 bytes</p> <p>5. Размер регистра в компьютере - А) Всегда 8 bits В) Всегда 16 bits С) Всегда 32 bits D) Зависит от типа компьютера</p> <p>6. Размер файла для цветной фотографии 1024 x 2048 пикселей x 24 bit colour- А) 300 KBytes В) 900 KBytes С) 2.3 MBytes D) 6 Mbytes</p>

7. Сколько битов требуется для записи адресов для 256 KByte памяти?
- A) 8
 - B) 12
 - C) 16
 - D) 18
8. Какой из следующих типов памяти является энергозависимым?
- A) RAM
 - B) ROM
 - C) Magnetic disk
 - D) Optical disk
9. Какой из следующих типов памяти является самым быстрым?
- A) Magnetic Disk
 - B) ROM
 - C) Dynamic RAM
 - D) Static Ram
10. Какой тип памяти используется в кэш ?
- A) Dynamic RAM
 - B) Static RAM
 - C) Flash
 - D) EPROM
11. Какое положение относительно динамической RAM (DRAM) является неправильным?
- A) Для сохранения информации достаточно поддерживать питание.
 - B) Один бит такой памяти использует один транзистор и один конденсатор.
 - C) Этот тип памяти используется в синхронизированной DRAM (SDRAM).
 - D) Один бит такой памяти является наиболее миниатюрным, то есть такая память обладает высокой плотностью информации.
12. Какое положение относительно перпендикулярной магнитной записи (PMR) является неправильным?
- A) PMR имеет высокую тепловую стабильность из-за большого объема бита.
 - B) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют осуществить быстрый доступ к информации.
 - C) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют достичь большей плотности записи
 - D) Дальнейшее развитие PMR требует использование многопленочной технологии, что позволяет уменьшить разброс осей анизотропии.
13. Какие две технологии позволяют осуществить перезаписывающие оптические диски?
- A) Формирование на поверхности канавок и выступов.
 - B) Химическое изменение состояния покрытия.
 - C) Фазовые переходы между упорядоченными и неупорядоченными состояниями.

D) Магнитооптические среды.

14. Определите преимущество магнитооптической записи по сравнению с оптическим методом, использующим изменение фазы состояния (кристаллическая и аморфная).

- A) Большая плотность записи
- B) Меньший размер бита
- C) Более сильный считываемый сигнал
- D) Более высокая скорость считывания

15. С помощью какого процесса логический дизайн процессора переносится на чип?

- A) Испарительные технологии
- B) Фотолитография
- C) Маскировочные технологии
- D) Распылительные технологии

16. Предполагается, что один бит твердотельной памяти будет иметь размер порядка 10 нм. Какая максимальная плотность записи в Tera-bytes/inch² возможна в этом случае? (inch=2.5 cm, для простоты: 1 TB=10

- A) 625
- B) 0.8
- C) 6.25
- D) 80

17. Что не является типом ROM?

- A) EEPROM
- B) DRAM
- C) FLASH
- D) EPROM

Часть 2

2.1

С помощью диаграмм объясните расположение битов информации, а также принцип записи и чтения для магнитного жесткого диска

2.2.

С помощью диаграмм объясните расположение битов информации, а также принцип записи и чтения для оптического диска

2.3

Объем информации на DVD значительно превышает возможности CD.

Проведите сравнительный анализ технологий DVD и CD, объясняющий дополнительные возможности DVD.

2.4.

Эффект магнитосопротивления и его применение для считывающих головок и для сенсоров.

2.5.

Объясните принцип измерения механического напряжения с помощью эффекта магнитосопротивления

2.6.

			Проведите сравнительный анализ технологий и использования статической RAM (SRAM) и динамической RAM (DRAM).
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	курсовая работа	УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Защита графически расчётной работы
P2	лабораторная работа 1	УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-1-В1	Эллипсометрические методы измерения параметров наноразмерных структур
P3	лабораторная работа 2	УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У2;ПК-1-В1	Измерение параметров магнито индуктивного сенсора на основе магнитного микропровода
P4	реферат	УК-1-32;ПК-1-31;ПК-4-31	по тематике прослушанных лекций
P5	ПР1	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-У3;УК-2-В1;УК-2-В2;УК-2-В3;УК-1-В1;ПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Estimation of basic sensing parameters such as sensitivity, drift, offset, full scale;Errors of the experimental measurements; Noise: electronics, environmental, internal; Basic laws of electromagnetism (Определение основных параметров измерения, таких как чувствительность, дрейф, смещение, предел измерений; Ошибки экспериментальных измерений; Шум: электроника, окружающая среда, внутренние Основные законы электромагнетизма)
5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)			
Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Задачи являются типовыми и подобные обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины. Экзамен сдается устно. Для допуска к экзамену необходимо выполнение курсовой работы и трех зачетных домашних работ.			
5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)			
Для оценивания уровня освоения материала по дисциплине используется следующая шкала оценок:			
«отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала;			
«хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;			
«удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;			
«неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.			
Также учитывается работа в семестре Посещаемость занятий (Class participation) - 5 % Домашнее задание (Homework assignments) - 15% Курсовая (итоговая) работа (CW) - 20% Экзамен (Final exam) - 60%			

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Войтович И. Д., Корсунский В. М.	Интеллектуальные сенсоры: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) Бином. Лаборатория знаний, 2009
Л1.2	Шостак А. С.	Электродинамика сплошных сред: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2012
Л1.3	Боков Л. А., Замотринский В. А., Мандель А. Е.	Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2013
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П., Солнцев Ю. П.	Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Химиздат, 2020
Л2.2	Дзидзигури Э. Л., Сидорова Е. Н.	Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии (N 3511): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Маренкин С. Ф., Подгорная С. В.	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Открытый доступ		http://www.intechopen.com/books/recent-application-in-biometrics/electromagnetic-sensor-technology-for-biomedical-applications	
Э2	Открытый доступ		http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123694072	
6.3 Перечень программного обеспечения				
П.1	Microsoft Visual Studio 2015			
П.2	Microsoft Office			
П.3	LMS Canvas			
П.4	MS Teams			
П.5	Python			
П.6	ОС Linux (Ubuntu) / Windows			
П.7	Adobe Connect			
П.8	MATLAB			
П.9	MATCAD			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
И.1	Научные журналы и статьи			
И.2	http://elibrary.ru/			
И.3	https://link.springer.com/			
И.4	Web of Science https://apps.webofknowledge.com			
И.5	Scopus https://www.scopus.com/			
И.6	Elsevier https://www.sciencedirect.com/			

И.7	Электронный курс на платформе LMS CANVAS
-----	--

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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
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 №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Практические занятия проводятся с использованием 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. Также дополнительно рекомендуется ознакомиться со следующими литературными источниками: 1) John G. Webster, Halit Eren, Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, Second Edition: Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement, CRC Press, 2014; 2) • P. Piprek, Optoelectronic Devices: Advanced simulation and analysis. Springer 2005

Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/>. 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.