

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:24

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)

Материаловедение ферритов и родственных МАГНИТНЫХ СИСТЕМ

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 58

часов на контроль 54

Формы контроля в семестрах:

экзамен 7

курсовая работа 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	17	34	17
Итого ауд.	68	51	68	51
Контактная работа	68	51	68	51
Сам. работа	58	84	58	84
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	180	189	180	189

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Морченко Александр Тимофеевич

Рабочая программа

Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 28.06.2022 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	- изучить современное состояние исследований и разработок в области физики, материаловедения и технологии функциональных магнитных материалов, в частности, ферритов и родственных им веществ, уже нашедших свое место и обладающих дальнейшими перспективами применения в радиотехнике, микро- и нанoeлектронике, микросистемной технике и электротехнике;
1.2	
1.3	- продемонстрировать возможность использования явлений и процессов, имеющих место в магнитоупорядоченных веществах со сложной структурой с учетом размерного фактора, в современных устройствах магнитоэлектроники, спинтроники, микро- и наносистемах;
1.4	
1.5	- сформировать у выпускников способность к научно-исследовательской деятельности при выполнении междисциплинарных проектов в указанной сфере, в частности, связанных с управлением составом, структурой и характеристиками материалов, которые объединяют в себе свойства, относящиеся к различным классам явлений, или состоят из составных веществ различной природы;
1.6	
1.7	- приобрести опыт аналитического мышления при решении материаловедческих задач, связанных с учетом кристаллохимического строения, магнитных свойств и физических процессов, имеющих место в магнитных материалах, которые представляют собой сложные оксиды, используемые в виде объемных моно- и поликристаллических тел (изделий), тонких пленок, гетероэпитаксиальных структур, сверхрешеток, а также входят в состав композиционных материалов и сред, в частности, нанокмпозитов, магнитных жидкостей и гелей.
1.8	
1.9	Освоение дисциплины поможет выпускникам найти достойное место на рынке труда в сфере современных высоких технологий

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.2	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.6	Технология материалов электронной техники	
2.1.7	Физика диэлектриков	
2.1.8	Физика конденсированного состояния	
2.1.9	Физика магнитных явлений	
2.1.10	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.11	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.12	Статистическая физика	
2.1.13	Физические свойства кристаллов	
2.1.14	Электроника	
2.1.15	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.16	Методы математической физики	
2.1.17	Практическая кристаллография	
2.1.18	Физика	
2.1.19	Физическая химия	
2.1.20	Электротехника	
2.1.21	Математика	
2.1.22	Органическая химия	
2.1.23	Химия	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.2	Квантоворазмерные структуры в нанoeлектронике	
2.2.3	Магнитные измерения	

2.2.4	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики
2.2.5	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники
2.2.6	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.7	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики
2.2.8	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники
2.2.9	Основы технологии электронной компонентной базы
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.13	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.14	Приборы квантовой и оптической электроники
2.2.15	Процессы вакуумной и плазменной электроники
2.2.16	Светоизлучающие полупроводниковые приборы
2.2.17	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики
2.2.18	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом
2.2.19	Элементы и устройства магнитоэлектроники

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Знать:

ОПК-2-31 Основные приемы обработки и представления экспериментальных и/или литературных данных

Уметь:

ОПК-2-У1 Планировать и проводить самостоятельные экспериментальные исследования

Владеть:

ОПК-2-В1 Владеть навыками моделирования и анализа экспериментальных результатов в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

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. Основные типы магнитных оксидных систем. Твердые растворы ферритов и формирование их основных свойств.							
1.1	Основные типы структур магнитных оксидных систем. Физика и кристаллохимия ферритов, их основные свойства /Лек/	7	9	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.2 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

1.2	Твердые растворы ферритов и формирование их основных свойств /Пр/	7	10		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.3 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре.		
1.3	Изучение литературы. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Расчет структурных и магнитных характеристик замещенных ферритов /Ср/	7	30		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3Л3.3 Э2	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре. Дополнительные и раздаточные материалы приведены в приложениях		
1.4	Управление намагниченностью ферритов за счет диамагнитных замещений в их структуре /Лаб/	7	8		Л1.2 Л3.3Л2.6Л3.2 Э1	Ряд занятий проводится в аудитории, оборудованной ТСО. Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре		
	Раздел 2. Виды ферритовых материалов и области их применения							
2.1	Магнитная анизотропия и магнитострикция. Моно- и поликристаллические ферриты. Доменная структура в ферритовых пленках. СВЧ-приборы, датчики, доменные логические и запоминающие устройства. /Лек/	7	5		Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.2 Л3.3 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

2.2	Магнитная структура и процессы перемагничивания магнитных пленок /Пр/	7	5		Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 2 Л3.3 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.3	Доменная структура в пленках ферритов /Лаб/	7	7		Л1.2Л2.3Л3. 2 Э1	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре		
2.4	Изучение литературы. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Определение преимущественной ориентации магнитного момента в ферритах с учетом их формы и типа магнитной структуры /Ср/	7	17		Л2.5Л3.2 Л3.3 Э2	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре		
2.5	Выполнение Курсовой работы /Ср/	7	25		Л1.3Л2.5Л3. 2 Э1	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре Дополнительные и раздаточные материалы приведены в приложениях		P1
	Раздел 3. Высокочастотные и мультиферроидные свойства ферритов и родственных им систем							
3.1	Высокочастотные свойства ферритов. Композиционные ферритовые материалы и ультрадисперсные системы. Мультиферроидные свойства ферритов /Лек/	7	3		Л1.1 Л1.2Л2.5Л3. 3 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.2	Магнитоэлектрические свойства ферритов и родственных магнитных систем. /Пр/	7	2		Л1.3Л2.1Л3. 2 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

3.3	Высокочастотные свойства ферритов и композиционных материалов на их основе /Лаб/	7	2		Л1.3Л2.1 Л2.3Л2.6 Э2	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре		
3.4	Изучение литературы. Подготовка к практическим занятиям и защите лабораторных работ. /Ср/	7	12		Л1.3Л2.4Л3. 2 Э1	Методические указания по решению задач и выполнению работ на электронном и бумажном носителе находятся на кафедре		

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-2-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитоупорядоченное состояние вещества. Место ферромагнетиков в классификации магнетиков 2. Кристаллохимия ферритов. 3. Особенности катионного распределения в шпинелях 4. Ферриты как фазы переменного состава. Твердые растворы 5. Типы структур ферритов 6. Особенности обменного взаимодействия в ферритах 7. Формирование намагниченности в ферритах 8. Методы управления свойствами ферритов. Диамагнитные замещения в их структуре 9. Магнитокристаллическая анизотропия в ферритах 10. Наведенная магнитная анизотропия в ферритах 11. Влияние катионных замещений на характеристики феррит-гранатовых пленок 12. Зависимость точки Кюри от химического состава ферритов 13. Термостабильность свойств ферритов-гранатов и методы управления ею 14. Температура компенсации 15. Влияние химического состава на намагниченность насыщения и параметры ростовой анизотропии феррит-гранатовых пленок 16. Основные принципы управления свойствами ферритов 17. Катионное распределение и валентное состояние ионов в ферритах различного типа. Ферриты как фазы переменного состава 18. Ферриты как подкласс ферромагнетиков 19. Структурные типы и кристаллохимическая формула ферритов 20. Эффекты гигантского магнитосопротивления и гигантского магнитоимпедансного эффекта (ГМИ). 21. Магнитострикция и особенности магнитной анизотропии в микропроводах 22. Композиционные магнитные материалы. Радиопоглощение и радиоотражение 23. Композиционные магнитные материалы. Магнитоэлектрический эффект
-----	---------	----------------------------	--

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	ОПК-2-31;ОПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация состава и свойств эпитаксиальной структуры на основе ферритов-гранатов $Y_3-z-wRzRwFe_5-x-yGa_xAl_yO_{12}/Gd_3Ga_5O_{12}$ 2. Разработка ферритового материала со структурой шпинели

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

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и двух задач. В билете приводятся типовые задачи, которые решались на практических занятиях в течение семестра. Билеты хранятся на кафедре.

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

Критерии оценки:

«отлично» - обучающийся 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, знает дополнительно рекомендованную литературу.

«хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и решении задач, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

«удовлетворительно» - обучающийся 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» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В.	Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л1.2	Летюк Л. М., Морченко А. Т., Захаров Н. А.	Материаловедение ферритов. Разделы: Процессы выращивания эпитаксиальных ферритовых пленок. Подложечные материалы, их особенности и области применения: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л1.3	Летюк Л. М., Приходько Э. В., Шипко М. Н.	Материаловедение ферритов. Разд.: Химическая связь в окислах и родственных им соединениях. Валентное состояние ионов и их распределение в ферритах: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Смит Я., Вейн Х., Елкина Т. А., Залесский В. А., Стеценко П. Н., Ирхин Ю. П., Старцева И. Е.	Ферриты: монография	Электронная библиотека	Москва: Изд-во иностр. лит., 1962
Л2.2	Войтович И. Д., Корсунский В. М.	Нанoeлектронная элементная база информатики на основе полупроводников и ферромагнетиков	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016
Л2.3	Крупичка С.	Физика ферритов и родственных им магнитных окислов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976
Л2.4	Крупичка С.	Физика ферритов и родственных им магнитных окислов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976
Л2.5	Летюк Л. М., Балбашов А. М., Крутогин Д. Г., др., Летюк Л. М.	Технология производства материалов магнитоэлектроники: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Туров Е. А.	Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов: феноменологическая теория спиновых волн в ферромагнетиках, антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках	Электронная библиотека	Москва: Академия наук СССР, 1963
Л3.2	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.3	Канева И. И., Крутогин Д. Г., Андреев В. Г., Летюк Л. М., Летюк Л. М.	Ферритовые материалы и компоненты магнитоэлектроники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	elsevier	https://www.elsevier.com/
Э2	E library	https://www.elibrary.ru/defaultx.asp

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas
П.5	MS Teams
П.6	MATCAD

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (http://biblioclub.ru/)
И.2	Электронно-библиотечная система Издательства Лань (https://e.lanbook.com/)
И.3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru/)
И.4	Scopus (www.scopus.com)

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.
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
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 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

Формами работы при изучении курса являются лекции, практические и лабораторные занятия. Чтение лекций проводится как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций и смешанных форматов подачи лекционного материала. Презентация позволяет иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в литературе, но и демонстрациями работы программ расчета параметров магнитоупорядоченных материалов. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю. В случае проведения мероприятий в онлайн формате или в форме совместного обучения студентов, как присутствующих в аудитории, так и обучающихся дистанционно, имеется возможность последующего скачивания видеозаписи занятий.

Дисциплина относится к точным наукам и ее качественное освоение возможно только при систематическом и своевременном выполнении значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на

самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей и рубежной аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации, которые могут проводиться как в очной, так и в заочной форме, в т.ч. с использованием интернет-технологий: e-mail, Skype, MS Teams (в форме видеоконференций), организации рабочей группы в социальной сети и других форм взаимодействия (телефон, Viber, WhatsApp, etc.).

Практические и/или лабораторные занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением. Электронные презентации, опорные конспекты теоретических основ дисциплины и прочие раздаточные материалы заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Для обработки данных, предложенных в условиях задач, и экспериментальных данных о характеристиках магнитных материалов и визуализации результатов расчетов используются электронные таблицы и иные программные продукты. Перед проведением практических и лабораторных работ обучающимся необходимо изучить материалы лекций по тематике предстоящего занятия, а также самостоятельно просмотреть на уровне понимания дополнительные источники, предложенные преподавателем, или по выбору студента. В частности, для углубленного освоения отдельных вопросов по всем разделам программы настоятельно рекомендуется воспользоваться следующими учебниками, написанными сотрудниками кафедры Технологии материалов электроники: Физика магнитных явлений в твердых телах // Л.М. Летюк, М.Н. Шипко, А.Т. Морченко и др. (шифр П-6 Ф-503): Т.1, 1995; Т.2, 1996.

При освоении курса обязательно выполнение групповых и индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы. Выполнение большинства общих и индивидуальных домашних заданий проводится с широким использованием компьютерных программ, как для выполнения, так и для оформления работы. Расчетно-графические работы осуществляются с помощью пакетов прикладных программ, электронных таблиц, компьютерных программ имитационного моделирования и т.п. средств.

Образовательная деятельность по дисциплине реализуется в том числе 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.