Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 27.06.2025 13:43:36
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А. Г. Балашов
«04» декабря 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Анализ электромагнитных процессов в структурах микро и наноэлектроники в системе проектирования ADS»

Направление подготовки - 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль) — «Элементная база наноэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

2024 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 3 «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

Трудовые функции: D/01.7 «Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-3.АЭП «Способен давать рекомендации по конструкции СВЧ устройств наноэлектроники»	- разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере; - разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;	**Знания**: – Математических и физических моделей, лежащих в основе моделирующего пакета ADS; – – Базовых уравнений электродинамики; уравнений Максвелла, телеграфных уравнений; – Способов описания характеристик СВЧ приборов электроники и наноэлектроники; S - параметров, диаграмм Вольперта - Смита; **Умения**: – Создания СВЧ фильтров с требуемыми характеристиками в пакете ADS; – **Опыт деятельности**: – Опыт оптимизации парамет-

		ров полосковых СВЧ структур в пакете ADS;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Математический анализ; Численные методы, Программирование, Физика. Электричество и магнетизм; Физические основы электроники, Физика конденсированного состояния, Электротехника, Электроника, Методы математического моделирования.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	**Семестр**	**Общая трудоёмкость (ЗЕ)**	**Общая трудоёмкость (часы)**	**Контактная работа**			**Самостоятельная работа (часы)**	**Промежуточная аттестация**
				Лекции (часы)	**Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)**	**Практические занятия (часы)**		
2	3	3	108	-	32	16	60	За

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	**Контактная работа**			**Самостоятельная работа**	**Формы текущего контроля**
	Лекции (часы)	**Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)**	**Практические занятия (часы)**		
1. Особенности работы в моделирующих пакетах ADS	-	8	4	16	Контроль выполнения индивидуальных практических заданий к лабораторным работам 1-2.
2. Основные физические и математические модели пакетов ADS	-	12	8	22	Контроль выполнения индивидуальных практических заданий к лабораторным работам 3-5

3. Моделирование с учетом особенностей физических свойств микро и наноструктур	-	12	4	22	Контроль выполнения индивидуальных практических заданий к лабораторным работам 6-8.

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Введение в язык моделирования ADS, создание, открытие и сохранение проектов в ADS, знакомство с панелью инструментов главного меню ADS, интерфейс программы ADS.
	2	2	Работа со схемами в ADS, дерево элементов, которое обеспечивает доступ к полной базе данных элементов.
2	3-4	4	Математические и физические модели лежащие в основе моделирующего пакета ADS.
	5-6	4	Две методики выполнения электромагнитного моделирования. Momentum (метод Моментов) и FEM (Метод конечных элементов).
3	7	2	Momentum (метод Моментов) – методика 2.5D планарного электромагнитного (EM) моделирования, которая используется для анализа пассивных схем.
	8	2	FEM - полнофункциональное решение для электромагнитного моделирования пассивных трёхмерных структур произвольной формы.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Знакомство с интерфейсом и введение в язык моделирования ADS, Окно Schematic и библиотека элементов схемотехнического моделирования.
	2	4	Моделирование амплитудного модулятора. Оптимальный выбор параметров схемы детектирования низкочастотных сигналов.

2	3	4	Знакомство с блоком Momentum в программе моделирования ADS. Моделирование микрополоскового фильтра
	4	4	Знакомство с блоком FEM и сравнение с работой блока Momentum в программе моделирования ADS
	5	4	Процесс создания положки Substrate для моделируемого устройства. Определение портов устройства и создание сетки моделирования. Графики S – параметров и трехмерная визуализация токов, текущих в структуре.
3	6	4	Сравнение результатов схемотехнического моделирования усилителя с результатами электромагнитного моделирования в блоке Momentum.
	7	4	Сравнение результатов электромагнитного моделирования усилителя в блоке FEM с результатами электромагнитного моделирования в блоке Momentum
	8	4	Влияние корпуса устройства на результаты электромагнитного моделирования усилителей на базе HEMT транзисторов GaAs и GaN.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Работа с учебно-методическими рекомендациями для практических занятий.
	14	Индивидуальное практическое задание к лабораторным работам 1-2: выбор подходящей методики решения поставленной задачи моделирования, написание и отладка программного кода в пакете ADS для лабораторных работ 1-2. Обработка результатов моделирования лабораторных работ 1-2.
2	2	Работа с учебно-методическими рекомендациями для практических занятий.
	20	Индивидуальное практическое задание к лабораторным работам 3-5: выбор подходящей методики решения поставленной задачи моделирования, написание и отладка программного кода в пакете ADS для лабораторных работ 3-5. Обработка результатов моделирования лабораторных работ № 3-5.
3	2	Работа с учебно-методическими рекомендациями для практических занятий.
	20	Индивидуальное практическое задание к лабораторным работам 6-8: выбор подходящей методики решения поставленной задачи моделирования, написание и отладка программного кода в пакете ADS для лабораторных работ 6-8. Обработка результатов моделирования лабораторных работ № 6-8.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрено

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/):

Модуль 1

1. Методические указания для проведения семинарских занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.
4. Описания лабораторных работ.
5. Список контрольных вопросов для лабораторных работ.

Модуль 2

1. Методические указания для проведения семинарских занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.
4. Описания лабораторных работ.
5. Список контрольных вопросов для лабораторных работ.

Модуль 3

1. Методические указания для проведения семинарских занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.
4. Описания лабораторных работ.
5. Список контрольных вопросов для лабораторных работ.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Попков А.Ф. Физические основы магнетизма и спинового транспорта в устройствах магнитной электроники: Учеб. пособие / А. Ф. Попков, М. Н. Журавлев ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2014. - 260 с.
2. Горбацевич А.А. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Физика конденсированного состояния" / А. А. Горбацевич ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 32 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: Учебник / К. В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 400 с.
4. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : Учеб. пособие / В. И. Старосельский ; [Под ред. Ю.А. Парменова]. - М. : Юрайт : Высшее образование, 2009. - 463 с.
5. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники : Учеб. пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига : Логос, 2006. - 496 с.
6. Аплеснин С.С. Основы спинтроники: Учеб. пособие / С. С. Аплеснин. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2010. - 288 с.

7. Шишкин Г.Г. Наноэлектроника. Элементы. Приборы. Устройства : Учеб. пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 408 с. - (Нанотехнологии). - Доступ к электронной версии книги открыт на сайте http://e.lanbook.com/.
8. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : Учеб. пособие / Г. И. Зебрев. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 240 с. - (Нанотехнологии). - Доступ к электронной версии книги открыт на сайте http://e.lanbook.com/.

Периодические издания:

1. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . – URL: http://journals.ioffe.ru/ftp/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.
2. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК : Научный журнал / Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Редакция журнала УФН. - М. : РАН, 1918 - . - URL:http://ufn.ru/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
3. ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ : Научный журнал / РАН, Ин-т физических проблем им. П.Л. Капицы. - М. : РАН, Наука, 1873 - . – URL:http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
4. ПИСЬМА В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ = JETP Letters / Российская академия наук, Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1965 - . – URL: http://www.jetpletters.ac.ru/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
5. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. – URL: http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: по подписке МИЭТ.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. NSM Archive. Characteristics and Properties = Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства: Электронный архив / webmaster Алексей Толмачев // ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН : [сайт]. – Москва, 1998-2001. -
URL: http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html (дата обращения: 27.11.2020).

2. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php (дата обращения: 27.11.2020)

3. MATLAB : [раздел сайта] // MathWorks : [сайт]. - 1994-2020. -
URL: https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html (дата обращения: 27.11.2020)

4. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/ (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

5. APS Physics: [сайт] / American Physical Society Sites. - URL: https://www.aps.org/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС http://orioks.miet.ru.

Применяется образовательная технология «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен самостоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с помощью дискуссий и решения практических задач. Работа поводится по следующей схеме: СРС (онлайновая предаудиторная работа с использованием внутреннего ресурса в ОРИОКС) - аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, решение практических задач с опорой на результаты самостоятельной работы) - обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, zoom-консультации.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в системе ОРИОКС

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC
Компьютерный класс (ауд. 4212б)	Студенческих ПК 26 шт. Преподавательский ПК с мультимедийным оборудованием Доска классная	Agilent ADS

	Экран Video Spectra 175x234 LCD-ПРОЕКТОР Epson EMP-G5600 ПК: Intel Core i5-3570K/8 Cb/250 Gb, Монитор-LCD Iiyama 19	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-3.ADS «Способен давать рекомендации по конструкции СВЧ устройств наноэлектроники».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение семинаров и лабораторных работ обязательно. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся преподавателем по расписанию, заранее согласованному со студентами.

Цель семинаров – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Тема консультации, как правило, повторяет тему семинара, который проводился на неделе, предшествующей консультации. На консультациях обсуждаются задачи повышенного уровня сложности, теоретический материал по теме. Безусловно, во время консультаций можно получить помощь и по всем вопросам базового уровня.

На семинарах, проводимых в диалоговом режиме, студенты получают специальные знания для закрепления предмета посредством разбора и решения модельных задач. Каждая задача представляет собой миниатюрную исследовательскую проблему, а процесс её решения моделирует научно-исследовательскую работу. Как показывает практика, наибольшую трудность при решении представляет формализация условия, т. е. перевод информации с русского языка на язык математических законов, формул и отношений. В

данном случае, для облегчения поиска ответа необходимо научить студентов отбрасывать несущественные детали условия, пользоваться упрощенными моделями и схемами, опираться на известные физические законы.

Лабораторные работы состоят в компьютерном моделировании квантовых систем в пакете ADS. В процессе выполнения индивидуального практического задания к лабораторной работе (в рамках СРС) каждый студент пишет и отлаживает программный код или модифицирует уже имеющийся код с целью получить рабочую программу для моделирования. Используя отлаженный программный код, каждый студент моделирует прибор или устройство в среде ADS в соответствии с вариантом задания, который определяется по порядковому номеру студента в группе. На защите индивидуального практического задания к лабораторной работе студенты предъявляют преподавателю результаты моделирования и отвечают на теоретические вопросы. С учётом качества ответов на теоретические вопросы, а также результатов, которые студент получил после математического моделирования, выставляется оценка за лабораторную работу.

Обязательным условием получения зачёта является защита всех лабораторных работ.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (суммарно 100 баллов). Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/ .

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент института ИнЭл, к. ф.-м. н. _____ /Корнеев В. И. /

Ст. преподаватель института ИнЭл _____ /Широков А. Е./

Рабочая программа дисциплины «Анализ электромагнитных процессов в структурах микро и наноэлектроники в системе проектирования ADS» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Квантовые приборы и наноэлектроника» разработана в институте ИнЭл и утверждена на заседании ученого совета института ИнЭл 03 декабря 2024 года, протокол № 6

Директор института ИнЭл _____/В. В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/ Т.П.Филиппова /