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 2024г.
М. П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Научно-исследовательский семинар «Нанотехнологии в электронике»

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- 1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.037 Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники

Обобщенная трудовая функция: Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов.

Трудовые функции: Е/02.7 «Разработка технического задания на выбор полупроводниковых структур и вспомогательных материалов для реализации приборов с заданными параметрами»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.НТЭ «Способен аргументированно выбирать теоретические и экспериментальные методы решения задач наноэлектроники»	- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; - разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; - подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представле-	***Знания***: – основных особенностей изменения физико-химических и электрофизических свойств материалов при переходе к наноразмерным структурам; ***Умения***: – делать качественные оценки вклада различных механизмов, сил и физических эффектов в исследуемых технологических процессах с применением приемов нанотехнологии при формировании наноструктур, а также количе-

	ние докладов на научные конференции и семинары;	ственные оценки размеров структур и систем, типа и степени модификации наноструктур в задачах электроники в зависимости от технологических параметров проведения процессов формирования и измерения; ***Опыт деятельности:*** – опыт анализа влияния технологических параметров на свойства формируемых наноструктур;

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.НТЭ «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники, участвовать в публичных дискуссиях по наноэлектронике»	- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; - разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характери-	***Знания***: – методов формирования, модификации и исследования наноструктур; – ***Умения***: – делать научно-обоснованные выводы по результатам экспериментальных исследований в

	стик изделий электронной техники, анализ их результатов; - подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;	области наноэлектроники, вести научную дискуссию по тематике исследований; ***Опыт деятельности:*** – опыт выступления на тему особенностей использования различных средств формирования, измерения и исследования параметров наноструктур;

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: Квантовая механика, Физические основы электроники, Физика конденсированного состояния, Методы зондовой микроскопии, Сканирующая зондовая микроскопия, Материалы электронной техники, Твердотельная электроника, Наноэлектроника.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	-	-	32	76	За
2	3	3	108	-	-	32	40	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Физико-химические эффекты и методики модификации поверхности в зондовой нанотехнологии	-	-	32	76	Опрос №1 Контроль выполнения индивидуального практического задания
2. Методы создания элементов наноэлектроники и изучение их свойств, углеродная наноэлектроника.	-	-	32	40	Опрос №2 Контроль выполнения индивидуального практического задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1-3	6	Необходимые знания из квантовой механики, статистической физики, механики сплошных сред, физики твердого тела.
	4-7	8	Пути развития технологий в электронике.
	8-12	10	Зондовые нанотехнологии, перспективы развития зондовых нанотехнологий.
	13-16	8	Углеродная наноэлектроника.
2	1-3	6	Методы формирования наноструктур: гетерогенные процессы, пучковые методы нанолитографии, наноимпринт-

			литография.
	4-6	6	**Демонстрационная работа на нанотехнологическом комплексе «Нанофаб».** Формирование полосковых устройств ионным пучком.
	7-11	10	Методы зондовой нанотехнологии.
	12-13	4	**Демонстрационная работа на профессиональном сканирующем зондовом микроскопе Solver Pro**. Локальное зондовое окисление, формирование наноструктур.
	14-16	6	Методы диагностики и анализа наносистем.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	21	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) по выбору на темы: Ван-дер-Ваальсово взаимодействие, теория квантовых переходов, все квазиклассические и квантовые распределения, кинетические уравнения для газов, электронов в металлах.
	21	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) по выбору на темы: уравнения переноса для газов и паров, уравнения диффузии, уравнения упругости, теплоемкость и теплопроводность твердых тел, электропроводность металлов и полупроводников.
	16	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) на тему: эмиссия ионов в сильных электрических полях.
	16	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) по выбору на темы: закон действующих масс для плазмохимических реакций, процессы упругого и неупругого рассеяния в газовых средах.
	2	Подготовка к опросу №1.
2	11	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) по выбору на темы: электродинамика переменных полей в слоистых структурах, процессы диффузии газов в металлических и полупроводниковых пленках, электрофизические свойства жидких диэлектриков, ос-

		новы теплопередачи в квазиодномерных каналах.
	8	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) на тему: физика работы полевых транзисторов.
	8	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) по выбору на темы: основы работы атомно-силовых микроскопов из курса «Сканирующая зондовая микроскопия», туннельный эффект.
	8	Выполнение индивидуального практического задания (написание реферата с использованием профессиональных баз данных научных статей) на тему: эмиссия ионов в сильных электрических полях.
	5	Подготовка к опросу №2.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

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 практических занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Список вопросов к опросу №1.
4. Список учебной литературы.

Модуль 2

5. Методические указания для проведения практических занятий.
6. Методические указания студентам.
7. Список вопросов к опросу №2.
8. Список учебной литературы.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Неволин В.К. Квантовый транспорт в устройствах электроники / В.К. Неволин. - М. : Техносфера, 2012. - 88 с.
2. Пул Ч. Нанотехнологии : Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэне; Пер. с англ. Под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009. - 336 с.
3. Неволин В.К. Учебное пособие по дисциплине "Зондовые методы создания структур наноэлектроники" / В.К. Неволин; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 196 с.
4. Неволин В.К. Лабораторный практикум по дисциплине "Зондовые методы создания структур наноэлектроники" / В.К. Неволин; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 48 с.

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. 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

4. 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
Лаборатория научно-образовательного центра «Нанотехнологии в электронике» (ауд. 4126)	Нанотехнологический комплекс «Нанофаб». Профессиональный сканирующий зондовый микроскоп Solver Pro.	
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

1. ФОС по подкомпетенции ПК-1.НТЭ «Способен аргументированно выбирать теоретические и экспериментальные методы решения задач наноэлектроники».
2. ФОС по подкомпетенции ПК-3.НТЭ «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники, участвовать в публичных дискуссиях по наноэлектронике».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены 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 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, ведущий семинары, предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Тема консультации, как правило, повторяет тему практического занятия, которое проводилось 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 ее решения моделирует научно-исследовательскую работу.

Общая характеристика семинара-тренинга. Основное содержание обучения на семинаре-тренинге: деятельность учащихся по восприятию, осмыслению, запоминанию, закреплению базовых понятий, фактов, способов действий, самостоятельное применение базовых знаний и умений в стандартных и несколько измененных ситуациях (решение учащимися типовых учебных задач). В процессе решения студенты консультируются с педагогом и друг другом.

Студентам рекомендуется осуществлять поиск в научной периодике дополнительной информации по теме семинара с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем.

Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий (рефератов) проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание написанного реферата, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: во втором семестре выполнение каждого контрольного мероприятия (суммарно 60 баллов) и сдача зачёта (40 баллов), в третьем семестре выполнение каждого контрольного мероприятия (суммарно 60 баллов) и сдача экзамена (40 баллов). Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/ .

РАЗРАБОТЧИКИ:

доцент института ИнЭл, к. ф.-м. н. _____ / А. В. Ромашкин /

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

Рабочая программа дисциплины «Научно-исследовательский семинар «Нанотехнологии в электронике»» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Элементная база наноэлектроники» 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 /