

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2023 15:02:20
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736f0c9e9e3a218c6c2

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

И.Г. Игнатова

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Экспериментальные методы исследования»

Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль) – «Интегральная электроника и наноэлектроника»

2020 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 1 «Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков»

Обобщенная трудовая функция: А «Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки»

Трудовые функции: А/01.6 «Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.ЭМИ «Способен использовать знания по физике при решении практических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат»	<ul style="list-style-type: none"> – анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; – участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; 	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – принципов классификации объектов; – основных постулатов классической и квантовой физики; – метода размерности; <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – умение производить математические вычисления в рамках построенной физической модели полупроводникового прибора, устройства; <p>Опыт деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построения физической модели описанной в задаче ситуации;

Компетенция ПК- 2 «Способен аргументировано выбрать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

Обобщенная трудовая функция А «Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки»

Трудовая функция А/02.6 «Определение основных статических и динамических характеристик стандартных ячеек библиотеки»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ЭМИ «Способен моделировать поведение объектов, создавать измерительную схему с учетом специфики исследуемого объекта; уметь выбирать приборы для измерительной схемы и измерительного стенда»	<ul style="list-style-type: none"> – анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; – участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; – подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах; 	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методов и методик измерений физических величин, постановки эксперимента, выделения главного; <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – умение применять математические модели полупроводниковых изделий для решения практических задач нахождения электрофизических параметров этих изделий; <p>Опыт деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – опыт решения практических задач, требующих знания методик измерений электрофизических параметров полупроводниковых изделий, и умения применять эти методики на практике;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Математика (Математический анализ, Линейная алгебра, Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей, Физика (Электричество и магнетизм), Метрология, стандартизация и технические измерения, Физика конденсированного состояния, Основы технологии электронной компонентной базы, Физические основы электроники, Основы проектирования электронной компонентной базы, Схемотехника, Электродинамика, Твердотельная электроника.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоём- кость (ЗЕ)	Общая трудоём- кость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная ат- тестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	3	108	32	16	-	60	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Экспериментальные ме- тоды исследования	32	-	-	44	Контроль выполне- ния индивидуаль- ного задания
2. Лабораторный практи- кум	-	16	-	16	Контроль, выпол- нение и защита ла- бораторных работ.

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1,2	4	Лекция 1 2. Предмет и задачи Метрологии. Основные понятия теории измерений. Актуальные проблемы современной Метрологии. Физические величины и принципы измерений. Эталоны физических величин и принципы эталонирования. Эталоны: метра, килограмма, секунды, количества вещества, ампера, вольта, канделы, Ома, градуса Кельвина. Реализация эталонов физических величин (классические, квантовые).
	3-5	6	Лекции 3, 4 и 5. Структура измерительных систем. Измерительные системы, принципы измерений. Датчики фи- зических величин. Базовые блоки измерительной системы.

		Операционные усилители и базовые схемы измерений. Спектральные преобразования сигнала: модуляция, детектирование, гетеродинирование.
6-8	6	Лекция 6, 7 и 8. Элементарное исчисление ошибок измерений Метод наименьших квадратов. Основные функции распределения результатов измерений: распределение Гаусса, равномерное распределение, экспоненциальное распределение, арксинусный закон распределения, и др.. Идентификация законов распределения по результатам измерений (критерии согласия Пирсона и Колмогорова).
9-11	6	Лекция 9, 10 и 11. Методы измерений основанные на термостимуляции и термоактивации носителей заряда Методы измерений физических величин: основанные на термоактивированных и термостимулированных процессах (ТСТ, ТРК), метод термоактивированных динамических ВАХ.
12-14	6	Лекции 12, 13 и 14. Методы измерений основанные на малосигнальных и релаксационных процессах Методы измерений физических величин основанные на малосигнальных и релаксационных процессах: C-V и G-V - метрия, метод спектроскопии глубоких уровней (DLTS), метод релаксационной оптоэлектронной спектроскопии глубоких уровней (РОСГУ) и др..
15	2	Лекции 15. Методы диагностики основанные на полевой эмиссии Метод определения диаметра острий, либо работы выхода электрона из острий по вольтамперным характеристикам. Метод Мюллера. Принцип Опенгеймера
16	2	Лекции 16. Методы измерений морфологии, элементного состава и профиля элементного состава материалов Зондовые методы исследований (СЗМ, РЭМ, ПЭМ). Пучковые методы исследований (РМА, РФЭС, Оже-спектроскопия).

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
4	1	4	Определение универсальной постоянной Больцмана посредством

		изучения шумов Джонсона (тепловых шумов).
2	4	Определение массы электрона по ВАХ вакуумного диода.
3	4	Определение постоянной Больцмана на основе изучения вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов.
4	4	Распространение импульсного сигнала в длинных линиях. Определение скорости распространения электромагнитных волн в вакууме.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Работа с конспектом теоретического материала.
	10	Чтение и разбор рекомендованной литературы. Изучение дополнительной тематической литературы и интернет-ресурсов.
	24	Работа над индивидуальным заданием: решение практических задач.
2	12	Вывод формул из описания лабораторной работы, описание установки для исследований и методики проведения измерений, изучение методики проведения эксперимента.
	2	Обработка экспериментальных результатов.
	2	Написание отчёта о проделанных работах. Подготовка к защите лабораторных работ.

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. Теоретический материал по тематике лекций.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.

Модуль 2 «Лабораторный практикум»

1. Описания лабораторных работ
2. Список контрольных вопросов

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Ильичев Э.А. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие. Ч. 2 : Методы измерений. Обработка результатов измерений / Э.А. Ильичев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2018. - 220 с. - Имеется электронная версия издания.
2. Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Измерения теплофизических величин: Учеб. пособие / А.И. Походун, А.В. Шарков. - СПб. : СПбГУ ИТМО, 2006. - 87 с. - URL: http://books.ifmo.ru/book/210/_eksperimentalnye_metody.htm.

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. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. Web of Science [v.5.35]: сайт. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 27.11.2020).

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

5. 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

6. 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>.

В ходе реализации обучения используются технологии смешанного обучения.

Применяется модель смешанного обучения «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 преподавательная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - аудиторная работа (лабораторная работа с представлением и обсуждением выполненной 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 Chrome); Acrobat reader DC

Лаборатория физики конденсированного состояния	Генератор импульсный Agilent 33220A Вольтметр Agilent 34405A Вольтметр Agilent 34411A Источник питания Agilent E3634A Вольтметр Agilent 34411A Цифровой мультиметр Agilent 34405A Источник питания Agilent E3645A Источник питания Agilent 6645A	
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 Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции ПК-1.ЭМИ «Способен использовать знания по физике при решении практических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат».
2. ФОС по подкомпетенции ПК-2.ЭМИ «Способен моделировать поведение объектов, создавать измерительную схему с учетом специфики исследуемого объекта; уметь выбирать приборы для измерительной схемы и измерительного стенда».

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 лекций и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором по договорённости со студентами. Цель лекций – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель, ведущий лекции, предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Тема консультации, как правило, повторяет тему лекции, которая проводилась на неделе, предшествующей консультации.

При выполнении лабораторной работы студент сначала должен пройти допуск, при котором проверяется его готовность к выполнению работы. При этом проверяется наличие конспекта, содержащего краткие теоретические сведения и описание методики прове-

дения эксперимента. Затем студент приступает к выполнению лабораторной работы, в составе рабочей группы проводит исследования под руководством преподавателя в соответствии с изложенной методикой проведения эксперимента.

После проведения экспериментов студенты проводят обработку полученных результатов и их анализ, на основе которого формулируются выводы. Затем осуществляется защита выполненной работы (индивидуально) и проставляется зачет. Защита включает предоставление отчета по работе, оформленного в соответствии с требованиями, изложенными в описании к работе, обоснование полученных результатов и сделанных выводов, а также ответы на контрольные вопросы.

Лабораторные работы проводятся, как правило, в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения исследований и при защите полученных результатов.

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

Преподаватель выдает каждому студенту индивидуальное задание (практические задачи), которое студенты выполняют в рамках СРС в течение семестра. Решенные задачи передаются студентами преподавателю на консультациях и оцениваются баллами. Оценки доводятся до студентов, при этом может быть организована беседа по разбору итогов выполненной работы над индивидуальным заданием и анализу ошибок.

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 60 баллов), сдача дифференцированного зачёта (40 баллов). Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Проф. каф. КФН, д. ф.-м. н.  / Э.А. Ильичев /

Ст. преподаватель  / А. Е. Широков /

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальные методы исследования» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Интегральная электроника и нанoeлектроника» разработана на кафедре квантовой физики и нанoeлектроники (КФН) и утверждена на заседании кафедры 17 декабря 2020 года, протокол № 12

Заведующий кафедрой КФН _____ /А. А. Горбачевич/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ИЭМС

Заведующий кафедрой ИЭМС _____ /Ю. А. Чаплыгин/

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 /