

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:29:39  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f7366

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**  
«Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной на-  
ноэлектроники»

2020 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<p><b>ОПК-1</b> «Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора»</p>	<p><b>ОПК-1</b> «Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора»</p>	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники в России и мире;</li> <li>- основных технологических сложностей перехода к нанометровым топологическим проектным нормам;</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать преимущества и недостатки технологических подходов и операций по изготовлению функциональных элементов микро- и нанoeлектроники;</li> </ul> <p><b>Опыт деятельности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опыт определения путей развития отдельных технологий микро- и нанoeлектроники;</li> </ul>
<p><b>ОПК-3</b> «Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач»</p>	<p><b>ОПК-3.АПСЭиНЭ</b> «Способен приобретать и использовать новую информацию, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач в области нанoeлектроники»</p>	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знания источников информации по актуальным направлениям микро- и нанoeлектроники;</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать доступную научно-техническую информацию по современным технологиям микро- и нанoeлектроники для решения инженерных и производственных задач нанoeлектроники;</li> </ul> <p><b>Опыт деятельности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опыт анализа возможностей современных технологий микро- и нанoeлектроники на основе различных источников научно-технической информации (программы развития, дорожные карты, научные статьи, интернет-</li> </ul>

		публикации);
--	--	--------------

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть 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, Материалы электронной техники, Твердотельная электроника, Схемотехника, 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	16	-	16	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. Современное состояние и материаловедческие проблемы электроники и наноэлектроники.	8	-	8	20	Опрос №1
					Выполнение и контроль индивидуального практического задания
2. Технологические проблемы и приборные направления современной электроники.	8	-	8	20	Опрос №2
					Выполнение и контроль индивидуального практического задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	<b>Программы развития микро и нанoeлектроники.</b> Существующие программы международного сотрудничества и регламентирующие их документы. Государственные программы развития электроники
	2	2	<b>Проблема высококвалифицированных молодых специалистов в российской электронике.</b> Тенденции к объединению усилий по разработке новых технических направлений. Проблемы подготовки высококвалифицированных молодых специалистов.
	3	2	<b>Кремний.</b> Сохранение главенствующего положения кремния, напряженный кремний, использование структур с квантово-размерными элементами (структуры германий-кремний).
	4	2	<b>Современные диэлектрические материалы.</b> Необходимость расширения номенклатуры материалов в связи с развитием многоуровневой твердотельной электроники.
2	5	2	<b>Технологические проблемы современной электроники.</b> Развитие молекулярно-лучевой эпитаксии, ионной имплантации и синтеза, методов микролитографии (включая рентгеновскую, ионную, электронную литографию). Литография с использованием синхротронного излучения. Новые методы концентрации рентгеновского излучения.
	6	2	<b>Возможности контроля структуры и примесного состава материалов современной электроники.</b> Пределы чувствительности существующих методов. Требования по концентрации дефектов и примесных атомов. Возможности получения сверхчистых и структурно совершенных материалов. Использование структурных дефектов в технологии («дефектная инженерия»).
	7-8	4	<b>Современные приборные направления.</b> Полупроводниковые приборы, использующие эффект размерного квантования; инжекционные гетеролазеры; микроволновые и

			оптоэлектронные системы телекоммуникаций.
--	--	--	---

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	International Road Map of Microelectronics (международная программа (магистральный путь) развития микроэлектроники).
	2	2	Дорожная карта развития наноиндустрии Российской Федерации на период до 2025 года.
	3	2	Современные тенденции в технологии новых материалов, использование аморфного, поликристаллического «солнечного» кремния, тенденции и перспективы в создании монокристаллов большого диаметра, применение в электронике органических и неорганических молекулярных материалов
	4	2	Расширение области использования пленок диоксида кремния: использование его, как среды для формирования квантово-размерных структур.
2	5	2	Проблемы создания многослойных структур, роль межфазных границ. Возможности получения многослойных и захороненных слоев с помощью ионного синтеза. Требования к подготовке поверхности пластин при формировании многослойных структур методами MBE и CVD. Пределы применимости методов рентгеновской, электронной и ионной литографии.
	6	2	Возможности получения многослойных и захороненных слоев с помощью ионного синтеза. Сравнительные возможности электрофизических, оптических, радиационных методов контроля примесного состава и структуры исходных материалов.
	7-8	4	Радиационная стойкость. Проблемы создания радиационно-стойких элементов электроники. Проблемы современной электроники больших мощностей; микроволновые технологические и энергетические системы.

#### 4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Работа с конспектом лекций.
	3	Чтение и разбор рекомендованной литературы. Изучение дополнительной тематической литературы и интернет-ресурсов.
	15	Выполнение индивидуальных практических заданий: написание рефератов на тематику лекций модуля 1 с использованием профессиональных баз данных научных статей.
2	2	Работа с конспектом лекций.
	3	Чтение и разбор рекомендованной литературы. Изучение дополнительной тематической литературы и интернет-ресурсов.
	15	Выполнение индивидуальных практических заданий: написание рефератов на тематику лекций модуля 2 с использованием профессиональных баз данных научных статей.

#### 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 вопросов к опросу 1.
4. Список учебной литературы.
5. Дополнительные материалы: презентации, статьи, нормативные документы.

#### Модуль 2

1. Теоретический материал по тематике лекций.
2. Методические указания студентам.
3. Список вопросов к опросу 2.
4. Список учебной литературы.
5. Дополнительные материалы: презентации, статьи, нормативные документы.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература:

1. Герасименко Н.Н. Учебное пособие по дисциплине "Перспективные направления наноэлектроники" / Н.Н. Герасименко, НА. Медетов, Д.И. Смирнов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 112 с. - (Учебно-методический комплекс для магистров. Направление "Наноэлектроника"). - Комплект УМК, МИЭТ. - Электронная коллекция учебно-методического обеспечения МИЭТ.
2. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники : Учеб. пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - 496 с. - (Учебники НГТУ).

### 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/](http://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. MATLAB : [раздел сайта] // MathWorks : [сайт]. - 1994-2020. - URL: <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата обращения: 27.11.2020)
6. 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
7. 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 предаудиторная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - 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 Chrome); Acrobat reader DC

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 ОПК-1 «Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора».
2. ФОС по подкомпетенции ОПК-3.АПСЭиНЭ «Способен приобретать и использовать новую информацию, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач в области нанoeлектроники».

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 семинаров обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором 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. 0,

На консультациях обсуждаются задачи повышенного уровня сложности, теоретический материал по теме. 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-дискуссии. Основное содержание обучения на семинаре-дискуссии: совместное решение учащимися эвристических учебных задач. Задача педагога - обеспечить активное включение студентов в поисковую учебно-познавательную деятельность, организованную на основе внутренней мотивации. Учебная деятельность организуется как деятельность коллективно-распределенная, развернутая в атмосфере коллективного размышления, в ситуации дискуссии и совместных поисков, когда студенты обсуждают различные варианты решения задачи.

Студентам рекомендуется осуществлять поиск в научной периодике дополнительной информации по теме лекции 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, при этом происходит обсуждение доклада в формате научной дискуссии.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (50 баллов) и сдача экзамена (50 баллов). Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий доступны в журнале успеваемости в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>

### РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор каф. КФН, д. ф.-м. н.



/ Н. Н. Герасименко /

Ст. преподаватель



/ А. Е. Широков /

Рабочая программа дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники» разработана на кафедре квантовой физики и наноэлектроники (КФН) и утверждена на заседании кафедры 17 декабря 2020 года, протокол № 12

Заведующий кафедрой КФН  /А. А. Горбацевич/

### 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 /