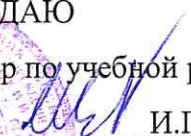


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 04.09.2023 11:05:09
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова
«2» октября 2020 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«Основы технологии создания наноструктурированных материалов для
электронных и оптоэлектронных приборов»**

Направление подготовки – 28.04.03 «Нanomатериалы»

Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов для сенсорики»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

УК	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.ОТСНМдЭОП Способен осуществлять планирование и выполнение всех этапов выполнения практической части курсового проекта	Знание основных типов рисков при реализации исследований или создании тестовых структур Умение выстраивать логику выполнения этапов, обеспечивая эффективность и снижая риски выхода брака Опыт выявления резервов и разработки мер по обеспечению режима ресурсоэффективности подразделения/предприятия
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.ОТСНМдЭОП Способен организовать работу группы при выполнении практического этапа курсового проекта	Знание основ построения эффективной работы малой группы Умение выявлять тематики профессиональной деятельности для реализации оптимального распределения заданий Опыт планирования командной работы, распределения поручений и делегирования полномочий членам команды с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов
ОПК	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-3.ОТСНМдЭОП Способен предусмотреть все технико-экологические аспекты при проведении этапа курсового проекта	Знание основных рисков работы с микро- и наноразмерными объектами, а также при использовании жидкой среды Умение оценивать риски возникновения брака при создании объектов нано- и микроразмерных объектов Опыт анализа и оценки затрат предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков
ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать	ОПК-7.ОТСНМдЭОП Способен разработать технологическую	Знание структуры технологических (операционных) карт, основных разделов

научно-техническую документацию в области получения наноматериалов	документацию для обеспечения внедрения изучаемой технологии в производство	обозначений Умение использовать технологическую документацию и нормативную документацию для разработки описаний и методических рекомендаций Опыт составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями, в том числе с использованием технической и справочной литературы, нормативных документов
--	--	---

Компетенция ПК-2. «Способен обеспечивать функционирование производства изделий сенсорики» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»**

Обобщенная трудовая функция В [7] Менеджмент ресурсов

Трудовая функция

40.005 В/01.7 Рациональное расходование материалов, используемых при проведении операций контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов

40.005 В/02.7 Рациональное расходование основных, вспомогательных и расходных материалов, используемых при их разработке и выборе

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ОТСНМдЭОП Способен рационально использовать материалы при создании тестовых образцов и измерения характеристик создаваемых структур	–Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа –Самостоятельное планирование, систематизация и анализ результатов научно-исследовательской работы –Подготовка и сопровождение выполнения практических заданий студентами или школьниками.	Знание понятий основных и вспомогательных материалов, классе чистоты материалов и реактивов Умение проводить анализ требуемых материалов, рассчитывать необходимое количество Опыт выбора и рационального расхода основных и вспомогательных материалов при разработке и планировании производства изделий сенсорики

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях приобретенных студентами при изучении специальных дисциплин бакалавриата. Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
2	3	4	144	6	24	18	60	24	Экз (36), КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
1. Основы технологии создания наноструктурированных полупроводников для микро- и опто-электроники	2	8	10	18	8	Контроль выполнения лабораторного курсового проекта
2. Углеродные наноматериалы в микроэлектронике	2	-	4	19	8	Доклад Контроль выполнения лабораторного курсового проекта

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	В том числе - Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
3. Технология наноматериалов для оптоэлектронных приборов	2	16	4	23	8	Защита лабораторного курсового проекта

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основы технологий создания наноструктурированных полупроводников. Приборы на основе наноструктурированного Si других полупроводников
2	2	2	Технологии создания углеродных наноматериалов Применение углеродных наноматериалов в микро- и наноэлектронике
3	3	2	Технологии создания наноматериалов фотовольтаики и оптоэлектроники. Оптоэлектронные приборы на основе наноматериалов

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1-2	4	Влияние размерности на процессы образования новой фазы
	3-5	6	Выступление с рефератами по тематике лекций
2	6	2	Углубленное изучение технологий создания различных углеродных структур
	7	2	Расчет характеристик электронных приборов с применением углеродных материалов
3	8	2	Расчет характеристик солнечных элементов
	9	2	Углубленное изучение технологий создания наноструктурных материалов золь-гель методами. Выступление с рефератами по тематике МЗ

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Электрохимическое формирование люминесцентных слоев пористого кремния
	2	4	Исследование морфологии наноструктурных слоев кремния полученных методом плазменного травления
3	3	4	Формирование проводящих слоев оксида титана с использованием золь-гель технологии
	4	4	Формирование функционального слоя солнечных элементов со сверхтонким поглощающим слоем методом молекулярного наслаивания
	5	4	Формирование металлических контактов солнечных элементов со сверхтонким поглощающим слоем
	6	4	Исследование процесса формирования и ВАХ солнечных элементов на основе наноструктурированных полупроводников

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Подготовка к практическим занятиям
1-3	12	Подготовка к лабораторным работам
3	8	Подготовка к защите лабораторного проекта
2, 3	8	Подготовка к докладам
1-3	24	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта): Выполнение курсового проекта
1-3	36	Подготовка к экзамену

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Разработка технологического маршрута создания тестовой структуры фотоэлектрического преобразователя определенной структуры.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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

Модуль 1 «Основы технологии создания наноструктурированных полупроводников для микро- и опто-электроники»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений, размещенные в ОРИОКС
- ✓ Материалы лабораторного практикума
- ✓ Материалы сети - интернет
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента

Модуль 2 «Углеродные наноматериалы в микроэлектронике»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений, размещенные в ОРИОКС
- ✓ Материалы сети - интернет
- ✓ Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студента
- ✓ Материалы для подготовки к тестам, размещенные в ОРИОКС

Модуль 3 «Технология наноматериалов для оптоэлектронных приборов»

- ✓ Материалы для подготовки докладов и сообщений, размещенные в ОРИОКС
- ✓ Материалы лабораторного практикума

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Ф. Агулло-Руеда; Пер. с англ. А.В. Хачояна; Под ред. Е.Б. Якимова. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2009. - 368 с.
2. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 168 с.
3. Device Applications of Silicon Nanocrystals and Nanostructures / Koshida N., ed. - : Springer, 2009. - (Nanostructure Science and Technology). - - URL <http://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-78689-6> (дата обращения: 23.09.2020)
4. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
5. Nanoscale Photonics and Optoelectronics: Science and Technology / Zhiming M. Wang, Arup Neogi, ed. - : Springer, 2010. - (Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology. Volume 9). - URL : <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-7587-4> (дата обращения: 23.09.2020)
6. Mahalik N.P. Micromanufacturing and Nanotechnology [Электронный ресурс] / N. P. Mahalik. - : Springer, 2006. - URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29339-6> (дата обращения: 23.09.2020)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **Лань:** электронно-библиотечная система. – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/>(дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **Юрайт: Электронно-библиотечная система: образовательная платформа.** - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.09.2020). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.
4. **База American Chemical Society (ACS) :** [сайт] . - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.09.2020).
5. **IOP SCIENCE :** [сайт] . – URL: <http://ecsdl.org/> (дата обращения: 20.09.2020).
6. **SCOPUS :** библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, чат с преподавателем в WhatsApp.

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 № 4136 «Лаборатория микроскопии»	Мультимедийный комплекс, проекционная установка LP-350, компьютеры, принтеры	Windows 7 Enterprise, Microsoft Office
Лаборатория технологии наноматериалов №4315	Автоматизированный комплекс нанесения материалов атомно-слоевым осаждением KSV Dip Coater, электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1, лабораторные комплексы для исследований электрофизических параметров нитевидных наноматериалов и углеродных трубок, комплект оборудования для	Не требуется

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	электрохимического формирования наноматериалов АММТ GmbH Germany, термокамера ROR-630 с программным управлением	
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, 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 компетенции/подкомпетенции УК-2.ОТСНМЭиОП «Способен осуществлять планирование и выполнение всех этапов выполнения практической части курсового проекта «
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции УК-3.ОТСНМЭиОП «Способен организовать работу группы при выполнении практического этапа курсового проекта»
3. ФОС по компетенции/подкомпетенции ОПК-3.ОТСНМдЭОП «Способен предусмотреть все технико-экологические аспекты при проведении этапа курсового проекта»
4. ФОС по компетенции/подкомпетенции ОПК-7.ОТСНМдЭОП «Способен разработать технологическую документацию для обеспечения внедрения изучаемой технологии в производство»
5. ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2.ОТСНМдЭОП «Способен рационально использовать материалы при создании тестовых образцов и измерения характеристик создаваемых структур»

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

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- **лекции**, цель которых состоит в рассмотрении основных теоретических вопросов дисциплины
- **практические занятия**, цель проведения которых – изучение некоторых особенностей курса, решение практических задач, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы
- **лабораторные занятия**, цель проведения которых – экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений, формирование профессиональных компетенций, умений и навыков проведения экспериментов, ознакомление с современными приборами и аппаратурой.
- **внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем курса.

Методические указания для студентов

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Математика», «Физика», «Химия», дисциплины магистратуры «Физико-химические основы нанотехнологий». Является базой для проведения научно-исследовательской работы и написания магистерской диссертации.

В рамках освоения теоретической части дисциплины студенты самостоятельно изучают имеющиеся данные современного уровня развития дисциплины. Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий 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.

В рамках обучения по дисциплине осуществляется выполнение лабораторного курсового проекта «Разработка технологического маршрута создания тестовой структуры фотоэлектрического преобразователя определенной структуры». На первоначальном этапе происходит распределение этапов выполнения, проработка теоретического материала, и обсуждения структуры и состава разрабатываемого солнечного элемента. Студенты группы (1-2 человека) готовят проведение отдельных этапов формирования: подробная подготовка теоретического материала, подготовка экспериментальной части, проведение этапов. На заключительном этапе идет обработка характеристик тестовых структур, публичное представление полученных результатов и их обсуждение (работа в группе).

Неделя выдачи/сдачи	Этапы выполнения задания	Методическая поддержка этапов задания	Взаимодействие преподавателя со студентами	Планируемые результаты этапа	Трудоемкость (количество часов на выполнение задания) Ауд./СРС
1 неделя	Планирование итогового продукта - Обсуждение конкретных аспектов структуры, технологический маршрут которой будет разработан - Определение основных этапов процесса создания структуры	Л2 Л4	Преподаватель предоставляет общую информацию о планируемой работе. В дискуссии со студентами определяется структура и основные этапы ее формирования	Уточненные геометрические параметры структуры и материалы	1 час ауд.
1 неделя	Планирование работы: - Обсуждение отдельных этапов формирования структуры и их особенностей - Распределение ответственных по выполнению отдельных этапов проекта	Л2 Л4	Обсуждается примерный список технологических операций, которые могут быть использованы на конкретных этапах формирования структуры, сравнительный анализ которых студенты выполняют в рамках СРС	Примерный список технологических операций, которые могут быть использованы на конкретных этапах формирования структуры	1 час ауд.
2 неделя	- Анализ возможных вариантов использования различных технологий при создании структуры - составление графика выполнения исходя из особенностей проведения каждого этапа - Условия хранения образца между технологическими этапами	Лекция 1-2 Л1, Л3	Обсуждение результатов сравнительного анализа технологических операций, выбор оптимальных с учетом имеющегося оборудования Обсуждается и утверждается график выполнения проекта	Сравнительный анализ технологий Выявленные особенности отдельных технологий Определенные условия формирования и хранения формируемой структуры Утвержденный график выполнения проекта с учетом требований и расписания занятий	4 часа СРС
3-12	Выполнение проекта а) подготовка теоретического материала по	Лекция 1-2 Л1, Л3, Л5	Студенты осуществляют сопровождение, выполнение и	Комплекты: теоретических описаний и технологических	20 часов ауд., 12 часов СРС

	каждому этапу б) подготовка и сопровождение выполнения конкретной технологической операции (этапа) в) подготовка технологической карты конкретного этапа г) самоанализ после этапа проведения.		подготовку документации конкретного этапа Преподаватель осуществляет методическое сопровождение и консультирование	карт каждой технологической операции	
13-14 недели	Результаты: Формирование общего комплекта описания технологического маршрута и его технологической карты	ГОСТ 3.1118-82	Студенты: составляют единые по форме в соответствии с ГОСТ описание технологического процесса и технологическую карту Преподаватель осуществляет методическое сопровождение и консультирование	Теоретическое описание процесса и его технологическая карта	6 часов СРС
15-16 недели	Публичное представление результата работы	Л6	Дискуссия по результатам выполнения проекта: - обсуждение параметров сформированной структуры; - обсуждение возможностей оптимизации процесса с точки зрения получения улучшенных характеристик или уменьшения расхода ресурсов	Презентация с вольт-амперными и основными характеристикам сформированной структуры Рекомендации по совершенствованию технологического процесса мерам предосторожностей для улучшения характеристик	2 часа ауд., 2 часа СРС

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи экзамена по дисциплине разработаны ФОСы, включающие комплексное практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

Разработчик:

Доцент института ПМТ, к.т.н.

Доцент института ПМТ, к.т.н.




/ А.В. Железнякова /

/ А.А. Дронов /

Рабочая программа дисциплины «Основы технологии создания наноструктурированных материалов для электронных и оптоэлектронных приборов» по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов для сенсорики» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании УС ИПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Директор Института ПМТ  / С.А.Гаврилов/

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 /