

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:40:17  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

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  
«5» *сентября* 2020 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники»

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»  
Направленность (профиль) - «Технологии материалов и наноструктур»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-1** «Способен разрабатывать и обосновывать модернизацию технологических линий, процессов измерений параметров и модификации» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

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

**Обобщенная трудовая функция - С [6]** Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**Трудовые функции- С/01.6** Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

**С/02.6** Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**40.037** «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники»

**Обобщенная трудовая функция - D[6]** Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий

**Трудовые функции- D/04.6** Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов

**D/02.6** Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p><b>ПК-1.ТММОНЭ</b> Способен осуществлять выбор методов модификации состава материалов, используемых в нанoeлектронике</p>	<p>- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, - Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий</p>	<p><b>Знания</b> принципов технологий получения наноматериалов и приборных структур на их основе. <b>Умение</b> определять основные факторы процессов/технологий, а также возможных рисков. <b>Опыт</b> разработки технологии получения наноматериалов и приборных структур на их основе</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине- знания и навыки сформированные в дисциплинах «Технологические среды», «Материалы электронной техники», «Процессы микро- и нанотехнологии».

## 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)		
4	7	3	108	16	16	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. Общие вопросы технологии материалов микро-, опто- и нанoeлектроники	8	8	8	28	Контрольная работа 1
					Лабораторное задание 1
					Лабораторное задание 2
					Рубежный контроль
2. Технология металлов для микро-, опто- и нанoeлектроники.	4	4	4	16	Контрольная работа 2
					Лабораторное задание 3
3. Технология диэлектрических и вспомогательных материалов.	4	4	4	16	Контрольная работа 3
					Лабораторное задание 4

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение. Общие вопросы и задачи получения чистых и сверхчистых материалов. Современное состояние и проблемы технологии материалов микро-, опто- и нанoeлектроники. Общие вопросы технологии материалов. Базовые технологические процессы. Принципы очистки и разделения материалов.
	2	2	Технология получения бора технической и высокой чистоты. Соединения бора.
	3	2	Технология получения фосфора технической и высокой чистоты. Соединения фосфора.
	4	2	Технология получения мышьяка технической и высокой чистоты. Соединения мышьяка.
2	5	2	Технология металлов для микро-, опто- и нанoeлектроники. Базовые процессы. Пиро- и гидрометаллургия. Принципы выделения химических соединений. Принципы восстановления металлов из их соединений. Технология получения тугоплавких металлов технической и высокой чистоты. Вольфрам. Молибден. Тантал и ниобий. Титан и цирконий.
	6	2	Технология получения металлов III группы технической и высокой чистоты. Алюминий. Галлий. Индий. Технология металлов высокой проводимости. Медь
3	7	2	Технология диэлектрических материалов. Стекла. Классификация, составы и получение. Стеклокерамические материалы. Процессы катализации зародышеобразования. Технология диэлектрических материалов. Керамические материалы. Технология активных диэлектрических материалов. Пьезо-, сегнето- и пироэлектрики. Технология органических диэлектрических материалов.
	8	2	Технология углеродных материалов. Аллотропные формы углерода. Технология объемных и пленочных алмазоподобных материалов. Технология наноструктурированных углеродных материалов. Фуллерены, нанотрубки. Графены. Технология некристаллических материалов.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Интерактивное занятие. Разработка технологических приемов удаления пустой породы из бедных руд.
	2	2	Расчет сублимационной очистки фосфора.
	3	2	Расчет направленной кристаллизации галлия.
	4	2	Интерактивное занятие. Разработка технологических приемов извлечения галлия и индия из отходов полупроводникового производства.
2	5	2	Интерактивное занятие. Определение основных составов стекол для различных потребителей.
	6	2	Интерактивное занятие. Выбор оптимальных способов очистки воды
3	7	2	Интерактивное занятие. Обсуждение технологических приемов и физико-химических процессов, происходящих при изготовлении керамических изделий.
	8	2	Интерактивное занятие. Обсуждение возможных областей использования фуллеренов и нанотрубок.

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование электрофизических характеристик пленок методом Холла
	2	4	Исследование температурной зависимости электрофизических характеристик сегнетоэлектрических пленок
2	3	4	Исследование механизмов электрического пробоя в тонких диэлектрических пленках
3	4	4	Получение воды высокой степени чистоты

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Подготовка к лабораторным работам
	16	Проработка конспекта лекций, учебников и обязательной литературы
	16	Подготовка к тесту и контрольным работам по индивидуальному заданию
	20	Выполнение индивидуального задания по заданной теме

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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

#### Модули 1-3

✓ *Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники»*

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: Учеб. пособие. Ч. 2 / В.М. Рошин, М.В. Силибин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 184 с. - ISBN 978-5-94774-913-7; 978-5-94774-910-6
2. Рошин В.М. Технология проводящих и диэлектрических материалов [Текст] : Учеб. пособие / В.М. Рошин. - М. : МИЭТ, 2007. - 192 с. - ISBN 978-5-7256-0462-7
3. Рошин В.М. Сборник лабораторных работ "Технология проводящих и диэлектрических материалов" [Текст] / В.М. Рошин, В.Б. Яковлев, М.В. Силибин; Под ред. В.М. Рошина. - М. : МИЭТ, 2006. - 92 с.
4. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника [Текст] / Ю.Р. Носов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 360 с.
5. Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов [Текст] : Учебник для вузов / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1990. - 423 с.

## Периодические издания

1. Organic Electronics: Materials, Physics, Chemistry and Applications. – URL: <http://www.journals.elsevier.com/organic-electronics/> (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный. – ISSN 1566-1194

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Российская государственная библиотека: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
3. GoogleScholar: сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.

## 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.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

- учебные материалы по курсу органической химии (Химический факультет МГУ) <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>

## 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	Microsoft Windows Microsoft Office
Лабораторный практикум по функциональной электронике №	Малогобаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких плёнок методом термического испарения Малогобаритная вакуумная установка МВУ ТМ "Плазма-РИТ" реактивно-ионного	Не требуется

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
4349	травления Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-Магна нанесения тонких плёнок методом магнетронного распыления материала Установка вакуумного осаждения нитевидных нанокристаллов и углеродных трубок First Nano Inc. USA	
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 **ПК-1.ТММОНЭ** «Способен осуществлять выбор методов модификации состава материалов, используемых в 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

Все содержание дисциплины разбито на 3 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Для закрепления знаний, полученных на лекционных занятиях и при выполнении самостоятельной работы, а также для получения навыков исследовательской и



практической работы на лабораторном оборудовании и установках, проводятся **лабораторные работы**.

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

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят и выполняют предусмотренные контрольные мероприятия на проверку усвоения необходимых знаний и умений в форме контрольных работ, на проверку умений – в форме защиты лабораторных работ, на проверку опыта деятельности – в форме защиты индивидуального задания, результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе.

Подготовка и выполнение индивидуального задания предполагает формирование у обучающихся подкомпетенции по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Данное контрольное мероприятие подразумевает самостоятельную работу обучающихся по разработке технологии получения наноматериалов и приборных структур на их основе.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций.

По завершении обучения проводится публичное представление результатов выполнения проектного задания.

Зачет проходит в форме выполнения заданий для промежуточной аттестации.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

По завершению изучения дисциплины предусмотрен **зачёт с оценкой**, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине разработан ФОС, включающий тестовые задания и расчётное задание по проверке сформированности подкомпетенции 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:

<b>Сумма баллов</b>	<b>Оценка</b>
Менее 50	2
50 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

### **РАЗРАБОТЧИК:**

Профессор института ПМТ, д.т.н., профессор .  /В.М. Рошин /

Рабочая программа дисциплины «Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов и наноструктур» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ  /А.В.Железнякова/

### 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 /