

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 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 нанoeлектроники»

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

## 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<br>дисциплины | № лекции | Объем занятий<br>(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.<br>Общие вопросы технологии материалов. Базовые технологические процессы. Принципы очистки и разделения материалов.                                                                                  |
|                        | 2        | 2                       | Технология получения бора технической и высокой чистоты.<br>Соединения бора.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                        | 3        | 2                       | Технология получения фосфора технической и высокой чистоты.<br>Соединения фосфора.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                        | 4        | 2                       | Технология получения мышьяка технической и высокой чистоты.<br>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.<br>Технология металлов высокой проводимости. Медь                                                                                                                                                                                                                       |
| 3                      | 7        | 2                       | Технология диэлектрических материалов. Стекла. Классификация, составы и получение. Стеклокерамические материалы. Процессы катализации зародышеобразования.<br>Технология диэлектрических материалов. Керамические материалы.<br>Технология активных диэлектрических материалов. Пьезо-, сегнето- и пироэлектрики.<br>Технология органических диэлектрических материалов. |
|                        | 8        | 2                       | Технология углеродных материалов. Аллотропные формы углерода.<br>Технология объемных и пленочных алмазоподобных материалов.<br>Технология наноструктурированных углеродных материалов.<br>Фуллерены, нанотрубки. Графены.<br>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<br>Microsoft Office |
| Лабораторный практикум по функциональной электронике №                | Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких плёнок методом термического испарения<br>Малогабаритная 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<br>Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-Магна нанесения тонких плёнок методом магнетронного распыления материала<br>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 нанoeлектронике».

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:

| Сумма баллов | Оценка |
|--------------|--------|
| 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 /