

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 16:07:19  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736f1050a332b102

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

«Литографические методы в нанотехнологии»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Материалы и технологии функциональной электроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-1** «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**Обобщенная трудовая функция - D[7]** Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

**Трудовая функция - D/01.7** Анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<b>ПК-1.ЛМвНт</b> Способен обосновано выбирать методы получения заданной топологии с использованием литографических процессов	Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи	<b>Знания:</b> основных видов литографических процессов, их разрешений и особенностей <b>Умения:</b> проводить оценку возможности применения литографического процесса для получения объектов заданного топологического размера <b>Опыт</b> выбора метода получения заданной топологии с использованием литографических процессов для производства изделий микро- и наноэлектроники

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуального задания 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)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	2	72	-	-	32	40	Зач

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные работы (часы)		
1. Материалы для литографических процессов	-	8	-	8	Опрос
					Сдача индивидуального задания
2. Оптическая литография	-	8	-	10	Рубежный контроль
					Опрос
					Сдача индивидуального задания
3. Нанолитография	-	8	-	8	Опрос
					Защита индивидуального задания
4. Литографические методы формирования нано-структур	-	8	-	14	Контрольная работа
					Опрос
					Защита индивидуального задания

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	4	Позитивные и негативные резисты и режимы их обработки. Многослойные резисты. Электронорезисты. Рентгенорезисты. Антиотражающие покрытия.
	2	4	Фотошаблоны. Фазосдвигающие маски. Физические основы литографических методов создания и переноса изображения.
2	3	4	Проекционная фотолитография. Предельная разрешающая способность оптической литографии. Оптические системы и источники излучения для фотолитографии.
	4	4	Литография с экстремальным ультрафиолетом (EUV литография). Источники экстремального ультрафиолета.
3	5	4	Рентгеновская литография. Рентгенолитография с применением синхротронного излучения. Проекционная электронно-лучевая и ионно-лучевая литография.
	6	4	Нанопечатная литография.
4	7	4	Перьевая нанолитография. Литография наносферами. Литографически индуцированная самосборка.
	8	4	Формирование наноструктур с помощью сканирующей туннельной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии. Сравнительный анализ различных литографических методов.

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	7	Подготовка домашнего задания
	1	Подготовка к практическим занятиям
2	7	Подготовка домашнего задания
	2	Подготовка к рубежному контролю
	1	Подготовка к практическим занятиям
3	7	Подготовка реферата
	1	Подготовка к практическим занятиям

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
4	7	Подготовка реферата
	2	Подготовка к контрольной работе
	1	Подготовка к практическим занятиям
	4	Подготовка к зачету

#### 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** «Материалы для литографических процессов»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 1, подготовки к практическим занятиям 1 - 2

**Модуль 2** «Оптическая литография»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 2, подготовки к практическим занятиям 3 - 4, подготовки к рубежному контролю.

**Модуль 3** «Нанолитография»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 3, подготовки к практическим занятиям 5 - 6.

**Модуль 4** «Литографические методы формирования наноструктур»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 4, подготовки к практическим занятиям 7 – 8.

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Нанотехнологии в электронике. Вып. 2 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М.: Техносфера, 2013. - 688 с.
2. Функциональные наноматериалы: Учеб. пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Физматлит, 2010. - 456 с.
3. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы / Г. С. Константинова, [и др.]. - Ростов н/Д : Terra-Принт, 2008. - 112 с.
4. Агеев О.А. Методы формирования структур элементов наноэлектроники и наносистемной техники: Учеб. пособие / О. А. Агеев, А. А. Федотов, В. А. Смирнов. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 72 с. – [сайт] URL: <http://window.edu.ru/resource/948/73948> - 09.06.2018 (дата обращения: 01.09.2020).

5. Технология литографических процессов: Учеб. пособие / Б. А. Лапшинов. - М.: МИЭМ, 2011. - 95 с. - URL: <http://window.edu.ru/resource/498/78498> (дата обращения: 15.08.2020).
6. Микролитография: Принципы, методы, материалы [Текст]: В 2-х ч. Ч. 1 / У. Моро. - М.: Мир, 1990. - 606 с.
7. Микролитография: Принципы. Методы. Материалы [Текст]: В 2-х ч. Ч. 2 / У. Моро. - М.: Мир, 1990. - 632 с.
8. Валиев К.А. Физика субмикронной литографии / К. А. Валиев. - М.: Наука, 1990. - 528 с.

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

1. SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 02.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 15.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Лань: электронно-библиотечная система. – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
4. Springer: сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
5. **Web of Science**: сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**. 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.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Windows, MS Office, браузер
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к	ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Acrobat reader DC

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-1.ЛМвНт** «Способен обосновано выбирать методы получения заданной топологии с использованием литографических процессов»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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:

- **практические занятия**, цель проведения которых – углубленное изучение некоторых разделов курса, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы

- **внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации.

Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий (подготовка презентаций на заданную тему) 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.

### 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>. Получение минимальных баллов по всем контрольным мероприятиям в течение семестра обязательно.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
50 - 100	зачет
Менее 50	незачет

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент Института ПМТ, к.т.н.

 /П.И.Лазаренко/



Рабочая программа дисциплины «Литографические методы в нанотехнологии» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии функциональной электроники» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании УС ИПМТ 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 /