

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 28.07.2025 14:42:59
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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

А.Г.Балашов

«28» февраля 2025 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Литографические методы в нанотехнологии»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»

Направленность (профиль) – «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники»

Москва 2025

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 нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, 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
ПК-1.ЛМвНт Способен обоснованно 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	Знания: основных видов литографических процессов, их разрешений и особенностей Умения: проводить оценку возможности применения литографического процесса для получения объектов заданного топологического размера Опыт выбора метода получения заданной топологии с использованием литографических процессов для производства изделий микро- и нанoeлектроники

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	За

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»

✓ Учебно-методические материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 1, подготовки к практическим занятиям 1 - 2

Модуль 2 «Оптическая литография»

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

Модуль 3 «Нанолитография»

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

Модуль 4 «Литографические методы формирования наноструктур»

✓ Учебно-методические 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 : Терра-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. –URL: <http://window.edu.ru/resource/948/73948 - 09.06.2018> (дата обращения: 01.02.2025).

5. Технология литографических процессов: Учеб. пособие / Б. А. Лапшинов. - М.: МИЭМ, 2011. - 95 с. - URL: <http://window.edu.ru/resource/498/78498> (дата обращения: 15.02.2025).
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/ (дата обращения: 02.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 15.02.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Лань: электронно-библиотечная система. – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 20.01.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
4. Springer: сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.01.2025). - 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>).

Контроль освоения образовательной программы обеспечивается электронным тестированием в ОРИОКС.

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

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	ОС Windows, MS Office, Браузер

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер 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 зачёта 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 наноэлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии микро- и наноэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 28 февраля 2025 года, протокол № 18

Директор Института ПМТ

 /С.В.Дубков/

Лист согласования

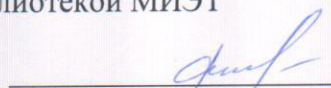
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М.Никиulina /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П.Филиппова/