Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 18.06.2025 16:22:51
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
«3» марта 2025 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Материалы электронной техники»

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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2025

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенцийобразовательной программы:

Компетенция ПК-3 «Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов» **сформулирована на основе профессионального стандарта**26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов».

Обобщенная трудовая функция 26.006А [6]Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов.

Трудовая функция 26.006А/05.6 Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-3.МЭТСпособность использовать современные представления о влиянии микроструктуры на свойства материалов.	Организация и контроль технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники.	**Знание:** основных типов материалов электронной техники и наноэлектроники. **Умение:** выбирать материалы, исходя из оценки функциональных свойств материалов. **Опыт деятельности:** прогнозирование структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине.

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Механика материалов и основы конструирование», «Кристаллография», «Общее материаловедение».

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплин «Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники», «Технология и материалы сенсорной и актюаторной техники»,

«Методы исследования наноматериалов и структур» 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)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	5	180	32	32	16	64	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основные понятия и сведения о материалах электронной техники.	4	4	2	17	Контрольная работа по материалам модуля 1 Защита лабораторной работы
2. Конструкционные и проводниковые материалы.	8	8	4	17	Контрольная работа по материалам модуля 2 Защита лабораторных работ
3. Физические процессы в полупроводниках и их свойства.	14	12	8	15	Контрольная работа по материалам модуля 3 Защита лабораторных работ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
4. Физические процессы в диэлектриках и их свойства.	6	4	2	15	Контрольная работа по материалам модуля 4 Защита лабораторной работы Защита индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Классификация и особенности материалов электронной техники.
	2	2	Структура и свойства твердых тел.
2	3	2	Конструкционные материалы в микроэлектронике.
	4	2	Проводящие материалы. Особенности тонкопленочных металлов.
	5-6	4	Проводящие материалы в микроэлектронике.
3	7	2	Классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в полупроводниках.
	8	2	Монокристаллический кремний, его применение, получение, свойства. Примеси и микродефекты. Тенденции в развитии производства полупроводникового кремния.
	9	2	Поликристаллический кремний. Применение, свойства, получение.
	10	2	Полупроводниковый карбид кремния – применение, свойства, особенности технологии.
	11	2	Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^{V}$ и $A^{II}B^{VI}$.
	12	2	Материалы и технология устройств фазовой памяти.
	13	2	Термоэлектрические материалы.
4	14	2	Диэлектрические материалы. Основные понятия. Свойства диэлектриков. Классификация диэлектрических материалов.
	15	2	Стекловидные диэлектрические материалы. Стекла. Ситаллы и ситаллоцементы. Керамические материалы.
	16	2	Активные диэлектрики. Сегнето-, пьезо- и пироэлектрики. Электро-,

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			магнито- и акустооптические материалы. Жидкие кристаллы.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Классификация и особенности материалов электронной техники.
2	2	2	Конструкционные материалы в микроэлектронике. Проводящие материалы. Особенности тонкопленочных металлов.
	3	2	Проводящие материалы в микроэлектронике.
3	4	2	Классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в полупроводниках. Монокристаллический кремний, его применение, получение, свойства. Примеси и микродефекты. Тенденции в развитии производства полупроводникового кремния.
	5	2	Поликристаллический кремний. Применение, свойства, получение. Полупроводниковый карбид кремния – применение, свойства, особенности технологии.
	6	2	Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^{V}$ и $A^{II}B^{VI}$. Материалы и технология устройств фазовой памяти.
	7	2	Термоэлектрические материалы.
4	8	2	Диэлектрические материалы. Основные понятия. Свойства диэлектриков. Классификация диэлектрических материалов. Пассивные и активные диэлектрики.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование температурной зависимости электропроводности материалов электронной техники.
2	2	4	Исследование температурной зависимости коэффициента

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			теплопроводности конструкционных материалов
	3	4	Исследование температурной зависимости сопротивления металлов. ТКС металлических пленок.
3	4	4	Исследование температурной зависимости подвижности электронов и дырок в полупроводниках.
	5	4	Исследование термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике.
	6	4	Изучение физических состояний полимерных материалов.
	7	4	Температурная зависимость темновой проводимости в пленках a-Si:H
4	8	4	Изучение шероховатости поверхности материалов оптическим методом.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-4	24	Изучение теоретического материала в объеме лекций
1-4	20	Подготовка к лабораторным работам
1-4	6	Подготовка к опросам на практических занятиях по пройденному материалу.
1-4	2	Подготовка к контрольным работам по пройденным материалам модулей.
1-4	12	Выполнение индивидуального задания по изучению свойств материалов электронной техники и технологий их получения.

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/):

Сценарий обучения по дисциплине

Модуль 1 «Основные понятия и сведения о материалах электронной техники»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №1, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 «Конструкционные и проводниковые материалы**»**

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №2, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 3«Физические процессы в полупроводниках и их свойства»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №3, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 4 «Физические процессы в диэлектриках и их свойства»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №4, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Материаловедение : Учебник / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, Д.Н. Романенко [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
2. Материаловедение : Учебник / А.А. Воробьев, Д.А. Жуков, Д.П. Кононов [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 304 с.
3. Попенко Н.И. Структура реальных кристаллов : Учеб. пособие / Н.И. Попенко, А.В. Железнякова, Ю.И. Шиляева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 120 с.
4. Фазовая память: современное состояние и перспективы использования : Учебно-методическое пособие / А.А. Шерченков, П.И. Лазаренко, А.В. Бабич, С.П. Тимошенков; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2016. - 136 с.
5. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : Учеб. / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2015. - 448 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/67462 (дата обращения: 16.11.2020).
6. Будагян Б.Г. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 2001. - 56 с.
7. Шерченков А.А. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2004. - 88 с.
8. Будагян Б.Г. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1997. - 140 с.

9. Будагян Б.Г. Материалы твердотельной электроники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1999. - 118 с.
10. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
11. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. - М. : Металлургия, 1988. - 574 с.
12. Шерченков А.А. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии : Учеб. пособие. Ч. 1 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2006. - 164 с.
13. Сорокин В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2022. - 448 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/212135 (дата обращения: 15.02.2025). - ISBN 978-5-8114-2003-2

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХБАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 15.02.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. **Электронные ресурсы Российской государственной библиотеки**: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: http://www.rsl.ru(дата обращения: 15.02.2025).

3. **База AmericanChemicalSociety (ACS):** Некоммерческое научное издательство. – Американское химическое общество, 2020. – URL: http://pubs.acs.org(дата обращения: 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

4. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»**: сайт. – URL: https://e.lanbook.com/(дата обращения 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

5. **Учебные издания НИУ ИТМО**: сайт. – URL: http://books.ifmo.ru/(дата обращения 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

6. **Электронный научный архив УрФУ**: сайт. – URL: https://elar.urfu.ru/(дата обращения 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

7. **Научно-образовательный портал Znanium**: сайт. – URL: https://znanium.ru/ (дата обращения 15.02.2025).–Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. **Электронно-библиотечная система BOOK.ru**: сайт. – URL: https://book.ru/ (дата обращения 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

9. **Электронно-библиотечная система РУКОНТ**: сайт. – URL: https://lib.rucont.ru/search (дата обращения 15.02.2025). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Применяется модель обучения, предполагающая обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях и самостоятельное выполнение индивидуальных практико-ориентированных заданий с проверкой, обсуждением, доработкой и подведением итогов как на очных учебных занятиях, так с использованием онлайн-ресурсов и сервисов.

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

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеолекций, тестирования в ОРИОКС и ZOOM.

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 Microsoft Windows, MS Office
Учебная аудитория № 4139 «Лаборатория материалов электронной техники»	Компьютеры, Вольтметр универсальный В7-21А, Стенд для измерения сопротивлений металлов (исследование проводниковых свойств), Микроскоп ММУ-3, Блок питания и регулирования, Микровольтнаноамперметр Ф136, Измеритель теплопроводности ИТ-λ-400, Источник питания постоянного тока Б5-46, Вольтметр универсальный В7-21, Источник питания ЛИПСПА-30, Источник питания ВС-24М, Вольтметр РВ-7-22А, Блок питания, Источник питания Matrix MPS-3003s, Источник питания АКИП Б5.30/3.0, Мультиметр VICTOR VC68B, Проектор LG dx130, Лабораторный комплекс для измерений проводниковых свойств металлов,	ОС Microsoft Windows, MS Office

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	Лабораторный комплекс для исследования температурной зависимости теплопроводности МЭТ, Лабораторный комплекс для исследования термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике, Лабораторный комплекс по определению толщины пленок и глубины залегания p-n перехода методом сферического шлифа.	
Учебная аудитория № 4341	Компьютеры, Модульный спектрометр "PHOTOCORComplex", Дифференциально-сканирующий калориметр DSC 204 F1 Phoenix, Центрифуга MPW-351, Гониометр ЛК-1, Весы MettlerToledoXP 205	ОС Microsoft Windows, MS Office
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-3. МЭТ «Способен использовать современные представления о влиянии микроструктуры на свойства материалов»

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

Дисциплина «Материалы электронной техники» состоит из четырех модулей. Модуль 1 дает студентам основные сведения о материалах электронной техники, основных кассах современных материалов и является базовым для всех последующих модулей. В модулях 2, 3 и 4 даны сведения соответственно о конструкционных и

проводниковых материалах, физических процессах в полупроводниках и их свойствах, физических процессах в диэлектриках и их свойствах.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам практических занятий в научных источниках с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Выполнение индивидуального задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение современных методов для исследований основных параметров функциональных материалов, используемых в энергосберегающих системах.

Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система,

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и промежуточный контроль(в сумме - 100 баллов).

На практических занятиях проводятся опросы по материалам лекций модуля, которые дают студентам дополнительные баллы НБС.

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС (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:

Профессор Института ПМТ, д.т.н., профессор_____/А.А.Шерченков/

Рабочая программа дисциплины «Материалы электронной техники» 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 28 февраля 2025 года, протокол № 18.

Директор Института _____ /С.В.Дубков/

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/