

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»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

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

Москва 2025

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.ОТИЭПнаГП Способен создавать аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода при выборе объектов разработке в рамках КП по дисциплине	Знание основных тенденций и направлений применения наноматериалов в гибкой электронике Умение выявлять основные значимые аспекты заявленного объекта гибкой электроники Опыт деятельности по анализу проблемной ситуации как системы, выявляя ее составляющие и связи между ними
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.ОТИЭПнаГП Способен организовывать и принимать участие в разработке инновационного проекта	Знание перспектив и преимуществ применения материалов электронной техники, а также глобальных задач, направленных на развитие технологий микро- и наноэлектроники Умение соотносить поставленные задачи с имеющимися целями или тематиками Опыт деятельности по формулированию на основе поставленной проблемы проектной задачи и способу ее решения через реализацию проектного управления
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.ОТИЭПнаГП Способен участвовать в организации, распределении функций и выполнении проекта в команде	Знание основных тенденции развития технологий гибкой электроники с применением наноматериалов в регионе Умение оценивать и выявлять возможности конкретных объектов в применении к поставленной задачи (объекту)

		Опыт деятельности по выработке стратегии сотрудничества и на ее основе организации отбора членов команды для достижения поставленной цели
--	--	--

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 40.058 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.ОТИЭПнаГП Способен формулировать задачи для достижения поставленной цели в соответствии с тенденциями и перспективами развития технологий гибкой электроники	– Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей; – сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; – разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов	Знание основных тенденции развития технологий приборов гибкой электроники Умения: выявлять основные значимые аспекты заявленного объекта гибкой электроники Опыт постановки задач для достижения поставленной цели, в частности успешного выполнения инновационного проекта

Компетенция ПК-4 «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

Обобщенная трудовая функция 40.058 D[7] Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

Трудовая функция D/03.7 Разработка и адаптация групповых технологических процессов производства изделий микроэлектроники

40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

Обобщенная трудовая функция A[7] Обеспечение функционирования нанoeлектронного производства в соответствии с технологической документацией. Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

Трудовые функции A/04.7 Разработка предложений по модернизации технологического процесса

A/05.7 Разработка рекомендаций по модернизации технологического оборудования и технологической оснастки на выпускаемую организацией продукцию

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4. ОТИЭПнаГП Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических исследований, давать рекомендации по методам производства и использованию устройств и систем на гибких подложках	– сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности	Знание основных тенденций развития, целей и задач в сфере материалов электронной техники Умение выделять основные и важные факторы выполненной работы, анализировать соответствие документационного и презентационного материала Опыт деятельности по проведению комплексного анализа имеющихся материалов, в том числе формулировке выводов на основе имеющихся теоретических и практических данных.

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 бакалавриата.

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и 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	1	4	144	-	16	32	96	ЗаО, КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Форма текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Требования к материалам и структурам для гибких подложек	-	4	6	14	Защита лабораторной работы
2. Аморфные и нанокристаллические пленки кремния в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках	-	4	8	18	Защита лабораторной работы
3. Оксидные пленки в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках	-	4	4	16	Защита лабораторной работы
4. Органические пленки в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках	-	4	8	18	Защита лабораторной работы

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Форма текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
5. Углеродные наноструктуры в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках	-	-	2	15	Защита курсового проекта
6. Струйная печать и другие методы создания топологии на гибких подложках	-	-	4	15	Тестирование

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля	№ дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2		История развития приборных структур на гибких подложках. Первичное распределение на группы для выполнения проекта «Инновации в гибкой электронике»
		2	2	Материалы, используемые при создании приборных структур на гибких подложках: материалы подложек, материалы функциональных слоев, материалы защитных слоев
		3	2	Введение в технологию гибкой электроники. Подложки и технология барьерных слоев для гибкой электроники
2	4	4	2	Технология формирования аморфных и нанокристаллических пленок кремния, особенности и характеристики. Приборные структуры на основе аморфных полупроводников
		5	2	Низкотемпературный аморфный и нанокристаллический кремний в технологии тонкопленочных транзисторов. Применение аморфного кремния в технологии гибких дисплеев
		6	2	Технология гибких подложек, барьерных слоев, структур на основе аморфного кремния
		7	2	Механическая теория структур на гибких подложках

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
3	8	2	Возможности использования оксидных пленок в технологии структур на гибких подложках: проводящие и непроводящие оксиды. Технология формирования оксидных слоев и формирование топологического рисунка
	9	2	Стабильность структур, формируемых с использованием оксидных материалов
4	10	2	Основные параметры TFT электронных систем на основе органических материалов. Формирование интегральных схем с использованием полимерных материалов. Особенности использования органических и полимерных материалов в производстве электронных систем
	11	2	Материалы и методы создания массивов в технологии на гибких подложках. Использование полупроводниковых политиофенов для создания полевых транзисторов
	12	2	Органическая фотовольтаика. Материалы для органической фотовольтаики.
	13	2	Органические и полимерные TFT электронные системы для гибких дисплеев и схем
5	14	2	Углеродные наноструктуры: свойства, технологии формирования. Использование углеродных нанотрубок в пленках проводящих материалов
6	15	2	Струйная печать и другие методы создания топологии на гибких подложках. Особенности процесса формирования топологии интегральных схем на основе органических материалов
	16	2	Семинар-конференция «Инновации в гибкой электронике»

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Магнетронное нанесение тонких пленок Ni
2	2	4	Формирование сверхтонких слоев аморфных полупроводниковых соединений методом молекулярного наслаивания
3	3	4	Формирование проводящих слоев оксида титана с использованием золь-гель технологии

4	4	4	Формирование полимерных гибких функциональных слоев
---	---	---	---

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-6	16	Подготовка к практическим занятиям
	20	Подготовка к лабораторным работам
	30	Разработка инновационного (курсового) проекта
	10	Подготовка к представлению проекта
	10	Подготовка к тесту
	10	Подготовка к зачету с оценкой

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Разработка инновационной продукции с использованием технологий и возможностей гибкой электроники.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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

Модуль 1 «Требования к материалам и структурам для гибких подложек»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 1, подготовки к практическим занятиям 1-3

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории при подготовке к лабораторной работе 1.

Модуль 2 «Аморфные и нанокристаллические пленки кремния в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 2, подготовки к практическим занятиям 4-7

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории при подготовке к лабораторной работе 2.

Модуль 3 «Оксидные пленки в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 3, подготовки к практическим занятиям 8-9

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории при подготовке к лабораторной работе 3.

Модуль 4 «Органические пленки в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 4, подготовки к практическим занятиям 10-13

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории при подготовке к лабораторным работам 4.

Модуль 5 «Углеродные наноструктуры в технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 4, подготовки к практическому занятию 14.

Модуль 6 «Струйная печать и другие методы создания топологии на гибких подложках»

✓ Материалы для самостоятельного изучения тематики модуля 4, подготовки к практическим занятиям 15-16.

✓ Рекомендации по представлению инновационного проекта. – URL: www.cfuv.ru/2015/03/recomendacii.pdf.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Металлизация ультрабольших интегральных схем. Учеб.пособие /Д.Г.Громов[и др.];под ред.Ю.А.Чаплыгина.-2-е изд.,-М.:БИНОМ. Лаборатория знаний,2012.-277 с.

2. Нанотехнологии [Текст]: Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Техносфера, 2009. - 336 с.

3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст]: В 2-х т.: [Учеб. пособие для вузов]. Т. 2: Технологические аспекты / М.В. Акуленок [и др.]; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 256 с.

4. Гаврилов С.А. Конспект лекций по дисциплине "Низкотемпературные процессы в технологии нанoeлектроники и наносистем" [Текст] / С.А. Гаврилов, А.Н. Белов, А.В. Железнякова; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М.: МИЭТ, 2011. - 172 с.

5. Flexible Electronics: Materials and Applications / Alberto Salleo, William S. Wong, eds. - Springer, 2009. - (Electronic Materials: Science & Technology. Vol. 11). - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-74363-9> (дата обращения: 26.01.2025).

Периодические издания

1. Известия ВУЗов. Электроника
2. Известия ВУЗов. Материалы электронной техники
3. Физика и техника полупроводников
4. Российские нанотехнологии
5. Материаловедение
6. Неорганические материалы
7. Журнал неорганической химии
8. Журнал технической физики
9. Журнал экспериментальной и теоретической физики

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **Лань: электронно-библиотечная система.** – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 21.01.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт.** – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.02.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **Юрайт: Электронно-библиотечная система: образовательная платформа.** - Москва, 2013. - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.02.2025).- Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. **ibooks.ru: Электронно-библиотечная система = ЭБС Айбукс: сайт.** - Санкт-Петербург, 2010. - URL: <https://ibooks.ru/home.php?routine=news> (дата обращения: 20.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. **База American Chemical Society (ACS).** - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
6. **Электронная версия базы данных ECS** издательства Electrochemical Society. – URL: <http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
7. **SCOPUS: библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.01.2025). - режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

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>).

Контроль освоения образовательной программы обеспечивается электронным тестированием в ОРИОКС.

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория № 4315 «Лаборатория технологии наноматериалов»	– автоматизированный комплекс нанесения материалов атомно-слоевым осаждением KSVDipCoater; – потенциостат-гальваностат AUTOLABPGSTAT302; – электрохимический комплекс НАНО-ХТ-1 на элементе Пельтье; – комплект оборудования для электрохимического формирования наноматериалов АММТ GmbH Germany; – весы OXAUS Model PA 214 C; – симулятор солнечного излучения NEWPORT 67005 с источником тока NEWPORT 69907; – источник тока KEITHLEY 2450; – потенциостат-гальваностат ElinsP-45X; – термостат жидкостной LaudamodelAlpha; – компьютеры, принтеры, интернет	Microsoft Windows, Visual C++, CorelDRAW, Kaspersky Total Securi, Microsoft Office
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 Professional Plus браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции УК-1.ОТИЭПнаГП «Способен создавать аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода при выборе объектов разработке в рамках КП по дисциплине»

2. ФОС по подкомпетенции УК-2.ОТИЭПнаГП «Способен организовывать и принимать участие в разработке инновационного проекта»

3. ФОС по подкомпетенции УК-3.ОТИЭПнаГП «Способен участвовать в организации, распределении функций и выполнении проекта в команде»

4. ФОС по подкомпетенции ПК-1.ОТИЭПнаГП «Способен формулировать задачи для достижения поставленной цели в соответствии с тенденциями и перспективами развития технологий гибкой электроники»

5. ФОС по подкомпетенции ПК-4.ОТИЭПнаГП «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических исследований, давать рекомендации по методам производства и использованию устройств и систем на гибких подложках»

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

В рамках курса «Основы технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках» предусмотрены следующие формы учебных занятий:

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

–*лабораторные занятия*, цель проведения которых – экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений, формирование профессиональных компетенций, умений и навыков проведения экспериментов, ознакомление с современными приборами и аппаратурой;

–*внеаудиторная самостоятельная работа*, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем практических занятий.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы.

Для выполнения лабораторного практикума можно воспользоваться также разработками лабораторных работ, находящихся на кафедре. 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.

Текущий контроль самостоятельной работы студента осуществляется по результатам защит лабораторных работ, написанию тестов, выполнению в срок инновационного проекта, самостоятельной работы, результатам рубежного контроля и участию в активных и интерактивных формах проведения занятий.

Выполнение курсового проекта осуществляется в группах. На первом практическом занятии преподаватель объясняет суть проекта. Цель проекта выбирается учащимися и обсуждается с преподавателем. По инновационному продукту готовится полная документация для представления проекта на конкурс инвестиций. Для итоговой аттестации целесообразно использовать портфолио, включающий: конспект материалов, подготовленных в рамках самостоятельной работы, материалы лабораторных работ, материалы курсового инновационного проекта. По завершении обучения проводится публичное представление результатов выполнения проектного задания.

Рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен **зачет с оценкой**, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачета с оценкой по дисциплине разработаны ФОСы, включающие комплексное практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций 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 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

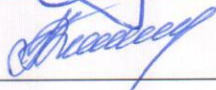
РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент института ПМТ, к.т.н.



/А.А.Дронов/

Доцент института ПМТ, к.т.н.



/А.В. Железнякова/

Рабочая программа дисциплины «Основы технологии интегральных электронных приборов на гибких подложках» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники» 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

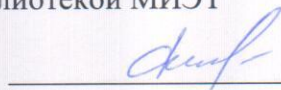
Начальник АНОК



/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/Т.П.Филиппова/