

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Гаврилов Сергей Александрович

Должность: И.О. Ректора

Дата подписания: 09.07.2026 16:02:35

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

«23» 09 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологии производства ЭКБ»

Направление подготовки - 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) – «Конструирование и производство технологического оборудования для производства электронной компонентной базы»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-6 «Способность проводить анализ конструктивно-технологических параметров современного оборудования электронного машиностроения, проектировать его устройства и узлы с учетом требований реализуемых перспективных технологических процессов производства электронной компонентной базы»

Обобщенная трудовая функция «Проектирование узлов технологического оборудования и разработка проектно-конструкторской документации с соблюдением нормативных требований»

Трудовая функция «Разработка компонентов оборудования с оптимизацией их параметров под требования реализуемых перспективных технологий»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-6.ТПЭКБ – Способен анализировать перспективные технологические процессы производства электронной компонентной базы	- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств	Знает: - технологические и организационные основы производства изделий микроэлектроники; - основные технологические процессы производства электронной компонентной базы (ЭКБ); - конструкции и принципы работы технологического оборудования для формирования функциональных слоев и элементов полупроводниковых приборов; - основные структуры активных элементов интегральных микросхем (биполярных и МДП-транзисторов) и маршрутов их изготовления; - виды технологической документации, применяемой в технологическом процессе изготовления изделий твердотельной электроники. Умеет: - составлять и анализировать технологические маршруты изготовления элементов интегральных схем;

		- проводить анализ влияния параметров технологических операций на характеристики процессов и конечных продуктов; - рассчитывать режимы технологических процессов изготовления изделий твердотельной электроники. Имеет опыт деятельности: проведения экспериментальных исследований и анализа активных структур и функциональных элементов микроэлектронных изделий.
--	--	---

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:

- знание основ математики, физики, химии;
- знание материалов электронной техники.

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)		
3	5	4	144	32	16		60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы (часы)		
1. Организационно-технологические основы производства изделий микро- и нанoeлектроники	2	-	-	2	Опрос на лекции
2 Полупроводниковые материалы и механическая обработка полупроводников	2	-	-	2	Опрос на лекции
3 Физико-химические методы обработки поверхности	2	-	4	6	Защита лабораторных работ
				5	Сдача практического задания
4 Термическое окисление	4	-	4	6	Защита лабораторных работ
5 Термическая диффузия	4	-		2	Опрос на лекции
				5	Сдача практического задания
6 Ионное легирование	4	-		2	Опрос на лекции
				5	Сдача практического задания
7 Литография	4	-	4	6	Защита лабораторных работ
8 Эпитаксия	2	-	-	2	Опрос на лекции
				5	Сдача практического задания
9 Металлизация	2	-	4	6	Защита лабораторных работ
10. Монтаж полупроводниковых приборов и интегральных микросхем	2	-	-	2	Опрос на лекции
11. Герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем	2	-	-	2	Опрос на лекции
12. Нанотехнологии в электронике	2	-	-	2	Опрос на лекции

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основные свойства и классификация полупроводниковых материалов. Кристаллическая структура полупроводников. Носители заряда и электропроводность полупроводников. Основные технологически операции производства интегральных схем. Определение кристаллографической ориентации полупроводниковых слитков.
2	2	2	Способы выращивания кристаллов. Выращивания кристалла по методу Чохральского. Резка полупроводниковых слитков на пластины. Шлифовка и полировка полупроводниковых пластин. Химическая, ионная и плазмохимическая обработка поверхности полупроводниковых пластин. Основные процессы химической обработки. Очистка поверхности полупроводников. Способы и технология отмывки поверхности полупроводников. Определение чистоты поверхности. Изучение процессов очистки подложек полупроводниковых интегральных микросхем.
3	3	2	Ориентационно-чувствительные процессы травления. Оборудование и методы модифицирования вещества. Газовое травление. Химическое и электрохимическое травление полупроводников. Химическая и электрохимическая полировка полупроводников. Анизотропное и селективное травление. Реактивно-ионное травление. Ионно-лучевая, ионно-плазменная и плазмохимическая очистка и травление полупроводников.
4	4	2	Получение тонкопленочных покрытий. Создание диэлектрических покрытий на поверхности кремния. Термический окисел кремния. Кинетика роста окисла. Структура окисла кремния и его свойства.
	5	2	Практические методы термического окисления. Методы контроля параметров диэлектрических слоев.
5	6	2	Легирование кремния. Метод термической диффузии. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии. Реальные диффузионные распределения примесей в кремнии.
	7	2	Основные легирующие примеси в кремнии. Практические методы диффузии. Способы проведения диффузии. Методы контроля параметров диффузии.
6	8	2	Ионное легирование полупроводников. Теоретические сведения о пробеге ионов в полупроводниках.
	9	2	Особенности ионного легирования монокристаллического кремния. Оборудование процесса ионного легирования.
7	10	2	Фото-, электроно- рентгенолитография, нолитография.
	11	2	Технология фотолитографии. Прямая и обратная фотолитография.
8	12	2	Виды эпитаксии. Газофазное осаждение. Жидкостная эпитаксия, молекулярно-лучевая эпитаксия. Оборудование эпитаксиальных процессов.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
9	13	2	Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков. Основные проблемы металлизации. Конструктивно-технологические особенности создания многоуровневой системы металлизации
10	14	2	Монтаж полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Разделение пластин на кристаллы и крепление кристаллов в корпуса. Присоединение проволочных выводов. Беспроволочный монтаж.
11	15	2	Герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Герметизация пайкой, электроконтактной сваркой, холодной сваркой, сваркой плавлением, пластмассами. Отработка навыков герметизации полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
12	16	2	Основные технологические методы создания наноструктур. Сканирующая зондовая микроскопия. Элементная база нанoeлектроники.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
3	1	4	Химическое травление пластин кремния
4	2	4	Термическое окисление кремния
7	3	4	Фотолитографический процесс в производстве полупроводниковых интегральных схем
9	4	4	Вакуумное напыление металлических пленок

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Подготовка к опросу на лекции
2	2	Подготовка к опросу на лекции
3	6	Подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
	5	Выполнение практического задания
4	6	Подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
5	2	Подготовка к опросу на лекции
	5	Подготовка практического задания
6	2	Подготовка к опросу на лекции
	5	Выполнение практического задания
7	6	Подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
8	2	Подготовка к опросу на лекции
	5	Выполнение практического задания
9	6	Подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
10	2	Подготовка к опросу на лекции
11	2	Подготовка к опросу на лекции
12	2	Подготовка к опросу на лекции

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/>):

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы».

Модуль 1. «Организационно-технологические основы производства изделий микро- и нанoeлектроники»

- ✓ Материалы по лекции №1

Модуль 2 «Полупроводниковые материалы и механическая обработка полупроводников»

- ✓ Материалы по лекции №2

Модуль 3 «Физико-химические методы обработки поверхности»

- ✓ Материалы по лекции №3
- ✓ Описание лабораторной работы №1
- ✓ Описание практического задания

Модуль 4 «Термическое окисление»

- ✓ Материалы по лекции №4-5
- ✓ Описание лабораторной работы №2

Модуль 5 «Термическая диффузия»

- ✓ Материалы по лекциям №6-7
- ✓ Описание практического задания

Модуль 6 «Ионное легирование»

- ✓ Материалы по лекциям №8-9
- ✓ Описание практического задания

Модуль 7 «Литография»

- ✓ Материалы по лекциям №10-11
- ✓ Описание лабораторной работы №3

Модуль 8 «Эпитаксия»

- ✓ Материалы по лекции №12
- ✓ Описание практического задания

Модуль 9 «Металлизация»

- ✓ Материалы по лекции №13
- ✓ Описание лабораторной работы №4

Модуль 10 «Монтаж полупроводниковых приборов и интегральных микросхем»

- ✓ Материалы по лекции №14

Модуль 11 «Герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем»

- ✓ Материалы по лекции №15

Модуль 12 «Нанотехнологии в электронике»

- ✓ Материалы по лекции №16

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Голишников, А. А. Основы технологии электронной компонентной базы : учебное пособие / А. А. Голишников, И. В. Сагунова, В. И. Шевяков ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2022. - 268 с. - ISBN 978-5-7256-0991-2
2. Технологические процессы нанoeлектроники : Лабораторный практикум / А.А. Голишников [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 2016. - 192 с.
3. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 3-е изд., электронное. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66309> (дата обращения: 09.12.2020). - ISBN 978-5-9963-2904-5
4. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М.А. Королев, [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с. - ISBN 978-5-94774-583-2; 978-5-94774-585-6
5. Металлизация ультрабольших интегральных схем : Учеб. пособие / Д.Г. Громов, А.И. Мочалов, А.Д. Сулимин, В.И. Шевяков; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 277 с. - (Основы наук). - Изд. выполнено в рамках инновац. образоват. программы МИЭТ "Соврем. проф. образование для рос. инновац. системы в области электроники". - ISBN 978-5-94774-904-5
6. Основы технологии электронной компонентной базы : Лабораторный практикум / А.А. Голишников, А.Ю. Красюков, С.А. Поломошнов [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 2013. - 176 с.
7. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с. - ISBN 978-5-94836-422-3
8. Нанотехнологии в электронике. [Вып. 1] / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М.: Техносфера, 2005. – 448 с. - ISBN 5-94836-059-8

Периодические издания

1. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА / РАН. - Москва : ИКЦ Академкнига, 1972 - . - URL: <https://eivis.ru/browse/publication/79437> (дата обращения: 13.06.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - .
3. РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ = NANOTECHNOLOGIES IN RUSSIA / Федеральное агентство по науке и инновациям РФ, Парк-медиа. - М. : ИКЦ Академкнига, 2006 - . URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=10601> (дата обращения: 13.06.2025)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
2. Электронно-библиотечная система Znanium : URL: <https://znanium.ru> (дата обращения: 13.06.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. Электронно-библиотечная система Лань : URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 13.06.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используются традиционное обучение.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>). Система ОРИОКС используется в дисциплине для уведомления студентов, обеспечения методическим материалом, для размещения информации о графике контрольных мероприятий и полученных оценках.

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

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы дисциплины в ОРИОКС.

Лабораторные работы проводятся с использованием специализированного технологического оборудования.

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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника 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, Acrobat reader

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Технологическая лаборатория 7217	Рабочая станция HP HP xw8400 Workstation (RB270UT), Зондовое устройство А-5, Измеритель Л2-56, Измеритель характеристик п/п Л2-56, Лазерный эллипсомер SD2100, Принтер HPLI 2200, Установка лабораторного типа для быстрого отжига RTP-1200-100, Установка магнетронного напыления различных функциональных слоев СБИС И МЭМС SSP 3000 SUGA	Microsoft Office, Windows (Azure)
Технологическая лаборатория 7219	Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких пленок методом термического испарения, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ Плазма-РИТ реактивно-ионного травления, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ-Магна нанесения пленок металлов, Бокс для установки совмещения 726М-128, Вольтметр В7-21	Microsoft Office, Windows (Azure)

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-6.ТПЭКБ Способен анализировать перспективные технологические процессы производства электронной компонентной базы.

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Изучение дисциплины включает в себя различные формы учебной работы: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студентов (СРС), а также контрольные мероприятия. Программа дисциплины реализуется в модульной форме: материал подаётся последовательно, переход к следующему модулю возможен только после подтверждения освоения предыдущего. Освоение тем проверяется с помощью контрольных работ и/или тестирования по каждому модулю.

На лекциях изучаются основные технологические процессы электронной компонентной базы. На лабораторных работах исследуются химическое травление в технологии ИС, метод термического окисления кремния, фотолитографический процесс в производстве полупроводниковых интегральных схем, вакуумное напыление металлических пленок. Выполнение и защита лабораторных работ проводятся в бригадах, формируемых преподавателем. Вариант задания выдается преподавателем. К защите лабораторных работ каждый студент должен предоставить отчет с результатами выполнения работы. Защита проходит в форме устного обсуждения результатов работ.

Самостоятельная работа студентов направлена на углублённое изучение технологических процессов производства электронной компонентной базы. Основу самостоятельной работы составляют задания исследовательского и расчётного характера, которые ориентированы на практические аспекты инженерной деятельности. Практические задания выполняются студентом самостоятельно и размещаются для проверки преподавателем в разделе «Домашние задания» в ОРИОКС.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Обязательным условием допуска к экзамену является выполнение всех лабораторных работ и успешное прохождение рубежного контроля.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительно-балльная система.

Баллами оценивается выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме до 100 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.

Разработчик:

Доцент, к.т.н. _____ / И.В. Сагунова /

Ассистент _____ / М.С. Кульпинов /

Рабочая программа дисциплины «Технология производства ЭКБ» по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» по направленности (профилю) «Конструирование и производство технологического оборудования для производства электронной компонентной базы» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании ученого совета Института ИнЭл 17 сентября 2025 года, протокол № 2

Директор Института ИнЭл _____ / В.В. Лосев /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Институтом НМСТ

Директор Института НМСТ _____ / С.П. Тимошенков /

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 /