Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 05.02.2025 12:08:25
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d7e6e8be8b82b8d601

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
«14» декабря 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Базовые процессы и технологии микроэлектроники»

Направление подготовки - 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»
Направленность (профиль) – «Технологическое оборудование для производства изделий микроэлектроники и микросистемной техники»

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

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	**УК-2.БПиТМЭ** Способен применять методы проектного менеджмента при проведении предпроектных исследований	**Опыт деятельности** по использованию методик разработки и управления проектом на всех этапах жизненного цикла, методов оценки и потребности в ресурсах и оценки эффективности проекта

Компетенция ПК-1 «ПК-1 Способен формулировать цели и задачи научных исследований, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач, делать научно-обоснованные выводы, готовить научные публикации и заявки на изобретения»

Обобщенная трудовая функция. Проведение научных исследований

Трудовая функция. Планировать научные исследования, определяя цели, задачи и методы исследования.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций
ПК-1.БПиТМЭ Способен формулировать цели и задачи научных исследований и требования к технологическому оборудованию для реализации базовых процессов и перспективных технологий микроэлектроники	- анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; - определение цели, постановка задач проектирования, подготовка технических заданий на выполнение проектов электронных средств	**Знания:** современного состояния и базовых технологических процессов изготовления ЭКБ. **Умения:** проводить расчеты параметров технологических процессов при изготовлении ЭКБ. **Опыт деятельности:** по применению навыков выбора теоретических и экспериментальных методов исследований в области изготовления ЭКБ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине:

- знание принципов конструирования отдельных узлов и блоков интегральных схем;
- умение проводить оценочные расчеты характеристик интегральных схем;
- владение навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем для интегральных схем.

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	3	108	16	16	16	60	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1.Подготовительные процессы микроэлектронного производства	4	4	4	15	Защита лабораторной работы №1 Тестирование №1 Контроль выполнения практико-ориентированного задания
2. Типовые технологические маршруты	4	4	4	15	Защита лабораторной работы №2 Тестирование №2

изготовления полупроводниковых ИС					Контроль выполнения практико-ориентированного задания
3. Базовые технологические процессы модификации материалов и структур	4	4	4	15	Защита лабораторной работы №3
					Тестирование №2
					Контроль выполнения практико-ориентированного задания
4. Аналитические методы полупроводниковой микро- и наноэлектроники	4	4	4	15	Защита лабораторной работы №4
					Тестирование №2
					Защита реферата
					Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Методы получения монокристаллического кремния: метод Чохральского; метод безтигельной зонной плавки. Резка слитков на пластины. Шлифование и полирование пластин. Способы очистки подложек ИМС.
	2	2	Эпитаксиальные методы в подготовке пластин (газофазная эпитаксия, жидкофазная эпитаксия, молекулярно-лучевая эпитаксия).
2	3	2	Технологические маршруты биполярных ИМС: с изоляцией обратносмещенным p-n-переходом; с полной диэлектрической изоляцией; с комбинированной изоляцией.
	4	2	Типовые технологические маршруты МДП ИМС: толстооксидная технология; МОП ИМС с самосовмещенными затворами. Типовые технологические маршруты изготовления комплементарных МДП ИМС: на одной пластине с самосовмещенными затворами; технология кремний-на-сапфире (КНС).
3	5	2	Литографические процессы. Травление материалов: изотропное и

			анизотропное травление; жидкостное и сухое плазмохимическое травление; Бош-процесс. Модификация материалов ионным пучком и зондовыми методами. Термические процессы: окисление; диффузия. Ионная имплантация.
	6	2	Химическое осаждение материалов из газовой фазы, атомно-слоевое осаждение. Методы физического осаждения из газовой фазы: ионно-плазменное распыление; термическое испарение, электронно-лучевое испарение. Электролитическое осаждение. Золь-гель метод.
4	7	2	Методы структурного анализа и контроля: зондовые методы анализа поверхности; электронно-микроскопические методы; методы рентгеновской спектроскопии.
	8	2	Методы кристаллохимического анализа: Оже-спектроскопия; рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия; комбинационное рассеяние света; энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия. Метод фокусированного ионного пучка.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Интерактивный опрос «Особенности производства интегральных микросхем»
	2	2	Групповая дискуссия «Базовые технологии полупроводниковой микроэлектроники»
2	3	2	Проблемная лекция «Перспективная элементная база микроэлектроники»
	4	2	Практико-ориентированное задание: «Изучение организации микроэлектронного производства с применением средств виртуальной реальности» (VR-лаборатория «Микроэлектронные технологии МЭМС»)
3	5	2	Групповая дискуссия «Оборудование для термической диффузии в технологии микроэлектроники»
	6	2	Лекция пресс-конференция «Оборудование для наращивания эпитаксиальных слоев»
4	7	2	Практико-ориентированное задание «Изучение методов исследования твёрдых тел с применением онлайн-симуляторов»
	8	2	Групповая дискуссия «Аналитические методы обратного проектирования полупроводниковых структур»

4.3. Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Изучение конструкций, параметров и характеристик полупроводниковых микросхем.
2	2	4	Изучение технологии полупроводниковых ИМС с диэлектрической и комбинированной изоляцией.
3	3	4	Технологии изготовления полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах.
4	4	4	Технологические процессы изготовления МДП интегральных схем.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Подготовка к лекциям №1, 2.
	4	Подготовка к лабораторной работе №1.
	1	Выполнение теста №1.
	2	Подготовка к практическому занятию №1.
	2	Выполнение практико-ориентированного задания.
	2	Подготовка реферата.
2	4	Подготовка к лекциям №3, 4.
	4	Подготовка к лабораторной работе №2.
	1	Выполнение теста №2.
	2	Подготовка к практическому занятию №2.
	2	Выполнение практико-ориентированного задания.
	2	Подготовка реферата.
3	4	Подготовка к лекциям №5, 6.
	4	Подготовка к лабораторной работе №3.
	1	Выполнение теста №3.
	2	Подготовка к практическому занятию №3.
	3	Выполнение практико-ориентированного задания.
	2	Подготовка реферата.
4	4	Подготовка к лекциям №7, 8.
	4	Подготовка к лабораторной работе №4.

	2	Подготовка к практическому занятию №4.
	2	Выполнение практико-ориентированного задания.
	2	Подготовка реферата.

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
- Методические указания для студентов по изучению дисциплины «Базовые процессы и технологии микроэлектроники».
- Методические указания студентам по выполнению практико-ориентированного задания (ПОЗ) по дисциплине.
- Методические указания студентам с требованиями к оформлению и объему реферата.

Модуль 1 «Подготовительные процессы микроэлектронного производства»:

- Методические указания к выполнению лабораторной работы №1 по дисциплине;
- Конспект лекций №1, №2 по дисциплине.

Модуль 2 «Типовые технологические маршруты изготовления полупроводниковых ИС»:

- Методические указания к выполнению лабораторной работы №2 по дисциплине;
- Конспект лекций №3, №4 по дисциплине.

Модуль 3 «Базовые технологические процессы модификации материалов и структур»:

- Методические указания к выполнению лабораторной работы №3 по дисциплине;
- Конспект лекций №5, №6 по дисциплине.

Модуль 4 «Аналитические методы полупроводниковой микро- и наноэлектроники»

- Методические указания к выполнению лабораторной работы №4 по дисциплине;
- Конспект лекций №7, №8 по дисциплине.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Смирнов, В. И. Технология интегральных микросхем : учебное пособие / В. И. Смирнов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 244 с. - ISBN 978-5-9729-1232-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/2100449 (дата обращения: 31.10.2024). – Режим доступа: по подписке.
2. Бодров, Е. Э. Основы технологии электронной компонентной базы : учебное пособие / Е. Э. Бодров. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 204 с. - ISBN 978-5-9729-0846-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1902462 (дата обращения: 31.10.2024). – Режим доступа: по подписке.

3. Камлюк, В. С. Современное технологическое оборудование для микроэлектроники : учебное пособие / В. С. Камлюк, Д. В. Камлюк. — Минск : РИПО, 2022. — 266 с. — ISBN 978-985-895-032-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/334148 (дата обращения: 31.10.2024). — Режим доступа: по подписке.
4. Белоус, А. И. Материалы и устройства наноэлектроники. Электроника после Мура : научно-популярное издание / А. И. Белоус, В. А. Солодуха. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 564 с. - ISBN 978-5-9729-1045-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1902693 (дата обращения: 31.10.2024). – Режим доступа: по подписке.
5. Родионов, Ю. А. Технологические процессы в микро- и наноэлектронике : учебное пособие / Ю. А. Родионов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 352 с. – URL: https://znanium.ru/catalog/document?id=346720 (дата обращения: 31.10.2024)
6. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Р.А. Андриевский. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2017. – 255 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/94128 (дата обращения: 31.10.2024)

Периодические издания

1. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА / РАН. - Москва : ИКЦ Академкнига, 1972 - . - URL: https://eivis.ru/browse/publication/79437 (дата обращения: 28.10.2024). - Режим доступа: по подписке.

2. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . – URL: https://link.springer.com/journal/11453 (дата обращения: 31.10.2024)

3. НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Нано-микросистемная техника, 1999 - .
4. 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: 30.09.2019)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека : сайт. URL: https://elibrary.ru/defaultx.asp. (дата обращения: 31.10.2024) - Режим доступа : для зарегистрир. пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань : URL: https://e.lanbook.com/ (дата обращения: 31.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

3. Электронно-библиотечная система Znanium : URL: https://znanium.ru (дата обращения: 31.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение при реализации СРС: онлайновая предаудиторная работа с использованием внешних или внутренних электронных ресурсов (записи видеолекции, тестирование). Также при реализации аудиторных занятий применяются активные (дискуссионные) и интерактивные методы обучения:

- семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, возможно презентаций с применением на практическом примере изученного материала, тематической дискуссии, разбор ошибок при тестировании.

− обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

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

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

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в формах тестирования в ОРИОКС (http://orioks.miet.ru) или MOODLe.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	мультимедийное оборудование	Операционная система Windows, Microsoft Office, браузер, Интерактивная VR-лаборатория «Микроэлектронные технологии МЭМС»
Компьютерный класс, аудитория №4116	Компьютер Raskat Station 930 (r9 7900X, B650, RAM 32Gb, SSD 1Tb, 16Gb A4000, 650W, NoOS) WR3/456 (+ клава и мышь) Телевизор (LG 65QNED81RA, 65”, 4K HD, 1 шт.).	Microsoft Office Professional Plus 2013 (п. 15. Реестра ПО). Корпоративная информационно-

	Конференц-камера (Logitech VC BCC950, 1 шт.). Микроскоп металлографический упрощенный ММУ-3 (7 шт.). Фотокамера для микроскопа (7 шт.). Осциллограф С1-65А (3 шт.). Стенд измерительный (3 шт.). Вольтметр В7-38 (2 шт.). Макеты конструкционных элементов ИС. Стенды (10 шт.). Фотоальбомы.	технологическая платформа ОРИОКС (п.88 Реестра ПО). Adobe Reader.
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Windows,Microsoft Office, браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции УК-2.БПиТМЭ «Способен применять методы проектного менеджмента при проведении предпроектных исследований».

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-1.БПиТМЭ «Способен формулировать цели и задачи научных исследований и требования к технологическому оборудованию для реализации базовых процессов и перспективных технологий микроэлектроники».

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

Максимальная эффективность от работы на лекциях достигается при предварительной подготовке к ней – студент должен ознакомиться с предстоящей темой лекции и основными её тезисами, предложенных преподавателем или найденных в рекомендуемой основной литературе, подготовить вопросы к лектору по заинтересовавшим вопросам. В процессе изучения модулей студенты участвуют в лекциях-пресс-конференциях, лекциях-дискуссиях по темам курса.

В дисциплине применяется также иммерсивный метод обучения с применением интерактивной VR-лаборатория «Микроэлектронные технологии МЭМС». VR-технология позволяет создать виртуальные двойники сложного оборудования и технологий,

предоставляя студентам безопасную и доступную среду для изучения и отработки профессиональных навыков.

Практические занятия проводятся под руководством преподавателя. Чтобы хорошо подготовиться к практическому занятию, студенту необходимо:

- уяснить вопросы и задания, рекомендуемые для подготовки к практическому занятию;
- прочитать соответствующие главы учебника (учебного пособия);
- изучить и законспектировать рекомендованные преподавателем основные литературные источники;
- прочитать дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем;
- сформулировать и записать развернутые ответы на вопросы для подготовки к практическому занятию.

На практическом занятии разрешается пользовать конспектом первоисточников и планом-конспектом, составленным по вопросам плана для подготовки к практическому занятию.

В ответе студента на практическом занятии должны быть отражены следующие моменты:

- анализ взглядов по рассматриваемой проблеме;
- изложение сути вопроса, раскрытие проблемы, аргументация высказываемых положений на основе фактического материала;
- связь рассматриваемой проблемы с современностью, значимость ее для жизни и будущей деятельности;
- вывод, вытекающий из рассмотрения вопроса (проблемы).

Студентам, выступающим на практическом занятии с 10-15 минутным докладом (научным сообщением), целесообразно подготовить конспект выступления. При выступлении следует стремиться излагать содержание доклада своими словами (избегая безотрывного чтения текста), поддерживать контакт с аудиторией, ставить перед ней проблемные вопросы, использовать технические средства обучения. Лучшим выступлением считается то, в котором студент в течение до 10 минут свободно и логично по памяти излагает изученный материал, используя для доказательства наглядные пособия, структурно-логические схемы, классную доску, электронные презентации.

Практико-ориентированное задание выполняется в рамках самостоятельной работы, и направлено на анализ технологических процессов микро- и наноэлектроники, используемых при разработке современного оборудования, а также приборов и устройств из их состава. Материал практико-ориентированного задания базируется на реальных производственных задачах ведущих предприятий в области разработки современного оборудования. Выполнение задания требует навыков самостоятельного и творческого мышления, уверенного знания теоретического материала и навыков решения практических заданий по изучаемой теме. Практико-ориентированное задание включает изучение современной научно-технической литературы, периодических изданий и патентных источников, что необходимо для раскрытия основных физических принципов анализируемой технологии, сравнения с аналогами, выявления преимуществ и недостатков. Проведенный анализ должен позволить сделать выводы о перспективах анализируемой технологии и способах ее практической реализации.

Одной из форм обучения, подготовки к практическому занятию, разработки и написания реферата, выполнения практико-ориентированного задания является консультация у преподавателя. Обращаться к помощи преподавателя следует при подготовке реферата, научного сообщения, доклада, контрольной работы, а также в любом случае, когда студенту не ясно изложение какого-либо вопроса в учебной литературе или он не может найти необходимую литературу. Преподаватель поможет составить план доклада (творческой работы), порекомендует порядок изложения вопросов, поможет рассчитать время выступления, подобрать соответствующую литературу, раскрыть профессиональный аспект рассматриваемой проблемы.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 65 баллов), активность в семестре (в сумме 5 баллов).

По завершению изучения дисциплины предусмотрен зачет с оценкой (30 баллов), при этом оценка учебной деятельности студента основана на балльной накопительной системе. Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в методических указаниях для студентов.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в электронной информационно-образовательной среде МИЭТ: http://orioks.miet.ru/ .

Разработчик:

Доцент Института НМСТ, к.т.н., доцент _____ /А.Н. Бойко/

Рабочая программа дисциплины «Базовые процессы и технологии микроэлектроники» направленности (профилю) 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Технологическое оборудование для производства изделий микроэлектроники и микросистемной техники» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Института НМСТ 3 декабря 2024 года, протокол № 6.

Директор Института НМСТ _____/ С.П.Тимошенков /

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 /

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ _____/А.Л.Переверзев /