

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 15:11:42

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73b076c8f8e387b84602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«МФТИ» (Институт электронной техники)»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«14» декабря 2020г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы технологии электронной компонентной базы»

Направление подготовки - 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Квантовые приборы и наноэлектроника»

2020 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 2 «Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.104 Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Обобщенная трудовая функция: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции: С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2.ОТЭКБ Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик технологических процессов создания элементов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	– анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; – участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;	Знает: организационно-технологические основы производства изделий микроэлектроники; основные технологические процессы производства электронной компонентной базы (ЭКБ); конструкции технологического оборудования и методы формирования функциональных слоев и конструктивных элементов полупроводниковых приборов; основные структуры активных элементов ИМС - биполярных и МДП транзисторов; маршруты изготовления ЭКБ. Умеет: составлять краткие технологические маршруты изготовления различных элементов ИС; проводить исследования влияния операционных параметров на технологические характеристики процессов изготовления ИС; сравнивать

		различные методы формирования функциональных слоев ИС. Опыт деятельности: по экспериментальному исследованию функциональных элементов активных структур.
--	--	---

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;
- знание основных технологических операций изготовления ИС.

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	5	5	180	32	32	–	80	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1. Организационно-технологические основы производства изделий микро- и нанoeлектроники	2	-	-	4	Опрос на лекции
2. Физико-химические методы обработки поверхности	4	-	8	10	Выполнение и защита лабораторных работ
				6	Сдача практического задания
3 Термическое окисление	4	-	8	8	Выполнение и защита лабораторных работ
4 Термическая диффузия	4	-	4	8	Выполнение и защита лабораторных работ
5 Ионное легирование	4	-	4	8	Выполнение и защита лабораторных работ
6 Литография	4	-	4	8	Выполнение и защита лабораторных работ
7 Эпитаксия	2	-	-	8	Опрос на лекции
8 Металлизация	4	-	4	8	Выполнение и защита лабораторных работ
9 Интегрированные кластерные технологические комплексы	2	-	-	8	Опрос на лекции
10 Нанотехнологии в электронике	2	-	-	4	Опрос на лекции

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Классификация и стандартизация базовых операций, производственная гигиена, чистота материалов и помещений. Физико-технологические и экономические ограничения интеграции и минитюаризации. Эксплуатация и сервисное обслуживание микроэлектронного производства.
2	2	2	Ориентационно-чувствительные процессы травления. Оборудование и методы модифицирования вещества. Газовое травление. Химическая и электрохимические теории жидкостного травления.
	3	2	Анизотропное и селективное травление. Реактивно-ионное травление.
3	4	2	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.
4	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. Методы контроля параметров диффузии.
5	8	2	Ионное легирование полупроводников. Теоретические сведения о пробеге ионов в полупроводниках.
	9	2	Особенности ионного легирования монокристаллического кремния. Оборудование процесса ионного легирования.
6	10	2	Фото-, электроно- рентгенолитография, нолитография.
	11	2	Технология фотолитографии. Прямая и обратная фотолитография.
7	12	2	Виды эпитаксии. Газофазное осаждение. Жидкостная эпитаксия, молекулярно-лучевая эпитаксия. Оборудование эпитаксиальных процессов.
8	13	2	Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков. Основные проблемы металлизации.
	14	2	Конструктивно-технологические особенности создания многоуровневой системы металлизации
9	15	2	Состав технологических комплексов. Особенности технологических процессов в кластерных комплексах.
10	16	2	Основные технологические методы создания наноструктур. Сканирующая зондовая микроскопия. Элементная база нанoeлектроники.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	4	Химическое травление пластин кремния
	2	4	Плазмохимическое травление в технологии ИС
3	3	4	Термическое окисление кремния
	4	4	Маскирующие свойства окисла кремния
4	5	4	Изучения процесса диффузии примесей в кремний
5	6	4	Изучение процесса ионного легирования кремния примесью
6	7	4	Фотолитографический процесс в производстве полупроводниковых интегральных схем
8	8	4	Вакуумное напыление металлических пленок

4.4. Самостоятельная работа студентов

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

6	8	Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
7	8	Подготовка к опросу на лекции
8	8	Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
9	8	Подготовка к опросу на лекции
10	4	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 для подготовки к опросам: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 2 «Физико-химические методы обработки поверхности»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 2 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 3 «Термическое окисление»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 4 «Термическая диффузия»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 5 «Ионное легирование»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 6 «Литография»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 7 «Эпитаксия»

- ✓ Материалы для подготовки к опросам: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 8 «Металлизация»

- ✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 9 «Интегрированные кластерные технологические комплексы»

- ✓ Материалы для подготовки к опросам: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 10 «Нанотехнологии в электронике»

- ✓ Материалы для подготовки к опросам: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Технологические процессы наноэлектроники : 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.
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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.
6. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с. - ISBN 978-5-94836-422-3
7. Нанотехнологии в электронике. [Вып. 1] / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М.: Техносфера, 2005. – 448 с. - ISBN 5-94836-059-8

Периодические издания

1. RUSSIAN MICROELECTRONICS. - : Springer, [2000] - . - URL:

<http://link.springer.com/journal/11180> (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

2. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - .
3. IEEE Transactions on Electron Devices. - USA : IEEE, [б.г.]. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=16> (дата обращения: 14.06.2020). – Режим доступа: по подписке МИЭТ

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: 30.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. Пользователей
5. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используются смешанное обучение, сочетающее традиционные формы аудиторных занятий и взаимодействие в электронной образовательной среде.

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

Применяются дистанционные образовательные технологии: онлайн лекции, онлайн консультации. Работа поводится по следующей схеме: самостоятельная работа с использованием онлайн-ресурсов: описание учебного задания http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2017/12/UZ_OTEBK_SHevyakov.rtf, методические указания https://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/normal/003sc8q4xct3wx/pr2_OTEBK_IEMS_IEMS_210100.62.doc, тексты лекций и описания лабораторных работ в системе ОРИОКС, обсуждение и консультирование с последующей доработкой и подведением итогов; аудиторная работа с разбором конкретных примеров и опросами, практическая работа на технологическом оборудовании.

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
Компьютерный класс	Персональные компьютеры, сетевой принтер, интернет	Операционная система MS Windows, система приборно-технологического моделирования TCAD Synopsys
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 (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
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 СВИС И МЭМС SSP 3000 SUGA	Microsoft Office, Windows (Azure)
Технологическая лаборатория 7219	Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких пленок методом термического	Microsoft Office, Windows (Azure)

	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	
--	---	--

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2.ОТЭКБ «Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик технологических процессов создания элементов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения».

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

На практических занятиях изучаются основные технологические процессы электронной компонентной базы. Разбираются конкретные методы создания рп-переходов (занятие 5 «изучения процесса диффузии примесей в кремний», занятие 6 «изучение процесса ионного легирования кремния примесью»). На лабораторных работах исследуются плазмохимическое травление в технологии ИС (занятие 2), фотолитографический процесс в производстве полупроводниковых интегральных схем (занятие 7), вакуумное напыление металлических пленок (занятие 8). Выполнение и защита лабораторных работ проводятся в бригадах, формируемых преподавателем. Вариант задания выдается преподавателем. К защите практических работ каждый студент должен предоставить отчет с результатами выполнения работы. Защита проходит в форме устного обсуждения результатов работ. Защита практикоориентированного задания проводится во время практических занятий.

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме экзамена.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита практических лабораторных работ (до 40 баллов), результаты выполнения комплексного задания (до 10 баллов), активность в семестре (опросы, 10 баллов) и сдача экзамена (до 40 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице (см. также журнал успеваемости на ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>).

Разработчик:

Профессор, д.т.н



/ В.И. Шевяков /

Доцент, к.т.н



/ И.В. Сагунова /

Рабочая программа дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» по направленности (профилю) «Квантовые приборы и нанoeлектроника» разработана и утверждена на заседании кафедры ИЭМС 26.11 2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой  / Ю.А. Чаплыгин /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой КФН

Заведующий кафедрой КФН  / А. А. Горбачев /

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 /