

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	5 семестр - 16 часов;
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 149,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сарач О.Б.
	Идентификатор	R2562e7bf-SarachOB-f26c228a

О.Б. Сарач

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

Д.С. Холодный

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З. Славинский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение углублённого профессионального образования по технологии электронной компонентной базы

Задачи дисциплины

- ознакомление с технологическими процессами при создании электронной компонентной базы.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	знать: - современные тенденции развития микроэлектроники; - основные технологические операции, используемые при производстве электронной компонентной базы. уметь: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе технологических операций.
ПК-2 Способен участвовать в проведении исследований материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	ИД-2 _{ПК-2} Обладает знаниями о структуре и физико-химических свойствах материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	знать: - термины в области технологии электронной компонентной базы. уметь: - рассчитывать основные параметры технологических операций, используемых при производстве интегральных схем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать материалы электронной техники
- знать основы химии

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия технологии	21	5	4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия технологии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные понятия технологии"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия технологии"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 6-31 [2], 11-24</p>
1.1	Основные понятия технологии	21		4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	
2	Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы	47		4	4	2	-	-	-	-	-	-	37	
2.1	Конструкции и технологические последовательности	47	4	4	2	-	-	-	-	-	-	37	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Конструкции и технологические</p>

	изготовления электронной компонентной базы												последовательности изготовления электронной компонентной базы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы" материалу. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 36–114
3	Основные процессы технологии электронной компонентной базы	91	20	12	10	-	-	-	-	-	49	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Основные процессы технологии электронной компонентной базы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет параметров ионной имплантации при производстве ИС, Расчет параметров диффузии при производстве ИС, Расчет параметров технологических операций при производстве ИС <u>Самостоятельное изучение</u>
3.1	Создание рисунка слоев интегральных схем	24	6	-	2	-	-	-	-	-	16	-	
3.2	Методы нанесения слоев	33	8	4	4	-	-	-	-	-	17	-	
3.3	Легирование полупроводников	34	6	8	4	-	-	-	-	-	16	-	

													<p><u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные процессы технологии электронной компонентной базы"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные процессы технологии электронной компонентной базы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основные процессы технологии электронной компонентной базы" материалу.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные процессы технологии электронной компонентной базы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 301-369 [3], 4-34 [4], 22-81 [5], 375-395</p>	
4	Монтажно-сборочные и контрольные операции	21		4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Монтажно-сборочные и контрольные операции"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а</p>
4.1	Монтажно-сборочные и контрольные операции	21		4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	

													так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Монтажно-сборочные и контрольные операции" материалу. <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Монтажно-сборочные и контрольные операции". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Монтажно-сборочные и контрольные операции" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Монтажно-сборочные и контрольные операции" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 283-300, 370-390 [6], 64-89
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	116	33.5	
	Итого за семестр	216.0	32	16	16	2	-	-	-	0.5	149.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия технологии

1.1. Основные понятия технологии

Современное состояние микроэлектроники. Физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы. Классификация материалов электронной компонентной базы. Классификация полупроводниковых материалов..

2. Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы

2.1. Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы

Конструкции гибридных ИС. Конструкции и технологические последовательности изготовления ИС на основе биполярных транзисторов. Конструкции и технологические последовательности изготовления КМОП ИС..

3. Основные процессы технологии электронной компонентной базы

3.1. Создание рисунка слоев интегральных схем

Химическая обработка и травление кремниевых пластин. Методы литографии. Технология фотолитографии. Плазменная обработка и травление материалов электронной компонентной базы..

3.2. Методы нанесения слоев

Физико-химические основы технологии эпитаксиальных слоёв. Методы создания диэлектрических слоёв. Термическое окисление кремния. Технология многоуровневой металлизации.

3.3. Легирование полупроводников

Термическая диффузия. Ионное легирование..

4. Монтажно-сборочные и контрольные операции

4.1. Монтажно-сборочные и контрольные операции

Разделение пластин на кристаллы. Присоединение кристаллов к корпусу. Монтаж приборов в корпус. Функциональный контроль приборов. Испытания и измерения..

3.3. Темы практических занятий

1. Функциональный контроль приборов;
2. Технология металлизации;
3. Технология эпитаксиальных слоёв;
4. Методы литографии;
5. Ионное легирование;
6. Термическая диффузия;
7. Технологические последовательности изготовления ИС;
8. Ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации;
2. Диффузионное легирование полупроводников;
3. Термическое окисление кремния;
4. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия технологии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные процессы технологии электронной компонентной базы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Монтажно-сборочные и контрольные операции"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные понятия технологии"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные процессы технологии электронной компонентной базы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Монтажно-сборочные и контрольные операции"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
основные технологические операции, используемые при производстве электронной компонентной базы	ИД-2ПК-1		+		+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации
современные тенденции развития микроэлектроники	ИД-2ПК-1			+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации
термины в области технологии электронной компонентной базы	ИД-2ПК-2	+				Тестирование/Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы
Уметь:						
выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе технологических операций	ИД-2ПК-1			+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников
рассчитывать основные параметры технологических операций, используемых при производстве интегральных схем	ИД-2ПК-2			+		Расчетно-графическая работа/Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Коледов, Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / Л. А. Коледов . – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Лань-Пресс, 2008 . – 400 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0768-8 .;
2. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : в 2 т : учебное пособие для вузов / Общ. ред. Ю. Н. Коркишко . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 . – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0341-0 . Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова ; Общ. ред. Ю. Н. Коркишко . – 2010 . – 392 с. - ISBN 978-5-9963-0335-9 .;

3. Сарач, О. Б. Тонкие пленки : учебное пособие по курсу "Процессы микро- и нанотехнологий" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / О. Б. Сарач, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 36 с. - ISBN 5-903072-33-X .;
4. А. М. Светличный, И. Л. Житяев- "Фотонно-стимулированные технологические процессы микро- и нанотехнологии", Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, Таганрог, 2017 - (105 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500090>;
5. Гусев А. И.- "Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии", (2-е изд., испр.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2009 - (416 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173;
6. А. А. Кондрашин, А. Н. Лямин, В. В. Слепцов- "Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств", Издательство: "Техносфера", Москва, 2016 - (150 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496484>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Учебные аудитории для	Е-305, Аудитория	рабочее место сотрудника, стеллаж для

проведения промежуточной аттестации	для проведения лекционных и практических занятий	хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы технологии электронной компонентной базы

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы (Тестирование)
- КМ-2 Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников (Лабораторная работа)
- КМ-5 Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	Основные понятия технологии							
1.1	Основные понятия технологии		+					
2	Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы							
2.1	Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы			+				+
3	Основные процессы технологии электронной компонентной базы							
3.1	Создание рисунка слоев интегральных схем				+	+		
3.2	Методы нанесения слоев							+
3.3	Легирование полупроводников						+	
4	Монтажно-сборочные и контрольные операции							
4.1	Монтажно-сборочные и контрольные операции			+				+
Вес КМ, %:			10	15	15	20	20	20