

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 16:07:19  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736076c8185ca862886602

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

И.Г. Игнатова

« 5 » октября 202 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование и технология электронной компонентной базы»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»

Направленность (профиль) – «Микроэлектроника и твердотельная электроника»,

«Материалы и технологии материалов функциональной электроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументированно защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.ПиТЭКБ Способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы исследования элементов электронной компонентной базы	<b>Знает</b> основные технологические процессы изготовления изделия микроэлектроники; конструкции технологического оборудования и методы формирования функциональных слоев и конструктивных элементов полупроводниковых приборов. <b>Умеет</b> выявить причины отклонений контролируемого параметра интегральной структуры от целевого значения и предлагать решения, направленные на устранение причин отклонения. <b>Имеет опыт</b> анализа экспериментальных данных в стандартном технологическом процессе изготовления изделия микроэлектроники.
ОПК-4. Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.ПТЭКБ Способен применять специализированное программно-математическое обеспечение при проектировании элементов микро- и нанoeлектроники	<b>Знает</b> параметры и характеристики стандартных цифровых элементов. <b>Умеет</b> рассчитывать статические и динамические параметры цифрового элемента. <b>Имеет опыт</b> проектирования элементов микро- и нанoeлектроники с использованием современных средств автоматизированного проектирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине:

- знание основ проведения технологических операций создания кремниевых ИС;
- знание основных технологических маршрутов создания кремниевых ИС;
- знание основ цифровой и аналоговой схемотехники;
- знание основных этапов проектирования электронных устройств использованием САПР;

- знание компьютерных технологий в проектно-исследовательской деятельности.

### 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	6	216	16	-	32	132	Экз. (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы (часы)		
1. Модели и параметры интегральных элементов	8	-	-	12	Опрос на лекциях
2. Проектирование электронной компонентной базы	8	-	-	12	Опрос на лекциях
3. Тенденции и перспективы развития технологического базиса МОП - ИС.	-	4	-	12	Краткое сообщение на практическом занятии
4. Основные конструктивные элементы биполярных и МОП - транзисторов ИС	-	4	-	12	Краткое сообщение на практическом занятии

5 Анализ технологий СБИС	–	4	–	12	Краткое сообщение на практическом занятии
6 Развитие техники проекционной фотолитографии	–	4	–	12	Краткое сообщение на практическом занятии
7 Современное состояние технологии многоуровневой металлизации СБИС	–	4	–	12	Краткое сообщение на практическом занятии
8 Базовые маршруты СБИС	–	4	–	12	Краткое сообщение на практическом занятии
9 Особенности современных СБИС	–	4	–	12	Краткое сообщение на практическом занятии
10 Перспективные технологии КМОП и БиКМОП СБИС	–	4	–	24	Краткое сообщение на практическом занятии Защита практического задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основные параметры и характеристики ИС
	2	2	Пассивные и активные элементы
	3	2	Малосигнальные эквивалентные схемы
	4	2	Логические преобразования сигналов
2	5	2	Базовые логические элементы (ЛЭ) на биполярных транзисторах
	6	2	Усилительные каскады
	7	2	Топологическое проектирование
	8	2	Основы автоматизации проектирования изделий нанoeлектроники

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
3	1	2	Фундаментальные ограничения при миниатюризации ИС. Толщина подзатворного диэлектрика - одна из основных проблем дальнейшей миниатюризации МОП- транзистора.

	2	2	Ограничения миниатюризации МОП - транзистора, связанные с областями стока/истока. Технологии формирования канала транзистора.
4	3	2	Высоколегированные области в биполярных и МОП транзисторах, скрытые слои, эпитаксиальные слои, поликремниевые затворы.
	4	2	Физические и конструктивные параметры диэлектрических слоев и их воспроизводимость. Конструктивные варианты изоляции активных элементов ИС.
5	5	2	Интеграция технологических процессов. Воспроизводимость параметров технологических процессов. Межоперационный контроль. Обеспечение высокого выхода годных.
	6	2	Проектные нормы как базовое понятие для характеристики уровня технологии.
6	7	2	Техника создания рисунка в функциональных слоях на основе проекционной фотолитографии. Материалы и последовательность использования фотошаблонов.
	8	2	Место жидкостной теххимии и плазменных процессов при создании углублений в кремнии, рисунка в диэлектрических, полупроводниковых и металлических слоях.
7	9	2	Принципы построения и классификация современных систем металлизации СБИС. Вклад системы металлизации в параметры СБИС. Основные элементы систем металлизации.
	10	2	Основные проблемы реализации многослойной системы металлизации СБИС.
8	11	2	Базовые маршруты изготовления КМОП СБИС.
	12	2	Базовые маршруты изготовления БиКМОП СБИС.
9	13	2	Методология создания современных СБИС.
	14	2	Последовательность создания современных СБИС.
10	15	2	Перспективные технологии КМОП СБИС.
	16	2	Перспективные технологии БиКМОП СБИС.

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Изучение материалов лекций. Подготовка к опросам
2	12	Изучение материалов лекций. Подготовка к опросам
3	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).

4	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
5	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
6	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
7	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
8	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
9	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
10	12	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию (выполнение ДЗ и подготовка краткого сообщения).
	12	Выполнение практического задания

#### 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 «Проектирование и технология электронной компонентной базы».

#### **Модуль 1 «Модели и параметры интегральных элементов»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Современные технологии проектирования элементов и устройств наноэлектроники"/ В.В. Лосев, А.А. Миндеева, Н.В. Гуминов ; М-во образования и науки РФ, МИЭТ. - М., 2011. - 52 л.

✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Современные технологии проектирования элементов и устройств наноэлектроники " В.В. Лосев, А.А. Миндеева, Н.В. Гуминов; М-во образования и науки РФ, МИЭТ. - М., 2011. - 64 л.

#### **Модуль 2 «Проектирование электронной компонентной базы»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.

#### **Модуль 3 «Тенденции и перспективы развития технологического базиса МОП - ИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 4 «Основные конструктивные элементы биполярных и МОП - транзисторов ИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 5 «Анализ технологий СБИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 6 «Развитие техники проекционной фотолитографии»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 7 «Современное состояние технологии многоуровневой металлизации СБИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 8 «Базовые маршруты СБИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 9 «Особенности современных СБИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

#### **Модуль 10 «Перспективные технологии КМОП и БиКМОП СБИС»**

✓ Материалы для подготовки краткого сообщения: перечень основной и дополнительной литературы

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 768 с.
2. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых знаний. Физматлит : Юнимедиастайл, 2002. - 448 с.
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. : Бинум. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с.
4. Металлизация ультрабольших интегральных схем : Учеб. пособие / Д.Г. Громов [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 277 с.
5. Путря М.Г. Плазменные методы формирования трехмерных структур УБИС [Текст] : Учеб. пособие / М.Г. Путря. - М. : МИЭТ, 2005. - 128 с.
6. Уэйкерли Д.Ф. Проектирование цифровых устройств : Пер. с англ. Т. 1 / Д.Ф. Уэйкерли. - М. : Постмаркет, 2002. - 544 с.
7. Уэйкерли Д.Ф. Проектирование цифровых устройств : Пер. с англ. Т. 2 / Д.Ф. Уэйкерли. - М. : Постмаркет, 2002. - 1088 с.
8. Шишина Л.Ю. Элементная база биполярных цифровых ИС: Конспект лекций по

курсу "Элементная база БИС" / Л.Ю. Шишина. - М. : МИЭТ, 1998. - 116 с.

### **Периодические издания**

1. RUSSIANMICROELECTRONICS. - : 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
4. Электроника: Наука. Технология. Бизнес : Научно-технический журнал / Издается при поддержке Российского агентства по системам управления. - М. : Техносфера, 1996 - .

### **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: 30.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. Пользователей
2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. - URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - 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>).

В ходе реализации обучения используется также «расширенная виртуальная модель», которая предполагает обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях или онлайн-занятиях, на которых проводится разбор нового материала, консультирование и опрос по результатам выполнения самостоятельной работы. Самостоятельная работа студентов включает работу с использованием онлайн-ресурсов, в т.ч. для организации обратной связи с обсуждением, консультированием, с последующей доработкой и подведением итогов.

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



## 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	ОС Microsoft Windows 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. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ОПК-2.ПиТЭКБ Способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы исследования элементов электронной компонентной базы.

ФОС по подкомпетенции ОПК-4.ПиТЭКБ Способен применять специализированное программно-математическое обеспечение при проектировании элементов микро- и нанoeлектроники.

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены 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

Освоение теоретического материала проверяется во время опроса на лекциях и на практических занятиях. Во время самостоятельной работы студенты готовятся к опросам на лекциях и практическим занятиям. Помимо предложенной учебной литературы и материалов лекций, практических занятий, для подготовки к аудиторным занятиям нужно использовать внешние электронные ресурсы, ссылки на которые размещены в корпоративной информационно-технологической платформе ОРИОКС.

Подготовка и выполнение практического задания предполагает формирование у обучающихся по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ и электронной почты.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: результаты работы на лекциях и практических занятиях (до 70 баллов), выполнение практического задания (до 10 баллов) и экзамен (до 20 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.


**Разработчик:**

Профессор, д.т.н.



/В.В. Лосев /

Рабочая программа дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленностям (профилям) «Микроэлектроника и твердотельная электроника», «Материалы и технологии материалов функциональной электроники» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 30.09 2020 года, протокол № 3

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  /Ю.А. Чаплыгин /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Институтом ПМТ

Зам директора Института \_\_\_\_\_  /А.В. Железнякова /

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 \_\_\_\_\_  /Г.П. Филиппова /