

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:56:20  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d70e5f0bea82b00602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»



И.Г. Игнатова  
«14» декабря 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование и технология электронной компонентной базы»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Направленность (профиль) – «Нанодиагностика материалов и структур»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

ОПК	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 применять современные экспериментальные методы исследования элементов электронной компонентной базы	<p><b>Знает</b> основные технологические процессы изготовления изделия микроэлектроники; конструкции технологического оборудования и методы формирования функциональных слоев и конструктивных элементов полупроводниковых приборов.</p> <p><b>Умеет</b> выявить причины отклонений контролируемого параметра интегральной структуры от целевого значения и предлагать решения, направленные на устранение причин отклонения.</p> <p><b>Имеет опыт</b> анализа экспериментальных данных в стандартном технологическом процессе изготовления изделия микроэлектроники.</p>
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 наноэлектроники	<p><b>Знает</b> параметры и характеристики стандартных цифровых элементов.</p> <p><b>Умеет</b> рассчитывать статические и динамические параметры цифрового элемента.</p> <p><b>Имеет опыт</b> проектирования элементов микро- и наноэлектроники с использованием современных средств автоматизированного проектирования.</p>

**Компетенция ПК-4.** «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов»

**сформулирована на основе профессионального стандарта 40.104** «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

**Обобщенная трудовая функция Д 7** «Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

**Трудовая функция Д/01.7** «Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

**Д/03.7** «Руководство взаимодействием работников смежных подразделений и сторонних организаций»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-4.ПиТЭКБ Способен к организации и проведению экспериментальных исследований изделий микро- и нанoeлектроники	разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов	<p><b>Знает</b> оборудование и особенности основных технологических процессов формирования элементов электронной компонентной базы</p> <p><b>Умеет</b> анализировать экспериментальные данные, получаемые на тестовых образцах на различных этапах формирования элементов электронной компонентной базы</p> <p><b>Опыт деятельности:</b> по проведению экспериментальных исследований изделий микро- и нанoeлектроники</p>

## 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 с 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)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	6	216	16	32	32	100	Экз. (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции(часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1 Модели и параметры интегральных элементов	8	–	–	10	Опрос на лекциях
2 Проектирование электронной компонентной базы	8	–	28	10	Опрос на лекциях
					Выполнение и защита лабораторных работ
3 Тенденции и перспективы развития технологического базиса МОП - ИС.	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
4 Основные конструктивные элементы биполярных и МОП - транзисторов ИС	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
5 Анализ технологий СВИС	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии

6 Развитие техники проекционной фото литографии	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
7 Современное состояние технологии многоуровневой металлизации СБИС	–	4	4	10	Выполнение и защита лабораторной работы
					Краткое сообщение на практическом занятии
8 Базовые маршруты СБИС	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
9 Особенности современных СБИС	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
10 Перспективные технологии КМОП и БиКМОП СБИС	–	4	–	5	Краткое сообщение на практическом занятии
				5	Защита практического задания

#### 4.1. Лекционные занятия

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

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание	
			№	Содержание
3	1	2	1	Фундаментальные ограничения при миниатюризации ИС. Толщина подзатворного диэлектрика - одна из основных проблем дальнейшей миниатюризации МОП- транзистора.
	2	2	2	Ограничения миниатюризации МОП - транзистора, связанные с областями стока/истока. Технологии формирования канала

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			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 фото литографии. Материалы и последовательность использования фотошаблонов.
	8	2	Место жидкостной технохимии 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. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	4	Исследование вольт-амперных статических характеристик МОП-транзистора с индуцированным каналом.
	2	4	Исследование статических характеристик цифрового элемента.
	3	4	Исследование динамических характеристик цифрового элемента.
	4	4	Исследование частотных характеристик аналогового элемента.
	5	4	Топологическое проектирование КМОП инвертора в ручном режиме.
	6	4	Топологическое проектирование цифрового элемента в автоматическом режиме.
	7	4	Топологическое проектирование триггера и моделирование с учетом паразитных элементов.
7	8	4	Исследование процесса магнетронного напыления сверхтонких металлических пленок

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	5	Подготовка к опросам
	5	Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
2	5	Подготовка к опросам
	5	Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы
3	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
4	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
5	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
6	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
		занятию.
7	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе
8	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
9	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
10	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию.
	5	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.

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



✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 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. : Бином. 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. 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
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: разделы ОРИОКС «Новости», «Домашние задания», электронная почта.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Аудитории для лекций и практических занятий	Мультимедийное оборудование	Azure, Microsoft Office Professional или Open Office
Компьютерный класс	Компьютеры	ОС Linux, САПР Cadence
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Azure Open Office, браузер Mozilla Firefox или Google Chrome Acrobat reader DC

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ОПК-2.ПиТЭКБ Способен применять современные 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.

ФОС по подкомпетенции ПК-4.ПиТЭКБ Способен к организации и проведению экспериментальных исследований изделий 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 практических занятиях. Выполнение и защита лабораторных работ проводятся в индивидуальном порядке и являются обязательными. Вариант задания уточняется преподавателем. На защиту необходимо предоставить отчет с результатами выполнения работы, оформленный в соответствии с требованиями к отчету, и ответить на контрольные вопросы.

Во время самостоятельной работы студенты готовятся к лабораторным работам, опросам на лекциях и практических занятиях. Помимо предложенной учебной литературы и материалов лекций, практических и лабораторных занятий, для подготовки к аудиторным занятиям можно использовать внешние электронные ресурсы, ссылки на которые размещены в корпоративной информационно-технологической платформе ОРИОКС.

Консультации студентов проводятся в очной и онлайн формах в часы консультаций.

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

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ (до 60 баллов), результаты работы на лекциях и практических занятиях (до 10 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», направленности (профилю) «Нанодиагностика материалов и структур» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 26.11 2020 года, протокол № 5

/Заведующий кафедрой  / Ю.А. Чаплыгин /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ОФ

Заведующий кафедрой ОФ  /Н.И. Боргардт /

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 /