

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 15:45:44

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d78c6f8bea382b8b602

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

« 14 » декабря 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование и технология электронной компонентной базы»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Элементная база нанoeлектроники»

Москва 2020

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	Знает основные технологические процессы изготовления изделия микроэлектроники; конструкции технологического оборудования и методы формирования функциональных слоев и конструктивных элементов полупроводниковых приборов. Умеет выявить причины отклонений контролируемого параметра интегральной структуры от целевого значения и предлагать решения, направленные на устранение причин отклонения. Имеет опыт 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	Знает параметры и характеристики стандартных цифровых элементов. Умеет рассчитывать статические и динамические параметры цифрового элемента. Имеет опыт 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 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	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1 Модели и параметры интегральных элементов	8	–	–	10	Опрос на лекциях
2 Проектирование	8	–	28	10	Опрос на лекциях

электронной компонентной базы					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 СБИС	–	4	–	10	Краткое сообщение на практическом занятии
6 Развитие техники проекционной фотолитографии	–	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
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 фотолитографий. 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. 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.
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 нанoeлектроники"/ 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 нанoeлектроники " 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 и выполнения практического задания: 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 : Юнимедиастилл, 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/ (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 подготовку к опросам, подготовку краткого сообщения для выступления на практическом занятии, выполнение практического задания. Материалы для самостоятельной работы размещены в системе ОРИОКС; в том числе методические указания студентам по изучению дисциплины, описание лабораторных работ, материалы для подготовки к опросам, описание практического задания

https://orioks.miet.ru/storage/d/561984/082668447cf320a205e5db3c809afe10719e71a8/UZ_Los_ev.docx

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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus 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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, 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-6.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: работа в семестре, в том числе: выполнение и защита лабораторных работ (до 60 баллов), результаты работы на лекциях и практических занятиях (до 10 баллов), выполнение практического задания (до 10 баллов), а также сдача экзамена (до 20 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>).

Разработчик:

Доцент, 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) «Элементная база наноэлектроники» 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 КФН

Заведующий кафедрой КФН  / А. А. Горбачевич /

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 /