

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:36:49

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8dea882b8d602

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 наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование приборов и систем», «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

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

Компетенция ПК-6. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов

сформулирована на основе профессионального стандарта 40.035 «Инженер-конструктор аналоговых сложнофункциональных блоков»

Обобщенная трудовая функция Д «Сопровождение работ по проекту, контроль требований технического задания на аналоговый СФ-блок и отдельные аналоговые блоки»

Трудовая функция Д/02.7 «Контроль первичных технических требований, выбор технологического базиса для аналогового СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-6.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	Знает оборудование и особенности основных технологических процессов формирования элементов электронной компонентной базы Умеет анализировать экспериментальные данные, получаемые на тестовых образцах на различных этапах формирования элементов электронной компонентной базы Опыт деятельности: по проведению экспериментальных исследований изделий микро- и нанoeлектроники

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 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 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 наноэлектроники

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. 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: 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 / Издаётся 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 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: разделс 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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office
Аудитории для лабораторных работ №7217,7219	Специализированные лаборатории технологического	САПР Cadence. Технологический лабораторный

	практикума	практикум, оснащенный технологическим и измерительным оборудованием
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

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 (профилям) «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники», «Проектирование приборов и систем» 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 Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____ / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____ / Т.П. Филиппова /