

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 15:02:19

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73bd7c8f9e4311db802

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

«Маршруты сверхбольших интегральных схем»

Направление подготовки - 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-5. Способен разрабатывать и исследовать технологию производства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Подкомпетенция ПК-5.МБИС Способен исследовать базовые технологические маршруты изготовления элементов СБИС

сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

Обобщенная трудовая функция В Разработка топологии, физического представления стандартных ячеек библиотеки.

Трудовая функция В/01.6 Размещение и соединение элементов электрических схем стандартных ячеек библиотеки

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-5.МБИС Способен исследовать базовые технологические маршруты изготовления элементов СБИС	научно-исследовательская деятельность: участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования	Знает: основные технологические операции микро- и нанoeлектронного производства. Умеет: составлять базовые маршруты изготовления элементов СБИС. Опыт деятельности: по исследованию базовых технологических маршрутов изготовления элементов СБИС

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине:

компетенции, формируемые в дисциплинах: Материалы электронной техники, Основы технологии ЭКБ, Моделирование технологических процессов.

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплины Моделирование маршрутов, выполнением индивидуальных заданий по практике и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

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)		
4	7	4	144	32	16	–	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1. Интегральные элементы СБИС. Дополнительные компоненты СБИС	6	–	8	16	Опрос на лекциях
					Выполнение и защита лабораторных работ
2. Маршруты биполярных СБИС. Маршруты МОП СБИС	10	–	0	20	Опрос на лекциях
3. Особенности маршрутов биполярных СБИС	6	–	4	10	Выполнение и защита лабораторных работ
					Опрос на лекциях
4. Особенности маршрутов МОП СБИС	10	–	4	14	Выполнение и защита лабораторных работ
					Опрос на лекциях
					Контроль выполнения практического задания
ВСЕГО	32	–	16	60	

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение в предмет курса. Интегральная микросхема и интегральная технология. Планарный процесс. Основные тенденции и эволюция технологии производства СБИС. Основные элементы СБИС. Требования к элементам СБИС. Особенности интеграции активных и пассивных компонентов на кристалле.
	2	2	Основные компоненты ИС. Интегральный полупроводниковый диод. Биполярный транзистор.
	3	2	Основные компоненты ИС. МОП-транзистор. КМОП-структуры.
2	4	2	Принципы планарной технологии.
	5, 6	4	Маршрут изготовления биполярной структуры (технология

			«Изопланар»).
	7, 8	4	Маршрут изготовления КМОП структуры (самосовмещенная технология с <i>p</i> -карманом).
3	9	2	Особенности технологии ЛОКОС (локальное окисление кремния). Эпипланар. Мезаэпипланар. Скрытые проводящие слои.
	10	2	Метод SWAMI. Модифицированный SWAMI (SWAMI-SPOT). SILO – метод. Модифицированный SILO – метод (SILO-2).
	11	2	Полная диэлектрическая изоляция. ЭПИК-процесс
4	12	2	Постоянный заряд в структуре кремний-окисел. Методы борьбы с эффектом тиристорной защелки. Особенности формирования подзатворного диэлектрика. Зарядовое состояние системы кремний-окисел.
	13	2	Изоляция с помощью канавок. VIP – процесс. Щелевая изоляция. Усовершенствованная двухстадийная щелевая изоляция.
	14	2	Самосовмещение в технологии СБИС. Особенности формирования областей истока и стока МОП транзисторов.
	15	2	КНИ-структуры. Бондинг-процесс. Smart cut процесс. SIMOX-процесс. ZMR-процесс.
	16	2	Выбор материала металлизации. Особенности медной металлизации. Силициды в технологии кремниевых ИС.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
M1	1	4	Влияние термообработки на параметры диода Шоттки
M1	2	4	Влияние концентрации примеси в подложке и формы контактного окна на пробивное напряжение <i>p – n</i> -перехода
M3	3	4	Влияние термообработки на коэффициент усиления биполярного транзистора
M4	4	4	Выполнение практического задания. Исследование процесса подгонки порогового напряжения МОП-транзистора

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Подготовка к опросам
	10	Подготовка к лабораторным работам
2	20	Подготовка к опросам
3	4	Подготовка к лабораторным работам
	6	Подготовка к опросам
4	4	Подготовка к лабораторным работам
	10	Подготовка к опросам. 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.

Модуль 1 «Интегральные элементы СБИС. Дополнительные компоненты СБИС»

Материалы для подготовки к лабораторным работам №1 и №2, контрольные вопросы к лекциям, лабораторным работам и экзамену, конспект лекций 1 – 3, презентации к лекциям.

Модуль 2 «Маршруты биполярных СБИС. Маршруты МОП СБИС»

Контрольные вопросы к лекциям, лабораторным работам и экзамену, конспект лекций 4 – 8, презентации к лекциям.

Модуль 3 «Особенности маршрутов биполярных СБИС»

Материалы для подготовки к лабораторной работе №3, контрольные вопросы к лекциям, лабораторным работам и экзамену, конспект лекций 9 – 11, презентации к лекциям.

Модуль 4 «Особенности маршрутов МОП СБИС»

Материалы для подготовки к лабораторной работе №4, контрольные вопросы к лекциям, лабораторным работам и экзамену, конспект лекций 12 – 16, презентации к лекциям.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Щука А.А. Электроника : В 4-х ч. : Учебник для академического бакалавриата. Ч. 2 : Микроэлектроника / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2016. - 326 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/392442> (дата обращения: 02.04.2020). - ISBN 978-5-9916-7115-6
2. Щука А.А. Электроника : В 4-х ч. : Учебник для академического бакалавриата. Ч. 1 :

- Вакуумная и плазменная электроника / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2016. - 174 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/388888> (дата обращения: 02.04.2020). - ISBN 978-5-9916-6418-9
3. Щука А.А. Электроника : В 4-х ч. : Учебник для академического бакалавриата. Ч. 4 : Функциональная электроника / А. А. Щука; под редакцией А. С. Сигова. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2016. - 183 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/392443> (дата обращения: 02.04.2020). - ISBN 978-5-9916-7522-2
 4. Маршруты СБИС : Лабораторный практикум / А.А. Голишников, М.А. Королёв, А.Ю. Красюков [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 2016. - 92 с.
 5. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с.
 6. Методические указания по выполнению курсового проекта по курсу "Маршруты БИС" / А.Г. Балашов, А.В. Козлов, А.Ю. Красюков, С.А. Поломошнов; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2010. - 48 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: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

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: 30.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. -URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 30.09.2020). - 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 с последующим самостоятельным выполнением индивидуального задания. Работа поводится по следующей схеме: аудиторная работа (лекции с разбором задач и опросами); СРС (онлайновая работа 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 специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus
Технологическая лаборатория 7219	Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких пленок методом термического испарения, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ Плазма-РИТ реактивно-ионного травления, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ-Магна нанесения пленок металлов, Бокс для установки совмещения 726М-128, Вольтметр В7-21	Microsoft Office, Windows (Azure)
Компьютерный класс	Компьютеры	Программное обеспечение Synopsys, операционная система Linux
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 ПК-5.МБИС Способен исследовать базовые технологические маршруты изготовления элементов СБИС.

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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

Дисциплина состоит из лекций, лабораторных работ и экзамена. Освоение теоретического материала проверяется на контрольных работах, экзамене и во время опроса на лекциях. Предусмотрен очный и онлайн формат проведения лекционных занятий. Запись онлайн лекций размещается в ресурсе <https://miet.study>, ссылка на лекции публикуется в ОРИОКС.

Лабораторные работы проводятся, как правило, в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения экспериментальных исследований и при защите полученных результатов. Вариант задания уточняется преподавателем. Защита включает предоставление отчета по работе, оформленного в соответствии с требованиями, изложенными в описании к работе, обоснование полученных результатов и сделанных выводов, а также ответы на контрольные вопросы.

Во время самостоятельной работы студенты готовятся к лабораторным работам и рубежному контролю. При этом студент использует методические разработки, рекомендуемую литературу, библиотеку электронных модулей в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС, Интернет-ресурсы, информационно-справочные системы.

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 и практического задания, активность и посещаемость занятий, рубежный контроль (до 50 баллов) и экзамен (до 50 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.

Разработчик:

Доцент, к.т.н.



/ С.А. Поломошнов /

Рабочая программа дисциплины «Маршруты сверхбольших интегральных схем» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» по направленности (профилю) «Интегральная электроника и нанoeлектроника») разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 26.11 2020 года, протокол № 5
Заведующий кафедрой Чаплыгин / Ю.А. Чаплыгин /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК И.М. Никулина / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки Т.П. Филиппова / Т.П. Филиппова /