Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2023 15:36:47
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

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

«Компоненты интегральных схем и их модели»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль) – «Проектирование приборов и систем»

Москва 2020

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 021B3F91004AAD61874DBC90987DB30618
Владелец: Беспалов Владимир Александрович
Действителен: с 17.06.2021 до 17.06.2022

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих **компетенций** образовательных программ:

Компетенция ПК-3. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований

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

Обобщенная трудовая функция D «Разработка электрической принципиальной схемы СФ-блока»

Трудовая функция D/01.7 «Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки»)

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций**
ПК-3.КИСиМ Способен выбирать модели и проектировать элементы интегральных схем	Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере	**Знает:** особенности физики работы интегральных биполярных и МДП приборов с учетом масштабирования; принципы использования моделей компонентов при автоматизированном проектировании, моделировании и характеризации СБИС; методы построения моделей компонентов, параметры моделей и их классификацию, методы верификации параметров моделей; принципы, позволяющие связать модели наноэлектронных компонентов, используемых в системах автоматизированного схемотехнического проектирования, с параметрами физической структуры наноэлектронных устройств. **Умеет:** обоснованно выбирать математические модели интегральных элементов и их параметры; выполнять коррекцию моделей приборов для компьютерного моделирования с учетом изменения параметров масштабированных приборов. **Опыт деятельности :** по разработке физических и математических моделей наноструктур; по схемотехническому проектированию на базе программно-аппаратных средств высокого уровня с использованием математических моделей наноэлектронных устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входными требованиями к дисциплине является знание основ твердотельной электроники, простейших схемотехнических моделей интегральных транзисторов.

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	3	108	--	16	16	76	Зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1. Основные понятия. Масштабирование транзисторных структур. Моделирование пассивных компонентов.	--	4	--	8	Подготовка доклада
2. Моделирование наноразмерных МДП транзисторов. SPICE-модели МДП-транзистора и их параметры.	--	6	16	8	Подготовка доклада
				12	Защита лабораторных работ
				2	Выполнение и защита практического задания
3. Моделирование биполярных транзисторов. SPICE-модели биполярных транзисторов и их параметры.	--	6	--	8	Подготовка доклада
				2	Тестирование

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Построение моделей компонентов. Физический и формальный способы построения моделей. Параметры моделей и их классификация. Методы верификации параметров моделей. Современные структуры наноразмерных транзисторов. МДП-транзисторы и биполярные транзисторы. Основные направления и проблемы

			развития технологии наноразмерных ИС. Правила масштабирования ИС.
	2	2	Полупроводниковые диоды в ИС на основе биполярных и МДП-транзисторов. Пассивные компоненты и их модели. Методы реализации резисторов и конденсаторов. Модели резисторов и конденсаторов. Трассы соединений в ИМС. Реактивности соединительных трасс и их моделирование.
2	1	2	Масштабные факторы, определяющие пороговое напряжение, напряжение смыкания, напряжение и ток насыщения ВАХ, крутизну ВАХ, коэффициент усиления напряжения и предельную частоту. Нейтрализация эффекта смыкания. Методы повышения собственного коэффициента усиления. МДП-транзисторы со структурой кремний на изоляторе.
	2	2	Моделирование наноразмерных МДП-транзисторов с учетом физических ограничений. Классическая модель МДП-транзистора. Основные параметры модели и их влияние на электрические характеристики. Ограничение скорости носителей заряда в канале. Влияние этого эффекта на крутизну и предельную частоту транзистора. Предельное быстродействие. Подвижность носителей в канале. Подпороговый ток. Влияние параметров структуры на величину подпорогового тока.
	3	2	Влияние размеров канала на пороговое напряжение. Эффект смыкания областей пространственного заряда. SPICE-модели МДП-транзистора и их параметры. Нелинейная модель МДП транзистора. Эквивалентная схема. Связь элементов эквивалентной схемы и элементов транзисторной структуры. Ограничения модели 1-го уровня. Особености моделей 2-го и 3-го уровней и их возможности. Особенности моделей BSIM. Линейная модель МДП транзистора. Эквивалентная схема.
3	1	2	Физические эффекты и ограничения при моделировании биполярных транзисторов. Модель Гуммеля-Пуна. Физические основы и уравнения. Упрощенная и полная модели. Возможности учета эффектов малых размеров и изменения параметров в зависимости от режима работы. Ограничения модели.
	2	2	SPICE-модели биполярных транзисторов. Эквивалентная схема модели Гуммеля-Пуна.
	3	2	Линейная модель биполярного транзистора. Эквивалентная схема. Учет внутренних шумов.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	4	Типы изоляции интегральных элементов. Эффекты масштабирования. Проектирование топологии. Учет паразитных эффектов при проектировании топологии.
	2	4	Методы и средства экстракции SPICE – параметров. Параметры модели BSIM3. Экстракция SPICE – параметров по результатам моделирования
	3	4	Верификация параметров модели МДП- транзисторов 1-го уровня по заданным статическим характеристикам
	4	4	Исследование влияния параметров структуры МДП - транзистора на основные характеристики (модель 3-го уровня). Выполнение комплексного задания

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	8	Подготовка доклада
2	12	Подготовка к лабораторным работам и их защите
	8	Подготовка доклада
	2	Выполнение практического задания
3	8	Подготовка доклада
	2	Подготовка к тестированию

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 «Компоненты интегральных схем и их модели».

Модуль 1 «Основные понятия. Масштабирование транзисторных структур. Моделирование пассивных компонентов»

- методические материалы для подготовки к докладу;
- тексты и презентации с теоретическими материалами, список литературы.

Модуль 2 «Моделирование наноразмерных МДП транзисторов SPICE-модели МДП-транзистора и их параметры»

- материалы для подготовки к лабораторным работам: лабораторный практикум с описанием теоретических сведений, порядка выполнения и вариантов заданий;
- методические материалы для подготовки к докладу;
- тексты и презентации с теоретическими материалами, список литературы.

Модуль 3 «Моделирование биполярных транзисторов. SPICE-модели биполярных транзисторов и их параметры»

- методические материалы для подготовки к докладу;
- тексты и презентации с теоретическими материалами, список литературы;
- тренировочные варианты тестовых заданий.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие / В. И. Старосельский; – М.: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2009. – 463 с. – ISBN 978-5-9692-0261-0.
2. Gildenblat, G. Compact Modeling: Principles, Techniques and Applications / G. Gildenblat; – Springer, 2010. – 527 с. – ISBN 978-90-481-8613-6. - URL : http://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-8614-3 (дата обращения: 27.09.2018)
3. Артамонова, Е.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Наноэлектронные устройства и их модели» / Артамонова Е.А., Лосев В.В.; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 68 с.
4. Старосельский, В.И. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Наноэлектронные устройства и их модели» / Старосельский В.И., Титова И.Н.; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 40 с.
5. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2005. - 448 с.. - ISBN 5-94836-059-8
6. Нанотехнологии в электронике: Вып. 2 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2013. - 688 с. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-353-0

Периодические издания

1. IEEE Electron Device Letters. - USA, 1980. - ISSN 0741-3106. – URL: - http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=55 (дата обращения: 01.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. IEEE Transactions on Electron Devices. - USA : IEEE - . - ISSN 0018-9383. – URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=16 (дата обращения: 01.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

7. ПЕРЕЧЕНЬ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-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

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС http://orioks.miet.ru.

В ходе реализации обучения используются **смешанное обучение,** основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения. Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя. Информационно-коммуникативные технологии с использованием сети Интернет применяются для консультирования студентов, в том числе с использованием сервисов Zoom.

Дисциплина может реализовываться с использованием дистанционного обучения. При дистанционном обучении проводятся online практические занятия с использованием платформы Zoom, вся информация доступна для студентов через среду ОРИОКС.

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 Windows, Microsoft Office
Компьютерный класс	Компьютеры с возможностью подключения к сети Интернет и доступом в си-	САПР Cadence, САПР TCAD Synopsys

	стему ОРИОКС	
Помещение для самостоятельно работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plusили Open Office, браузе (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-3.КИСиМ Способен выбирать модели и проектировать элементы интегральных схем.

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

В дисциплине предусмотрены следующие виды занятий: практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа. Форма промежуточной аттестации – зачет без оценки. Теоретические материалы для подготовки к практическим занятиям публикуются в ОРИОКС и доступны студенту до начала занятий.

Студентам рекомендуется до начала лабораторных работ ознакомиться с материалами в системе ОРИОКС и сделать заготовку для отчета в тетради, включая цель работы, порядок выполнения и табличные формы для внесения измеренных данных.

Тему доклада выдает преподаватель. Для подготовки доклада необходимо не только изучить основную и дополнительную литературу, приведенную в рабочей программе дисциплины, но и произвести самостоятельный поиск источников. По результатам поиска и последующего анализа необходимо составить реферативный доклад, оформленный в виде текстового файла и презентации.

Рекомендуемый объем доклада – 7-9 страниц с учетом титульного листа и списка литературы. Текст доклада должен быть оформлен в виде файла PDF, DOC или DOCX. Необходимо соблюдать следующие правила оформления: шрифт Times New Roman, 13 кегль; отступ первой строки абзаца – 1,25 см; полуторный межстрочный интервал; между абзацами дополнительный интервал отсутствует; допускается выделять полужирным шрифтом заголовки и подзаголовки; поля страницы – по 2 см; страницы должны быть пронумерованы. Первая (титульная) страница включается в нумерацию, но номер на ней

не проставляется; титульная страница должна содержать информацию о теме доклада, ФИО докладчика, год и номер группы.

Презентация должна быть подготовлена в формате PPT, PPTX или PDF. Рекомендуемый объем презентации – 7-9 слайдов, включая титульный. Титульный слайд должен содержать информацию о теме доклада, ФИО докладчика, год и номер группы.

Правила оформления презентации: размер шрифта заголовков – 28-32; размер основного шрифта – 20-24; слайды должны быть пронумерованы; не допускается размещение на слайде большого количества текста или объемных таблиц; не рекомендуется использовать изображения и анимацию, не несущие смысловой нагрузки; для упрощения восприятия информации рекомендуется использовать структурированный текст (4-7 пунктов или «буллетов») и (или) схемы.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система. Баллами оцениваются: работа на практических занятиях и самостоятельная работа по подготовке и защите докладов (до 60 баллов), выполнение лабораторных работ и комплексного задания (до 40 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету («зачтено» или «незачтено»). Структура и график контрольных мероприятий приведен в ОРИОКС URL: http://orioks.miet.ru/.

Разработчик:
Доцент каф. ИЭМС, к.т.н. _____ / А.Г. Балашов /

Рабочая программа дисциплины «Компоненты интегральных схем и их модели» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Проектирование приборов и систем» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 26.11.2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой ИЭМС _____/ 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 /