

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:29:41

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73bd79c8f9bca802b8d802

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» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Компоненты интегральных схем и их модели»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники»

Москва 2020

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	Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований	Знает: особенности физики работы интегральных биполярных и МДП приборов с учетом масштабирования; принципы использования моделей компонентов при автоматизированном проектировании, моделировании и характеристики СБИС; методы построения моделей компонентов, параметры моделей и их классификацию, методы верификации параметров моделей; принципы, позволяющие связать модели нанoeлектронных компонентов, используемых в системах автоматизированного схемотехнического проектирования, с параметрами физической структуры нанoeлектронных 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 нанoeлектронных устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

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	2	72	--	16	16	40	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. Особенности 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.
	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 «Нанoeлектронные 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 «Нанoeлектронные 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	САПР Cadence, САПР TCAD Synopsys

	Интернет и доступом в систему ОРИОКС	
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, браузеры (Firefox, Google Chrome); 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 нанoeлектроника», направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники» 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 /