

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
институт радиотехники и электроники (ИРЭ)

1. Направление подготовки: 210100 Электроника и наноэлектроника

Модуль подготовки:

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Тепловые расчеты полупроводниковых компонентов»

Цикл:	профессиональный	
Часть цикла:	Вариативная/дисциплина по выбору	
№ дисциплины по учебному плану:	ИРЭ; М2.7	
Часов (всего) по учебному плану:	162	
Трудоемкость в зачетных единицах:	5	2 семестр – 5;
Лекции	54 час	2 семестр
Практические занятия	18 час	2 семестр
Лабораторные работы	нет	
Расчетные задания, рефераты	нет	
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)	72 час	2 семестр
Экзамены		2 семестр
Курсовые проекты (работы)	2 з.е. (18 час)	2 семестр

Москва - 2011

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение методов расчета тепловых режимов полупроводниковых компонентов для последующего использования в их конструировании.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов к решению следующих профессиональных задач:

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов к решению следующих профессиональных задач:

- использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-4);
- понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ПК-3);
- проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований (ПК-9);
- определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-8);
- организовывать работу коллективов исполнителей (ПК-21);
- вести научно-педагогическую деятельность (ПК-26, ПК-27).

Задачами дисциплины являются:

- ознакомить студентов с основными конструктивно-технологическими особенностями производства современных СБИС и УБИС, методиками расчета основных характеристик и параметров интегральных микросхем;
- научить студентов критически анализировать принятые при производстве ИМС конкретные конструктивно-технологические решения, их достоинства и недостатки;
- обучить студентов навыкам выполнения расчетов основных характеристик и параметров активных элементов ИМС;
- познакомить студентов с методологией проведения расчета топологии ИМС, расчета комплектов шаблонов для технологического процесса изготовления биполярного транзистора;
- ознакомить студентов с особенностями конструктивно-технологических решений, используемых при создании СБИС субмикронного размера.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла М2.3 основной образовательной программы подготовки магистров по профилю «Микроэлектроника и твердотельная электроника» направления 210100 «Электроника и нанoeлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Материалы электронной техники», «Твердотельная электроника», «Физические основы электроники», «Технология производства интегральных микросхем» и учебно-производственной практике.

Знания, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной магистерской диссертационной работы, изучении дисциплин «Моделирование технологических процессов и компонентов электронной техники», «Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем», а также освоения программы магистерской подготовки «Методы исследования наноматериалов и проектирования структур нанoeлектроники».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- тенденции и перспективы развития микроэлектроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники;
- принципы построения локальных и глобальных сетей, основы Интернет технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в профессиональной сфере деятельности;
- передовой отечественный и зарубежный научный опыт в сфере создания компонентной базы микроэлектроники;
- методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств;

Уметь:

- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности (ПК-4);
- обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов (ПК-14)
- формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы решения сформулированных задач (ПК-16);
- разрабатывать с использованием современных языков программирования и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач (ПК-17)
- проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров (ПК-26);

- проводить разработку планов и программ инновационной деятельности на предприятии (ПК-25).

Владеть:

- способностью использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин ООП магистратуры (ПК-1);
- умением свободно пользоваться русским и иностранными языками, как средством делового общения (ОК-3);
- способностью анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-7)
- способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (ПК-19);
- способностью организовывать работу коллективов исполнителей (ПК-21);
- навыками подготовки документации для создания и развития систем менеджмента качества (ПК-24);
- навыками разработки учебно-методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий (ПК-27);

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/ п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
				лк	пр	лаб	сам.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы тепловых расчетов полупроводниковых компонентов. Аналитические методы расчета, метод электротепловой аналогии.	10	2	6		2	2	Контрольная работа
2	Системы охлаждения полупроводниковых компонентов	10	2	6		2	2	Контрольная работа
3	Конечно-разностные тепловые модели полупроводниковых компонентов	10	2	6		2	2	Контрольная работа
4	Конечно-элементное моделирование тепловых режимов полупроводниковых компонентов	14	2	10		2	2	Контрольная работа
5	Программное обеспечение конечно-элементного моделирования тепловых режимов ППК. Программа ELCUT.	20	2	12		4	2	Контрольная работа
6	Программа ELCUT конечно-элементного	22	2	14		6	2	Контрольная работа

	моделирования тепловых режимов ППК							
	Зачет	2					2	
	Экзамен	22					22	устный
	Итого:	108		18		18	36	

4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

4.2.1. Лекции:

1. Основы тепловых расчетов полупроводниковых компонентов

Актуальность проведения тепловых расчетов. Закон Мура. Задачи, решаемые при тепловом проектировании. Источники тепловыделения в полупроводниковых компонентах. Механизмы теплопередачи в ППК. Уравнение теплопроводности. Граничные условия. Построение тепловых моделей (на примере гибридной микросборки).

Стационарные и нестационарные тепловые режимы ППК. Краткий обзор и сравнение методов расчета тепловых режимов ППК: электротепловая модель, аналитические и численные методы.

2. Аналитические методы расчета тепловых режимов ППК

Метод разделения переменных (на примере нестационарной одномерной задачи). Решении и задачи о тепловом источнике на подложке. Расчет стационарных тепловых режимов микросборки.

3. Метод электротепловой аналогии расчета тепловых режимов ППК

Построение электротепловых схем замещения. Тепловое сопротивление. Тепловые схемы замещения силовых ППК для стационарного и нестационарного теплового режимов. Переходное сопротивление. Расчет нестационарных тепловых режимов ППК с использованием переходного сопротивления для различных типов нагрузки: одиночный импульс, прямоугольные импульсы, пакетная нагрузка, нагрузка сложной формы. Обзор программных средств анализа нестационарных тепловых режимов: IPOSIM, MELCOSIM, SEMISEL. Пакет IPOSIM 7 анализа нестационарных тепловых режимов IGBT-транзисторов компании Infineon.

4. Охлаждение полупроводниковых компонентов

Конвективный теплообмен. Естественная и принудительная конвекции, основные соотношения для расчетов. Расчет систем охлаждения для естественной и принудительной конвекции. Программные средства расчета систем охлаждения. Программный комплекс Cool Cat 2.0 компании AAVID Thermal Inc.

5. Метод конечных разностей

Метод конечных разностей. Основные понятия. Разностные схемы. Аппроксимация, устойчивость, сходимость разностных схем. Неявная и явная разностные схемы для

нестационарной задачи теплопроводности. Условно и безусловно устойчивые схемы. Метод баланса построения разностных схем. Построение многомерных разностных схем, метод переменных направлений. Конечно-разностная модель силового биполярного транзистора.

6. Метод конечных элементов расчета тепловых режимов ППК

Вариационный подход к решению уравнения теплопроводности. Метод конечных элементов (МКЭ). Построение базисных функций на примере одномерной и двумерной задач. Формирование определяющих уравнений в МКЭ. Свойства определяющей системы уравнений. Решения системы уравнений в МКЭ. Применение метода Галеркина и взвешенных невязок в МКЭ.

7. Программные средства конечно-элементного анализа тепловых режимов ППК

Обзор и сравнительный анализ программных средств конечно-элементного анализа ППК: Thermal desktop for AutoCAD, THERMOANALYTICS RADTHERM, Flotherm IC. Пакет ELCUT. Тепловой анализ ППК: формирование геометрической модели, инициализация теплофизических параметров и условий теплообмена, проведение расчетов, анализ результатов. Многовариантный анализ и оптимизация тепловых режимов ППК в ELCUT.

4.2.2. Практические занятия: не предусмотрены учебным планом

4.3. Лабораторные работы:

2 семестр

Расчет тепловых режимов силовых полупроводниковых компонентов на основе справочных данных. Использование переходного теплового сопротивления для расчета нестационарного режима. Расчет тепловых режимов серийно выпускаемых силовых приборов для разного характера нагрузки.

Применение программного средства IPOSIM 7.0 для расчета тепловых режимов силовых IGBT-транзисторов.

Расчет систем охлаждения силовых ППК.

Применение разностных схем для расчета тепловых режимов ППК. Конечно-разностная модель силового биполярного транзистора.

Применение пакета ELCUT для теплового расчета ППК. Расчет переходного теплового сопротивления силового транзистора производства компании INFINEON.

Расчет тепловых характеристик термодатчика с помощью пакета ELCUT.

Выбор радиатора системы охлаждения в условиях естественной конвекции силового ППК с помощью пакета ELCUT.

Исследование влияния условий теплообмена на тепловой режим интегральной микросхемы, монтируемой на печатную плату с помощью программы ELCUT.

Расчет тепловых режимов силовых высокочастотных транзисторов с помощью ELCUT.

4.4. Расчетные задания – нет.

4.5. Курсовые проекты и курсовые работы: Расчет тепловых характеристик терморезистора косвенного подогрева, расчет тепловых режимов мощных СВЧ-транзисторов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием презентаций и видео роликов.

Практические занятия включают в себя изучение профессионального пакета конечно-элементного моделирования ELCUT, программы IPOSIM расчета тепловых режимов IGBT-транзисторов компании INFINEON, расчет тепловых режимов полупроводниковых компонентов.

Самостоятельная работа включает подготовку к контрольным работам, экзамену.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля успеваемости используются контрольные работы, устный опрос, защита курсового проекта (работы).

Аттестация по дисциплине – зачет, экзамен.

Оценка по дисциплине рассчитывается из условия: $0,3 \times (\text{среднеарифметическая оценка за контрольные работы}) + 0,3 \times \text{оценка за курсовую работу} + 0,4 \times \text{оценка на экзамене.}$

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Литература:

а) основная литература:

5. Тугов Н.М. Полупроводниковые приборы. – М.:Высшая школа, 1990. 526 с.

6. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Руководство пользователя. Версия 5.6.– Санкт-Петербург: Производственный кооператив ТОР, 2008. (Электронная версия).

7. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. – М.:Высшая школа, 1990. 328 с.

б) дополнительная литература:

4. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. М.: Высшая школа, 1994. 544 с.

5. Семенов Б. Ю. Силовая электроника. – М.: СОЛОН-Р, 2001. 245 с.

6. Колпаков А, Карташев Е. IPOSIM? MELCOSIM? SEMISEL. О выборе и замене модулей IGBT. Силовая электроника. 2005, №1, с. 28-33 (электронная версия, имеется на сайте журнала «Силовая электроника», <http://www.power-e.ru>).

7.2. Электронные образовательные ресурсы:

Пакет конечно-элементного моделирования ELCUT (студенческая версия), можно скачать по адресу elcut.ru, на этом сайте в разделах «Применение» и «Поддержка» можно найти многочисленные примеры решения задач с помощью ELCUT и видеоролики.

а) лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Пакет конечно-элементного моделирования ELCUT (профессиональная версия), elcut.ru.
2. Журнал «Силовая электроника» (<http://www.power-e.ru>). Здесь можно найти информацию о программном обеспечении расчета тепловых режимов ППК, а также статьи о системах охлаждения ППК.

б) другие:

видеоролики решения задач с помощью пакета ELCUT.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие: учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и показа видеороликов, а также дисплейный класс с установленной на компьютерах программой ELCUT.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению подготовки 210100 Электроника и нанoeлектроника и профилю «Полупроводниковые материалы и структуры».

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

К.Т.Н., доцент

Сутченков А.А.

"УТВЕРЖДАЮ":

Зав. кафедрой ФЭМАЭК

д.т.н., профессор

Серебрянников С.В.

"СОГЛАСОВАНО":

Директор ИРЭ

Замолодчиков В.Н.