

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 210100 Электроника и микроэлектроника.(№ 737 тех/сп от 18.01.2006)

СД.Ф.8, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники протокол № 4 от 24.05.2011

Программу разработал

профессор, д.т.н.

Гридчин Виктор Алексеевич

Заведующий кафедрой

д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

Ответственный за основную образовательную программу

д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
СД.06	Проектирование микросистем: математические модели элементной базы микросистемной техники; теория подобия и эффекты масштабирования; механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения, термомеханические, статические и динамические модели мембран, балок, струн; физико-топологические модели базовых элементов поверхностной и объемной микромеханики; модели микросистем с электрическими и магнитными полями: полевые уравнения, краевые задачи, общие уравнения для электромагнитного и пьезоэлектрического преобразователя; модели течения жидкости и газа в микрообъемах и микрокапиллярах; имитационное динамическое моделирование микросистем; программные средства обеспечения САПР компонентов микросистемной техники; интеграция элементной базы микроэлектромеханики, микрооптики и микроэлектроники при проектировании микросистем.	150

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки 210100 - Электроника и микроэлектроника, специальность 210108 - Микросистемная техника, квалификация - инженер.
Адресат курса	Специалисты по профилю специальности 210108 - "Микросистемная техника".
Основная цель (цели) дисциплины	Формирование знаний по проектированию изделий микросистемной техники.
Ядро дисциплины	Методы проектирования микросистем теплового потока, резонансных сенсоров давления, тензорезистивных сенсоров давления и важнейших компонент микросистемной техники.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Компоненты микросистемной техники.
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Необходимо знать информатику, дисциплины естественнонаучного цикла, теорию упругости, физические принципы функционирования компонент микросистемной техники.
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Контроль знаний проводится в ходе проведения практических и лабораторных работ, курсового проекта и экзамена. Форма проведения экзамена - письменная.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	Об основных принципах организации проектирования, необходимых документах и тенденциях развития микросистем.
знать	
2	методику проектирования микросистем на основе терморезисторов и термопар, сенсоров давления на основе тензорезистивного эффекта и резонансных сенсоров давления, акселерометров.
уметь	
3	Провести расчет всех элементов конструкции и электрической схемы перечисленных выше типов сенсоров.
иметь опыт (владеть)	
4	Проектирования микросистем как "вручную", так и с помощью САПР микросистем.

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9		
Модуль: Введение.		
Дидактическая единица: математические модели элементной базы микросистемной техники; теория подобия и эффекты масштабирования;		
Введение. Предмет и цели дисциплины. Понятие микросистемы. Микросистемы и микроэлектроника. Тенденции развития. Примеры микросистем.	2	1
Масштабирование и подобие. Критерии подобия. Подобие для динамических процессов. Примеры.	2	2
Модуль: Микросистемы тепловых величин.		
Дидактическая единица: механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения, термомеханические, статические и динамические модели мембран, балок, струн;		
Проектирование термических микросистем. Общая структура микросистемы. Проектирование тензочувствительного модуля.	2	2, 3, 4
Проектирование термической микросистемы. Проектирование термопар. Шумы термопар. Чувствительность микросистемы.	2	2, 3
Микросистема сенсора теплового потока. Конструктивная реализация. Электрическая схема. Измерение малых тепловых потоков с помощью микроболометра.	4	2, 3, 4
Модуль: Микросистемы давления.		
Дидактическая единица: физико-топологические модели базовых элементов поверхностной и объемной микромеханики; модели микросистем с электрическими и магнитными полями: полевые уравнения, краевые задачи, общие уравнения для электромагнитного и пьезоэлектрического преобразователя;		

Динамические характеристики упругого элемента балочного типа. Добротность резонатора. Электростатическое возбуждение колебаний балочки резонатора. Основное уравнение. Частотный и фазовый анализ колебаний. Влияние предварительной деформации двусторонне заземленной балочки на ее резонансную частицу. Микросистема резонансного сенсора давления. Конструкция резонансного сенсора давления. Выбор параметров резонатора. Влияние технологических факторов на преобразовательную характеристику сенсора. Блок-схема электронной части резонансного сенсора.	8	2, 3, 4
Модуль: Микрофлюидные микросистемы.		
Дидактическая единица: модели течения жидкости и газа в микрообъемах и микрокапиллярах; имитационное динамическое моделирование микросистем;		
Проектирование элементов микрофлюидных систем. Основные уравнения гидродинамики. Вязкость жидкости. Статическое и динамическое давление жидкости. Измерение давления в потоке. Типы течения жидкости. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Поверхностное натяжение. Критерии Рейнольдса, Эйлера, Вебера, Пекле, Кнудсена. Аналогия между микрофлюидными и электрическими величинами. Гидродинамическое сопротивление и закон Гагена-Пуазейля. Гидродинамическая емкость и индуктивность. Проектирование микромиксера. Практические схемы микромиксеров. Экстракторы. Микронасосы. Классификация и принципы действия микрофлюидных насосов. Проектирование микронасоса с электростатическим управлением.	9	2, 3, 4
Модуль: Проектирование компонентов микросистем.		
Дидактическая единица: программные средства обеспечения САПР компонентов микросистемной техники; интеграция элементной базы микроэлектромеханики, микрооптики и микроэлектроники при проектировании микросистем.		
Пьезоэлектрические преобразователи. Микромеханические насосы с активными и пассивными клапанами. Актюаторные элементы микросистемной техники. Проектирование интегральных микрозеркал.	4	2, 3
САПР микросистем. Тенденции развития микросистем.	1	1

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9			
Модуль: Микросистемы давления.			
Дидактическая единица: механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения, термомеханические, статические и динамические модели мембран, балок, струн;			
Упругий элемент в виде консольной балки тензометрического сенсора силы (статическая нагрузка).	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Дидактическая единица: физико-топологические модели базовых элементов поверхностной и			

объемной микромеханики; модели микросистем с электрическими и магнитными полями: полевые уравнения, краевые задачи, общие уравнения для электромагнитного и пьезоэлектрического преобразователя;			
Электростатическое возбуждение резонаторов.	Решение задач по теме занятия.	1	2, 3, 4
Магнитное возбуждение резонаторов.	Решение задач по теме занятия.	1	2, 3, 4
Модуль: Микрофлюидные микросистемы.			
Дидактическая единица: модели течения жидкости и газа в микрообъемах и микрокапиллярах; имитационное динамическое моделирование микросистем;			
Проектирование микрофлюидных систем.	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Модуль: Проектирование компонентов микросистем.			
Дидактическая единица: механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения, термомеханические, статические и динамические модели мембран, балок, струн;			
Проектирование упругого элемента одноосного акселерометра линейных ускорений.	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Проектирование механических гироскопов.	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Проектирование термических сенсоров балочного и мембранного типов.	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Проектирование тензорезистивных сенсоров давления (статические нагрузки).	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Проектирование резонансных сенсоров давления. Динамические характеристики резонаторов.	Решение задач по теме занятия.	2	2, 3, 4
Дидактическая единица: физико-топологические модели базовых элементов поверхностной и объемной микромеханики; модели микросистем с электрическими и магнитными полями: полевые уравнения, краевые задачи, общие уравнения для электромагнитного и пьезоэлектрического преобразователя;			
Проектирование пьезоэлектрических актюаторов.	Решение задач по теме занятия.	1	2, 3, 4
Проектирование микрозеркал.	Решение задач по теме занятия.	1	2, 3, 4

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9			
Модуль: Проектирование компонентов микросистем.			

Дидактическая единица: программные средства обеспечения САПР компонентов микросистемной техники; интеграция элементной базы микроэлектромеханики, микрооптики и микроэлектроники при проектировании микросистем.			
Освоение пакета MEMS Pro.	Работа с пакетом программ MEMS Pro.	10	2, 3, 4
Освоение работы в системе S-Edit и системы T-Spice пакета MEMS Pro.	Работа с пакетом программ MEMS Pro.	8	2, 3, 4
Анализ работы емкостного акселерометра гребенчатого типа.	Работа с пакетом программ MEMS Pro.	8	2, 3, 4
Проектирование топологии гороскопа на основе гребенчатых элементов.	Работа с пакетом программ MEMS Pro.	8	2, 3, 4

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 9, Контрольные работы

Решение задач и теоретический вопрос.

Подготовка по конспектам 18 часов.

Семестр- 9, Подготовка к занятиям

Работа с конспектом, решение задач.

30 часов.

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

№ п/п	Вид деятельности	Число баллов
1	Практические занятия	0 - 20
2	Лабораторные занятия	0 - 15
3	Курсовой проект	0 - 25
4	Экзамен	0 – 40
Всего не более 100 баллов		

Удовлетворительная оценка ставится при числе баллов 60.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.
2. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / В. Варадан, К. Виной, К. Джозе ; пер. с англ. под ред. Ю. А. Заболотной. - М., 2004. - 525 с. : ил., табл., цв. ил.

В электронном виде

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/gridchin.pdf>

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.

В электронном виде

1. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/dragunov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : Учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.

В электронном виде

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : Учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2004/04_gridchin.pdf

8.2 Программное обеспечение

1. ANSYS Inc, ANSYS ACADEMIC Mechanical HPC, Программный комплекс для моделирования технологических процессов в микро- и нанoeлектротехнике Ansys 11.0

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Примерный перечень вопросов

1. Критерии подобия. Подобие для динамических процессов.
2. Принцип действия термопар. Проектирование термопар.
3. Расчет температурного поля балочного элемента.
4. Проектирование сенсора потока излучения балочного типа.
5. Микросистема сенсора теплового потока на мембране.
6. Микроболометры. Принцип действия, конструкция.
7. Деформация консольно защемленной балки под действием сосредоточенной силы.
8. Деформация двусторонне защемленной балки под действием сосредоточенной силы.
9. Колебание консольной балочки под влиянием периодической внешней силы.
10. АЧХ и ФЧХ колеблющейся консольной балки.
11. Влияние технологических факторов на преобразовательную характеристику РСД.
12. Особенности проектирования микрофлюидных систем.
13. Критерии течения жидкости в микроканалах.
14. Гидродинамическое сопротивление. Закон Гагена-Пуазейля.
15. Проектирование микромиксеров.
16. Микронасосы. Принципы действия и классификация.
17. Проектирование микронасоса с электростатическим управлением.
18. Пьезоэлектрические микронасосы с активными и пассивными клапанами.
19. Проектирование микрозеркал.

20. Микросистема проекционного дисплея.

Пример экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ)	Экзаменационный билет № 1	Форма У-16
	по дисциплине «Проектирование микросистем» Факультет <u>РЭФ</u> <u>Курс</u>	
1. Критерии подобия в микросистемной технике. 2. Микронасосы. Принципы действия и классификация. 3. Проектирование микрозеркал. Составил: д.т.н., профессор _____ В. А. Гридчин /тверждаю: Зав. кафедрой, профессор _____ В. А. Гайслер		