

НБ МИФИ

621.38

П78

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЭНЕРГО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**ПРОГРАММЫ КУРСОВ
ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
«МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»**

Москва 1981

12-7
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет повышения квалификации
специалистов промышленности

ПРОГРАММЫ КУРСОВ
ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
"МИКРОЭЛЕКТРОНИКА"

Утверждено советом
ФНРСИ и ФИС

Москва 1981

Факультет повышения квалификации специалистов промышленно-
сти. Программы курсов по специализации "Микроэлектроника",
-М.: Изд. МИФИ, 1981. 48с.

Составитель

канд. техн. наук, доцент И.И. Шагурин

Зав. кафедрой микроэлектроники

д-р техн. наук, профессор И.П. Степаненко

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Учебный план.....	6
Обязательные дисциплины	
Основы микроэлектроники.....	7
Основы технологии и конструирования интегральных микросхем....	12
Схемотехника цифровых интегральных микросхем.....	16
Схемотехника аналоговых интегральных микросхем.....	20
Конструирование микроэлектронной аппаратуры.....	24
Автоматизация проектирования микросхем.....	27
Микропроцессоры и их применение.....	31
Микроэлектронные устройства для измерительной техники.....	34
Факультативные дисциплины	
Технология изготовления полупроводниковых интегральных микро- схем.....	37
Основы оптоэлектроники.....	41
Влияние радиации на характеристики микросхем.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Специализация "Микроэлектроника" рассчитана на повышение квалификации специалистов промышленности, занимающихся проектированием, изготовлением и применением интегральных микросхем. Занятия предусматривают систематизацию и пополнение теоретических знаний слушателей, их ознакомление с современным уровнем микроэлектроники и перспективами ее развития, с методами расчета и конструирования микросхем и микроэлектронной аппаратуры, в том числе методами проектирования с помощью ЭВМ. Семинарские и лабораторные занятия позволяют углубить и закрепить полученные знания, овладеть практическими навыками в соответствующих областях микроэлектроники.

Вводный курс "Основы микроэлектроники", читаемый в начале обучения, знакомит слушателей с физическими и схемотехническими основами, необходимыми для освоения последующих дисциплин. Одновременно в курсе "Основы технологии и конструирования интегральных схем" слушатели получают необходимые знания по основам конструкторско-технологического проектирования микросхем.

Углубленное изучение основных типов цифровых и аналоговых микросхем, методов их схемотехнического проектирования, а также освоение методов схемотехнической разработки типовых микроэлектронных устройств на базе микросхем проводится в курсах "Цифровые интегральные микросхемы" и "Аналоговые интегральные микросхемы". Вопросы конструкторского проектирования радиоэлектронной аппаратуры на интегральных микросхемах, проведения ее испытаний в различных внешних условиях рассматриваются в курсе "Конструирование микроэлектронной аппаратуры". В курсе "Автоматизация проектирования микросхем" слушатели изучают современные методы схемотехнического и конструкторско-технологического проектирования с помощью ЭВМ, знакомятся с системами автоматизированного проектирования (САПР), получают практические навыки работы с современной вычислительной техникой, включая алфавитно-цифровые и графические дисплеи. В курсах "Микропроцессоры и их применение", "Микроэлектронные устройства для измерительной техники" слушатели знакомятся с совре-

менными микроэлектронными системами, включая микро-ЭВМ, изучают структуру, функции и особенности применения микропроцессоров в различных электронных устройствах, в том числе в контрольно-измерительной технике, рассматривают особенности микроэлектронных измерительных устройств, включая микроминиатюрные датчики, преобразователи, приемо-передатчики и индикаторы.

В курсах "Технология изготовления полупроводниковых интегральных микросхем", "Основы оптоэлектроники", "Влияние радиации на характеристики интегральных микросхем", читаемых по выбору, слушатели могут более глубоко изучить технологию микросхем, ознакомиться с основами теории и возможностями применения современных оптоэлектронных приборов, рассмотреть вопросы обеспечения радиационной стойкости микросхем.

Цикл основных дисциплин имеет объем 430 часов, дополнительные дисциплины по выбору - не менее 36 час. В конце обучения слушатели выполняют выпускную работу по одному из разделов микроэлектроники.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Срок обучения 10 месяцев

Объем 430-440 часов

№ п/п	Наименование дисциплин	Всего часов	Лек-ции	Сем. зан.	Лаб. зан.	Контроль знаний
	Введение	64*				
1	Основы микроэлектроники	40	32	-	8	экзамен
2	Основы технологии и конструирования интегральных микросхем	40	32	-	8	зачет
3	Схемотехника цифровых интегральных микросхем	56	40	8	8	экзамен
4	Схемотехника аналоговых интегральных микросхем	56	40	8	8	экзамен
5	Конструирование микроэлектронной аппаратуры	40	32	8	-	экзамен
6	Автоматизация проектирования микросхем	36	28	4	4 ^{жж}	зачет
7	Микропроцессоры и их применение	44	36	-	8	зачет
8	Микроэлектронные устройства для измерительной техники	28	28	-	-	зачет
6	Выпускная работа (9)					защита
Факультативные дисциплины (не менее 36 ч.)						
1	Технология изготовления полупроводниковых интегральных микросхем	36	28	-	8	зачет
2	Основы оптоэлектроники	28	28	-	-	зачет
3	Влияние радиации на характеристики микросхем	28	24	Д	-	зачет

* См. отдельную программу курса "Основы общественно-политических, экономических и правовых знаний".

жж Выполняется в дисплейном классе.

Д- два демонстрационных занятия по 2 часа.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Цель курса - дать слушателям основные теоретические положения: по физике работы полупроводниковых приборов, по технологическим методам изготовления полупроводниковых и гибридных интегральных микросхем, а также по работе простейших цифровых и логических интегральных микросхем.

Курс "Основы микроэлектроники" читается слушателям на первом этапе обучения и является базовым для специализации. В этом курсе рассматриваются общие вопросы микроэлектроники и все ее аспекты - физические, конструктивно-технологические и схемотехнические, что позволяет слушателям свободно ориентироваться в большинстве курсов, читаемых в последствии.

Общий объем курса - 40 час., из них 32 час. - лекций и 8 час. - лаб. занятий. Курс завершается экзаменом.

I. Введение. Определение микроэлектроники (МЭ) как научно-технического направления. Причины зарождения и обзор развития МЭ. Преимущества МЭ. Классификация современных интегральных микросхем (ИМС) по технологии изготовления, областям применения и степени интеграции.

II. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов. Основные положения теории твердого тела. Зонные диаграммы. Электроны и дырки в полупроводниках. Электропроводность полупроводников. Неравновесные носители заряда. Процесс рекомбинации и время жизни носителей. Диффузия и дрейф носителей. Уравнение непрерывности.

Активные элементы ИМС на основе электронно-дырочных (р-п) переходов. Вольт-амперная характеристика идеального и реального р-п переходов. Емкость р-п перехода. Частотные и импульсные характеристики р-п переходов.

Плоскостные транзисторы. Принцип действия. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики и параметры транзисторов. Зависимость статических параметров от режима и температуры. Пробой переходов транзисторов. Импульсные и частотные характеристики транзисторов. Униполярные транзисторы. Униотрон. Вольт-амперная характеристика. Основные параметры униотронов. Контакт металл-полупроводник. Вольт-амперная характеристика контакта с

барьером Шоттки.

Ш. Основы технологии изготовления ИМС. Изготовление полупроводниковых ИМС.

Основные процессы в производстве полупроводниковых ИМС: окисление, фотолитография, диффузия, эпитаксия, ионная имплантация. Изготовление полупроводниковых ИМС по планарно-эпитаксиальной технологии (с изоляцией элементов р-п переходом) и по "эпик"-технологии (с изоляцией окислом). Изготовление полупроводниковых ИМС на МДП-транзисторах.

Изготовление пленочных и гибридных ИМС. Технология создания тонко- и толстопленочных элементов ИМС. Материалы для тонких и толстых пленок. Гибридные ИМС. Способы монтажа активных элементов. Совмещенные ИМС.

Многokrистальные ИМС (микросборки).

IV. Основные элементы ИМС. Интегральные биполярные транзисторы. Особенности интегральных транзисторов по сравнению с дискретными. Типовые структуры транзисторов в ИМС. Особенности транзисторов в ИМС с изоляцией р-п переходами. Связь физических параметров структуры с электрическими параметрами транзистора. Разновидности транзисторов, используемых в ИМС: многоэмиттерный транзистор, р-п-р транзисторы, полевой транзистор. Способы реализации диодов в ИМС. Диодное включение транзисторов.

Активные элементы ИМС на основе контакта металл-полупроводник. Структура и основные параметры диодов Шоттки в ИМС. Транзисторы с барьером Шоттки в ИМС, их структура и основные характеристики по сравнению с обычными транзисторами.

Активные элементы ИМС со структурой металл - диэлектрик - полупроводник (МДП-транзистор). Поверхностные эффекты. Эффект поля. Образование обогащенных и обедненных слоев. МДП-транзистор с индуцированным каналом. Принцип действия. Статические характеристики. Частотные и импульсные характеристики. Эквивалентная схема. Основные параметры МДП-транзистора, их зависимость от режима и температуры. Типовые структуры МДП-транзистора в ИМС. Влияние подложки на параметры МДП-транзисторов. МДП-транзистор со встроенным каналом, его структура и основные характеристики.

Пассивные элементы ИМС. Диффузионные и пленочные резисторы. Конденсаторы в ИМС: на основе р-п перехода, со структурой

МДП, пленочные. Способы реализации индуктивностей в ИМС. Типовые значения параметров резисторов, конденсаторов и индуктивностей в ИМС.

V. Основы микросхемотехники. Цифровые ИМС. Транзисторный ключ. Эмиттерный повторитель. Источники тока и напряжения.

Цифровые ИМС на биполярных транзисторах. Схемы с резистивными и резистивно-емкостными связями, диодно-транзисторные, транзисторно-транзисторные, с эмиттерной связью, интегральная инжекционная логика. Разновидности триггеров, реализуемых в виде ИМС. ИМС повышенной степени интеграции. Промышленные серии цифровых ИМС. Цифровые ИМС статического и динамического типов на МДП-транзисторах с индуцированным р-каналом, на дополняющих МДП-транзисторах.

Полупроводниковые ИМС для запоминающих устройств. Типы и структуры полупроводниковых ЗУ. Ячейки памяти и схемы обслуживания в ИМС оперативных ЗУ. ИМС постоянных и передпрограммируемых ЗУ. Типовые параметры современных ИМС для ЗУ.

Аналоговые ИМС. Общая характеристика. Элементы АИМС: пара Дарлингтона, каскод, схема сдвига уровня, каскады с динамической нагрузкой, выходные двухтактные каскады. Интегральные операционные усилители (ОУ). Общие свойства и структура ОУ. Дифференциальный каскад (ДК) как основа ОУ. Параметры интегральных ДК и ОУ. Динамика развития ОУ. Проблема начального разбаланса и его температурного дрейфа. Примеры использования ОУ.

Разновидности АИМС: компараторы, избирательные, широкополосные и низкочастотные усилители. Усилители постоянного тока.

VI. Разработка и проектирование современных ИМС. Особенности проектирования ИМС. Основные этапы разработки ИМС. Выбор номенклатуры серии. Выбор технологии изготовления. Обеспечение заданного процента выхода годных ИМС. Схемотехническое проектирование. Разработка топологии. Испытания ИМС. Подготовка технической документации. Применение ЭВМ при проектировании ИМС.

Вопросы обеспечения надежности ИМС. Основные аспекты надежности ИС. Классификация отказов: внезапные и постепенные отказы. Причины отказов. Старение и деградация. Статистические и физические методы анализа и прогнозирования отказов.

Ускоренные методы испытаний. Климатические и механические испытания ИС.

УП. Перспективы развития микроэлектроники. Повышение степени интеграции - основное направление развития ИМС. Основные физические, технологические, схемотехнические и конструктивные проблемы повышения степени интеграции.

Понятие о функциональной МЭ. Использование новых материалов и эффектов. Диод Ганна. Эффект Джозефсона. Магнитные домены в тонких магнитных пленках. Приборы с зеркальной связью. Оптоэлектроника.

Лабораторные работы

Работа 1. Исследование характеристик биполярного транзистора (раздел IV курса).

Работа 2. Исследование характеристик МДП-транзистора (раздел IV курса).

Работа 3. Исследование статических и переходных характеристик транзисторного ключа (раздел V курса).

Работа 4. Исследование характеристик дифференциального каскада (раздел V курса).

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Лабораторные работы, ч
I	Введение	1	
II	Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов	8	
III	Основы технологии изготовления ИМС	2	
IV	Основные элементы ИМС	4	4
V	Основы микросхемотехники	10	4
VI	Разработка и проектирование современных ИМС	4	
УП	Перспективы развития микроэлектроники	3	
Итого		32	8

Рекомендуемая литература

Основная

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. - М.: Сов. радио, 1980.

Дополнительная

1. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники. - М.: Сов. радио, 1977

2. Наумов Ю.Е. Интегральные логические схемы. - М.: Сов. радио, 1970

3. Новиков В.В. Теоретические основы микроэлектроники. - М.: Сов. радио, 1972.

Лектор - канд. техн. наук, доц. Березин А.С.

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Цель курса – ознакомление слушателей с основными технологическими процессами, применяемыми при создании полупроводниковых приборов и ИМС, с новыми направлениями в области технологии; с основными этапами конструирования ИМС, структурой и расчетом компонентов ИМС, с технологическими и электрическими требованиями и ограничениями при конструировании ИМС, с машинными методами разработки топологии ИМС.

В курсе "Основы технологии и конструирования интегральных микросхем" слушатели знакомятся с основными технологическими процессами изготовления полупроводниковых и гибридных интегральных микросхем (ИМС), с принципами их проектирования и конструирования.

Общий объем курса – 40 час., из них лекций – 32 час., работ – 8 час. Курс завершается зачетом.

I. Введение. Классификация ИМС. Гибридные ИМС (ГИМС) и полупроводниковые ИМС (ПИМС). Основные технологические процессы и характеристика современного уровня технологии. Особенности конструирования ИМС по сравнению со схемами на дискретных компонентах. Цель и задачи данного курса.

II. Основные технологические процессы создания ИМС. Механическая обработка полупроводниковых материалов. Очистка поверхности полупроводниковых пластин. Химическое травление кремния. Механизмы диффузии. Характеристики диффузантов. Образование р-п переходов при диффузии. Практические способы проведения процессов диффузии. Методы изучения характеристик диффузионных слоев. Распределение примеси при ионном легировании. Локальное ионное легирование.

Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоев. Практические методы проведения процессов эпитаксии. Диэлектрические пленки в планарной технологии. Термическое окисление кремния. Методы получения тонких пленок. Вакуумное испарение. Катодное распыление. Ионно-плазменное распыление. Реактивное распыление. Методы определения толщины и контроля качества пленок. Создание рисунка в тонких пленках. Технология фотолитографии-

ческого процесса. Нормы направления в технике фотолитографии. Толстые пленки. Их составы и способ нанесения.

III. Элементы ПИМС. Структура и технология создания биполярного транзистора. Влияние электрических, технологических и конструктивных требований на топологию транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Продольный транзистор. Расчет транзисторов. Структура и технология создания диодов. Параметры диодов.

Структура и технология создания диффузионных резисторов. Топология резисторов. Расчет резисторов. Структура и технология создания диффузионных и пленочных конденсаторов. Расчет конденсаторов. Структура, топология и технология создания МДП-транзистора и МДП-резистора. Методы создания межсоединений в ПИМС.

IV. Изоляция элементов в ПИМС. Изоляция р-п переходом. Изоляция диэлектрическими пленками. Изопланарная технология. Воздушная изоляция. Сравнительная оценка методов изоляции компонентов.

V. Разработка топологии ПИМС. Основные принципы разработки топологии полупроводниковых ИМС. Этапы разработки топологии. Электрические, технологические и конструктивные исходные данные. Разработка эскиза топологии и оценка ее качества. Основные этапы проектирования топологии планарно-эпитаксиальных ИС на биполярных транзисторах (на примере конкретной схемы).

Особенности проектирования ИС с инжекционным питанием. Проектирование интегральных схем на МОП-транзисторах. Особенности топологии линейных ИС. Особенности разработки топологии БИС. Использование автоматизированных систем проектирования топологии БИС.

Составление конструкторской документации.

VI. Элементы ГИМС. Подложки. Материалы подложек, их электрические характеристики. Размеры плат пленочных микросхем. Тонкопленочные резисторы. Материалы резистивных пленок, их основные электрические характеристики. Влияние электрических, технологических и конструктивных данных на топологию резисторов. Последовательность расчета резисторов. Расчет подстраиваемых резисторов. Тонкопленочные конденсаторы. Материалы диэлектрических и проводящих пленок, их электрические характеристики. Влияние электрических, технологических и конструктивных данных

и ограничений на топологию конденсаторов. Последовательность расчета конденсаторов.

Тонкопленочные индуктивные элементы. Порядок расчета индуктивных элементов. Расчет пленочных проводников и контактных площадок. Навесные активные и пассивные элементы. Толстопленочные элементы.

VI. Разработка топологии ПИМС. Сущность разработки топологии. Технологические данные, требования и ограничения. Электрические и конструктивные данные и требования. Последовательность разработки топологии. Разработка схемы соединений элементов в микросхеме. Размещение и выбор формы пленочных компонентов. Оценка качества топологии. Разработка топологии гибридной пленочной микросхемы на конкретном примере.

Особенности конструирования СВЧ ИМС. Составление конструкторской документации. Машинные методы проектирования топологии.

VII. Сборка ИМС. Корпусные и бескорпусные ИМС. Методы сборки. Влияние метода сборки и конструкции корпуса на топологию ИМС.

Лабораторные работы

Работа 1. Термическое окисление кремния в кислороде (раздел II курса).

Работа 2. Создание базовой области диффузионного транзистора (раздел II курса).

Работа 3. Исследование процессов фотолитографии (раздел II курса).

Работа 4. Получение тонких пленок методом ионно-плазменного распыления (раздел II курса).

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Лабораторные занятия, ч
1	2	3	4
I	Введение	1	
II	Основные технологические процессы создания ИМС	14	8
III	Элементы ПИМС	4	
IV	Изоляции элементов в ПИМС	2	
		14	

Продолжение

I	2	3	4
У	Разработка топологии ПИМС	4	
VI	Элементы ПИМС	2	
VII	Разработка топологии ПИМС	3	
VIII	Сборка ИМС	2	
	Итого	32	8

Перечень технических средств при изучении курса: планшеты с экспонатами - 5 шт., ксерокопии с графиками и таблицами - 5 шт.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Курносоев А. И., Юлин В. В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, - М.: Высшая школа, 1979.

2. Ефимов Ю. П., Пономарев М. Ф., Криков Ю. Г. Конструкции и технология микросхем, - М.: Сов. радио, 1980.

Дополнительная

1. Основы технологии кремниевых интегральных схем. Окисление, диффузия, эпитаксия. /Под ред. Р. Бургера, Р. Донована, - М.: Мир, 1969.

2. Черняев В. Н. Технология производства ИМС. - М.: Энергия, 1977.

3. Ефимов И. Е., Горбунов Ю. И., Козырь И. Я. Микроэлектроника (проектирование, виды микросхем, новые направления) - М.: Высшая школа, 1978.

Лектор - канд. техн. наук, ассистент Г. Ф. Белова.

СХЕМОТЕХНИКА ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Цель курса - дать слушателям основные теоретические положения, методы проектирования и принципы работы цифровых микросхем, в том числе БИС; научить решать практические задачи схемотехнического проектирования цифровых микросхем; дать представление о возможностях применения цифровых микросхем в различной электронной аппаратуре.

В курсе "Схемотехника цифровых интегральных микросхем" слушатели изучают теоретические основы схемотехнического проектирования цифровых микросхем, знакомятся с основными типами цифровых микросхем и принципами их работы, осваивают практические методы их логического и схемного проектирования.

Курс базируется на знаниях, полученных слушателями в курсах "Основы микроэлектроники", "Основы технологии и конструирования микросхем".

Общий объем курса - 56 час., из них лекций - 40 час., упражнений - 8 час., лаб. работ - 8 час. Курс завершается экзаменом.

I. Введение. Основы алгебры-логики. Классификация цифровых интегральных микросхем (ИМС), их характеристика и параметры. Активные и пассивные элементы цифровых ИМС. Применение ЭВМ при проектировании цифровых ИМС.

II. Основные типы логических ИМС. Схемы инжекционной логики. Диодно-транзисторные и транзисторно-транзисторные логические схемы. Логические схемы с диодами Шоттки. Схемы эмиттерно-связанной логики. Логические схемы на МДП-транзисторах с р- и п-каналом. Логические схемы на комплементарных МДП-транзисторах. Сравнение схем. Особенности базовых логических схем для цифровых БИС.

III. Комбинационные структуры. Основные типы комбинационных структур. Методы логического проектирования комбинационных структур. Дешифраторы, мультиплексеры, преобразователи кодов. Сумматоры и арифметическо-логические блоки. Программируемые логические матрицы.

Примеры построения комбинационных структур на ИМС и их реализация в виде ИМС средней и большой степени интеграции.

IV. Триггеры и динамические элементы. Классификация триггеров. Принципы их структурной организации и методы проектирования. Триггеры, использующие вспомогательные бистабильные ячейки. Триггеры, использующие разностные преобразователи. Динамические элементы на МДП-транзисторах.

V. Последовательностные структуры. Основные типы последовательностных структур. Методы логического синтеза последовательностных структур. Регистры. Счетчики. Примеры построения последовательностных структур на ИМС и их реализация в виде ИМС средней степени интеграции.

VI. Полупроводниковые запоминающие устройства. Основные типы полупроводниковых ЗУ, их структура. Типовые ячейки и структуры ЗУ статического, динамического и статико-динамического типа. Постоянные ЗУ и их применение. Программируемые ПЗУ.

VII. Цифровые ИМС большой степени интеграции БИС. Микропроцессоры. Проблемы разработки БИС и пути их решения. Элементная база БИС. Универсальные и заказные БИС. Базовые кристаллы для БИС.

Микропроцессоры, как пример универсальных цифровых БИС, их принципиальные особенности. Классификация и функции микропроцессоров. Элементная база и структура микропроцессоров. Операционные, функциональные и управляющие микропроцессорные модули, реализуемые в виде БИС. Применение микропроцессоров для построения цифровых вычислительных и управляющих систем.

VIII. Обзор современного состояния и перспективы развития цифровых ИМС. Обзор и сравнение параметров серийных цифровых ИМС. Перспективы повышения степени интеграции и улучшения электрических характеристик цифровых ИМС. Оценка предельно допустимых значений основных параметров цифровых ИМС.

Лабораторные работы

- Работа 1. Транзисторно-транзисторные логические схемы
- Работа 2. Логические схемы на комплементарных МДП транзисторах
- Работа 3. Комбинационные устройства на ИМС

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Лабораторные работы, ч	Упражнения, ч
I	Введение	4		
II	Основные типы логических ИМС	8	4	2
III	Комбинационные структуры	6	4	2
IV	Триггеры и динамические элементы	6		2
V	Последовательностные структуры	6		2
VI	Полупроводниковые запоминающие устройства	4		
VII	Цифровые ИМС большой степени интеграции	4		
VIII	Обзор современного состояния и перспективы развития цифровых ИМС	2		
Итого:		40	8	8

Рекомендуемая литература

Основная

1. Алексенко А. Г. Основы микросхемотехники - М.: Сов. радио, 1977.
2. Букреев И. Н., Мансуров Б. М., Горячев В. И. Микроэлектронные схемы цифровых устройств - М.: Сов. радио, 1975.
3. Наумов Ю. Е. Интегральные логические схемы. - М.: Сов. радио, 1971.

Дополнительная

1. Интегральные схемы на МДП-приборах. Пер. с англ./Под ред. А.Н. Кармазинского - М.: Мир, 1975.
2. Шагурин И. И. Транзисторно-транзисторные логические схемы - М.: Сов. радио, 1974.

3. Аввев И. А., Дулин В. Н., Наумов Ю. Е. Большие интегральные схемы с инжекционным питанием - М.: Сов. радио, 1977.
4. Вельков В. М., Ивченко Ю. М. Цифровые интегральные схемы, микропроцессоры и микро ЭВМ - М.: Сов. радио, 1974.

Доктор - канд. техн. наук, доцент Шагурин И. И.

Цель курса - изучить схемотехнические методы проектирования аналоговых ИМС и РЭА на их основе; научить решать задачи по выбору элементной базы аналоговых ИМС; изучить особенности включения аналоговых ИМС в РЭА.

Курс "Схемотехника аналоговых интегральных микросхем" знакомит слушателей с современным состоянием, особенностями схемотехники, областями применения и перспективами развития аналоговых интегральных микросхем (ИМС), дает необходимые знания для выбора элементной базы при построении аналоговых узлов и блоков современной радиоэлектронной аппаратуры.

Общий объем курса 56 час., из них лекций - 40 час., упражнений - 8 час., лаб. работ - 8 час. Курс завершается экзаменом.

I. Введение. Основные виды аналоговых функций и способы их реализации. Классификация аналоговых ИМС и особенности их схемотехники.

II. Общие вопросы проектирования и основные конфигурации аналоговых ИМС. Технологические особенности изготовления интегральных элементов и структур. Взаимно-согласованные интегральные структуры. Усилители постоянного тока (УПТ) с непосредственными связями (УПТ НС) и их реализация в аналоговых ИМС. Температурный и временной дрейф УПТ. Основные параметры и характеристики УПТ. Типовые интегральные конфигурации, используемые для реализации УПТ с НС: дифференциальный каскад (ДК) и его температурный дрейф; источники стабильного тока и напряжения, каскады сдвига уровня, выходные каскады, составные схемы на дополняющих биполярных транзисторах, цепи смещения входных каскадов. Специализированные схемные структуры, основанные на применении избыточных взаимосогласованных конфигураций и цепей обратной связи.

III. ИМС операционных усилителей (ОУ) и области их применения. Понятие об идеальном операционном усилителе (ОУ). Типовые функции, выполняемые ОУ. Основные параметры и характеристики ИМС ОУ и методы их измерения. Структура типовых ИМС ОУ. Описание и расчет основных типов ИМС ОУ. Классификация и характеристики серийных и перспективных ИМС ОУ. Практические ограничения в работе ИМС ОУ: статические и динамические характеристики, скорость нарастания выходного напряжения, напряжение

смещения, токи (разностный и смещения), тепловые эффекты и шумы. Коррекция частотных характеристик и устойчивость ИМС ОУ. Макро-модели ИМС ОУ массового применения. Применение ЭЦВМ при проектировании и оптимизации характеристик ИМС ОУ.

Применение ОУ. Инвертирующие, неинвертирующие дифференциальные усилители и измерительные (инструментальные) усилители. Аналоговые интегратор и дифференциатор. Логарифмические усилители. Стабилизатор напряжения. Активные фильтры. Ограничитель напряжения. Генераторы синусоидальных и треугольных колебаний.

IV. ИМС компараторов напряжения (КН) и области их применения. Классификация, параметры и характеристики современных ИМС КН. Структура, принцип действия и особенности схемотехники КН массового применения. Практические соображения по проектированию и применению ИМС КН.

Применение КН в импульсных схемах: детекторы уровня, триггер Шмитта, генераторы прямоугольных колебаний, усилители считывания.

V. Обратные связи в усилительных каскадах и ИМС ОУ. Классификация типов ОС. Методы расчета ИМС, охваченных цепями ОС. Широкополосные усилители.

VI. ИМС аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей. Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП). Основные погрешности ЦАП. Классификация и характеристики. Области применения ЦАП. Современные типы ИМС ЦАП. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Классификация. Параметры и погрешности. Основные положения теории дискретизации непрерывных сигналов. Структурные схемы основных типов АЦП. Современные типы ИМС АЦП и их характеристики. Области применения АЦП.

Элементная база ИМС АЦП и ЦАП: компараторы и повторители напряжения, источники опорного тока и напряжения, микросборки аналоговых ключей, коммутаторов и схем выборки хранения ИМС, регистров последовательных приближений, реверсивных счетчиков, таймеров и интерфейсов.

VII. Аналоговые ИМС для связной аппаратуры. Основные типы ИМС для связной аппаратуры и особенности их реализации в виде микросборок. Монолитные и гибридные избирательные усилители и усилители промежуточной частоты.

Методы реализации фильтров с помощью аналоговых ИМС.
 Аналоговые перемножители (АП), реализуемые в виде ИМС, их основные параметры и характеристики. Современные типы и характеристики ИМС АП.

Балансные модуляторы (БМ): особенности работы и основные требования к их параметрам.

Применение АП и БМ. Смесители, модуляторы-демодуляторы, линейные, квадратичные, фазовые и частотные детекторы, Делители напряжения и частоты.

УШ. Перспективы развития аналоговых ИМС. Крупноблочные принципы проектирования аналоговых систем. Аналоговые подсистемы управления процессами. ИМС программируемых аналоговых блоков. Аналоговые и аналого-цифровые подсистемы сбора и обработки данных. ИМС кодов для телефонных систем связи. Проблемы и пути повышения степени элементной и функциональной интеграции аналоговых ИМС.

Лабораторные работы

Работа 1. Параметры и коррекция частотных характеристик операционного усилителя (раздел III курса).

Работа 2. Интегральный компаратор и импульсные схемы на его основе (раздел IV курса).

Работа 3. Аналоговые перемножители и радиочастотные схемы на их основе (раздел V курса).

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции	Лабораторные работы	Упражнения
		ч	работы, ч	ч
1	2	3	4	5
I	Введение	2		
II	Общие вопросы проектирования и основные конфигурации аналоговых ИМС	6		
III	ИМС операционных усилителей и области их применения	8	4	4

Продолжение				
I	2	3	4	5
IV	ИМС компараторов напряжения (КН) и области их применения	3	(4)	
V	Обратные связи в усилительных каскадах и ИМС ОУ	3		
VI	ИМС аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей	10		
VII	Аналоговые ИМС для связанной аппаратуры	8	(4)	
VIII	Перспективы развития аналоговых ИМС	2		
Итого:		40	4 (8)	8

Рекомендуемая литература

Основная

1. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники - М.: Сов. радио, 1976.
2. Гребен А.Б. Проектирование аналоговых интегральных схем, пер. с англ., - М.: Энергия, 1976.
3. Шило А.П. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Сов. Радио, 1978.

Дополнительная

1. Проектирование и применение операционных усилителей
 Под ред. Дж. Грэма, Дж. Тоби, Д. Хиллмана, пер. с англ. - М.: Мир, 1974.

2. Марше М. Операционные усилители и их применение, Пер. с фр. - М.: Энергия, 1974.

3. Рутковский Справочник по операционным усилителям. Пер. с англ. - М.: Мир, 1978.

Лектор - ст. преп., канд. техн. наук Лебедева А.А.

КОНСТРУИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Цель курса - дать слушателям представление о современных проблемах и тенденциях развития приборостроения на основе ИМС; научить владеть современными методами решения практических задач конструирования РЭА с применением интегральных микросхем.

Курс знакомит слушателей с состоянием и проблемами комплексной микроминиатюризации аппаратуры, с конструированием радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на интегральных микросхемах.

Объем курса - 40 час., из них лекций - 32 час., упражнений - 8 час. Курс завершается экзаменом.

I. Введение. Конструктивные параметры РЭА на ИМС: вес, габариты, коэффициенты использования объема и веса, термо- и влагостойкость, надежность, ремонтноспособность. Разделение РЭА на приборы, блоки, узлы и элементы. Тенденции разработки РЭА.

II. Элементы РЭА. Конструктивные требования к элементной базе РЭА. Корпуса для гибридно-пленочных и полупроводниковых ИМС. Прямоугольные, круглые, пенальные и другие типы корпусов.

Корпуса для СВЧ ИМС с внутренним согласованием импедансов. Вакуумные корпуса. Пластмассовые корпуса. Основные виды конструкций бескорпусных схем.

III. Узлы РЭА на ИМС. Основные определения. Многослойные печатные платы (МПП) для узлов РЭА на ИМС. Типы МПП. Основные конструктивные и технологические особенности МПП с металлизированными отверстиями. Способы монтажа ИМС в корпусах различных типов на МПП. Методы формовки выводов корпусных ИМС. Элементы конструирования теплоотводов от корпусов ИМС к МПП.

Разъемы, контактные планки, соединители и гибкие кабели для монтажа узлов. Основные конструктивно-технологические особенности и типы разъемов, соединителей и контактных планок.

Методы проектирования размещения элементов и трассировки межсоединений на МПП. Методы машинного проектирования топологии узлов РЭА на ИМС. Проверка качества топологии узлов на МПП. Методика расчета теплового режима узла РЭА на ИМС.

IV. Блоки РЭА на ИМС. Основные определения. Кассеты. Типы кассет, их конструктивные особенности. Блоки субблочной, каскадной и книжной конструкции. Особенности и отличительные

характеристики блоков разных конструкций. Типы корпусов блоков РЭА на ИМС. Сравнительная характеристика блоков разных конструктивных типов по коэффициенту использования объема и ремонтнопригодности. Унификация и стандартизация при конструировании блоков МЭА.

Методы расчета теплового режима блока. Методы теплоотвода, влаго- и пылезащиты.

V. Методы испытаний и контроля РЭА на ИМС. Классификация методов и видов испытаний аппаратуры. Механические, климатические, временные, электрические и спеди-испытания. Контрольно-измерительная аппаратура и оборудование для проведения комплексных испытаний РЭА на надежность. Экономическая эффективность контроля качества и надежности РЭА на ИМС.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Упражнения, ч
I	Введение	2	
II	Элементы РЭА	4	
III	Узлы РЭА на ИМС	14	4
IV	Блоки РЭА на ИМС	6	2
V	Методы испытаний и контроля РЭА на ИМС	6	2
Итого:		32	8

Перечень тем семинарских занятий

№ п/п	Название темы	№ раздела курса
I	2	3
1.	Размещение элементов узла РЭА на плате (I час.)	III
2.	Трассировка межсоединений на плате по методу минимизации числа пересечений (I час.)	III
3.	Разделение схемы блока РЭА на узлы (I час.)	IV

1	2	3
4	Расчет теплового баланса блока РЭА на ИМС (1 час.)	IV
5.	Расчет паразитных связей в узле РЭА (2 час.)	III
6.	Расчет надежности блока РЭА на ИМС (2 час.)	V

В курсе используются слайды - 100, таблицы и образцы реальных изделий - 14, микрокалькуляторы БЗ-18 (для упражнений), учебные кинофильмы.

Рекомендуемая литература

Основная

I. Основы конструирования радиоэлектронной аппаратуры на интегральных схемах, том I. Проектирование микроэлектронной аппаратуры./ Под ред. Высоцкого Б.Ф. - М.: Сов. Радио, 1977.

Дополнительная

I. Преснухин Л.Н. и др. Конструирование микроэлектронных вычислительных машин - М.: Высшая школа, 1976.

Лектор - канд., техн. наук, доцент Л. Н. Патрикеев.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОСХЕМ

Цель курса - дать слушателям основные теоретические положения и методы использования ЭВМ при решении задач на отдельных этапах проектирования микросхем. Научить практически использовать современные программы анализа при разработке новых типов микросхем; дать представление о структуре, современных возможностях и перспективах развития систем автоматизированного проектирования микросхем.

Курс базируется на дисциплинах: "Основы микроэлектроники", "Схемотехника цифровых микросхем", "Схемотехника аналоговых микросхем", "Основы технологии и конструирования микросхем".

Общий объем курса 36 час., из них лекций - 28 час., практических занятий - 8 час. Курс завершается зачетом.

I. Введение. Роль автоматизации проектирования в свете решений XXV съезда КПСС. Автоматизация проектирования в микроэлектронике. Основные этапы проектирования ИМС. Возможности применения ЭВМ на этапах электрического расчета ИМС, проектирования топологии и расчета физической структуры ИМС. Особенности применения ЭВМ при разработке ИМС высокой степени интеграции (БИС). Роль автоматизированных методов проектирования в разработке современных ИМС.

II. Методы анализа и расчета электрических характеристик ИМС с помощью ЭВМ. Детерминированные и статистические методы анализа электронных схем, алгоритмические особенности методов. Требования, предъявляемые к методам анализа схем с помощью ЭВМ. Математические модели элементов ИМС, их классификация и требования к моделям. Модели активных и пассивных элементов. Математические модели, используемые в отечественных программах анализа. Макромодели элементов цифровой и аналоговой аппаратуры.

Матрично-топологические методы анализа электронных схем. Приведение схемы к виду, содержащему E, C, R, L, I - элементы. Топологические матрицы и их свойства. Матрицы сечений и контуров. Законы Ома и Кирхгофа в матричной форме. Расчет электрических цепей методом узловых потенциалов. Недостатки этого метода. Метод переменных состояний. Алгоритмы анализа характе-

ристик схем в статическом и переходном режимах. Алгоритмы выбора нормального дерева графа.

Обзор численных методов, используемых при машинном анализе схем. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Вопросы сходимости и выбора начальных приближений. Учет вида нелинейностей. Методы интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Выбор шага интегрирования. Проблема разброса постоянных времени. Сравнение методов интегрирования.

Статистический анализ характеристик ИМС. Аппроксимация законов распределения параметров элементов ИМС. Статистический расчет методом Монте-Карло.

III. Параметрическая оптимизация ИМС. Анализ чувствительности. Методы расчета коэффициентов чувствительности. Структура и примеры программ анализа чувствительности. Постановка задачи оптимизации ИМС. Выбор целевой функции. Методы и алгоритмы поиска экстремума целевой функции. Методы учета ограничений. Методы решения многоэкстремальных задач. Структура и примеры программ оптимизации. Статистические методы оптимизации.

IV. Современные программы анализа электронных схем. Структура и возможности программ анализа. Входной язык. Сервисные программы. Библиотека стандартной информации. Управляющая программа. Обзор отечественных программ анализа. Особенности второго поколения программ анализа на примере программ ПАУМ, АРОПС. Программы анализа линейных схем.

V. Проектирование физической структуры и топологии ИМС с помощью ЭВМ. Связь физико-топологического и схемотехнического проектирования. Физико-топологические модели элементов ИМС. Применение ЭВМ для анализа физических процессов и разработки физической структуры ИМС. Структура и примеры программ физического моделирования элементов ИМС.

Разработка топологии ИМС по принципиальной и логической схеме. Размещение элементов ИМС с помощью ЭВМ. Особенности разработки топологии ИМС на биполярных и МДП-транзисторах. Разработка топологии соединений элементов ИМС. Методы избирательных и фиксированных соединений. Алгоритмы трассировки соединений. Структура и примеры программ проектирования топологии ИМС.

VI. Системы автоматизированного проектирования ИМС. Роль систем автоматизированного проектирования САПР и решаемые им задачи. Структура САПР. Математическое обеспечение САПР. Общие принципы составления комплекта программ для САПР микроэлектронных схем в аппаратуре. Организация и техническое оснащение САПР. Характеристики современных ЭВМ, используемых в САПР. Терминальное оборудование. Организация и оснащение рабочего места проектировщика. Оперативная связь проектировщика и ЭВМ. Организация работы проектировщика в режиме диалога "человек - ЭВМ". Современное состояние и перспективы развития САПР в микроэлектронике.

Перечень тем практических занятий (раздел IV) курса

Занятие 1. Изучение программы анализа АРОПС	- 2 часа
Занятие 2. Расчет цифровой схемы с помощью программы АРОПС	- 2 часа
Занятие 3. Изучение программы анализа ПАУМ-ДИ	- 2 часа
Занятие 4. Расчет цифровой схемы с помощью программы ПАУМ-ДИ	- 2 часа

При проведении практических занятий используется ЭВМ типа ЕС-1033 или ЕС-1022 в пакетном режиме.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Практические занятия, ч
1	2	3	4
I	Введение	2	
II	Методы анализа и расчета электрических характеристик ИМС с помощью ЭВМ	8	
III	Параметрическая оптимизация ИМС	4	
IV	Современные программы анализа электронных схем	4	8
V	Проектирование физической структуры и топологии ИМС с помощью ЭВМ	6	
VI	Система автоматизированного проектирования ИМС	4	
Итого:		28	8

Рекомендуемая литература

Основная

1. Ильин В.Н. Основы автоматизации схемотехнического проектирования. - М.: Энергия, 1979.
2. Носов Ю.Р., Петросяни К.О., Шилин В.А. Математические модели элементов интегральной электроники. - М.: Сов. Радио, 1976.
3. Анисимов Б.В., Белов Б.И., Норенков И.П. Машинный расчет элементов ЭВМ - М.: Высшая школа, 1976.

Дополнительная

1. Глоризов Е.Л., Ссорин В.Г., Сыпчук Н.П. Введение в автоматизацию схемотехнического проектирования - М.: Сов. Радио, 1976.
2. Бармаков Ю.Н., Гольденберг А.Э., Чакраховсян Е.А. Машинный анализ и проектирование интегральных схем - М.: Сов. Радио, 1974.
3. Сигорский В.П., Петренко А.И. Алгоритмы анализа электронных схем - М.: Сов. Радио, 1976.
4. Штейн М.Е., Штейн Б.Е. Методы машинного проектирования цифровой аппаратуры, - М.: Сов. Радио, 1973.

Лектор канд. тех. наук Г.П.Мозговой.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Цель курса - дать слушателям структуру, принцип работы выполняемые функции основных типов микропроцессоров, научить проектировать простейшие цифровые системы на их основе, дать представление о возможностях применения микропроцессоров в электронной аппаратуре различного назначения.

В курсе "Микропроцессоры и их применение" слушатели изучают структуры и принципы работы микропроцессоров и микропроцессорных систем (микро-ЭВМ), знакомятся с методами их проектирования и программирования, примерами применения в различных областях.

Курс базируется на знаниях, полученных слушателями в курсах "Схемотехника цифровых микросхем", "Микроэлектронные устройства для измерительной техники".

Общий объем курса 48 часов, из них лекций - 36 час., лабораторных и семинарских занятий - 12 час. Курс завершается экзаменом.

I. Введение. Общие принципы работы цифровых систем, их типовые структуры. Машинные циклы. Команды и микрокоманды. Причины появления микропроцессоров. Особенности микропроцессоров как новой элементной базы для электронной аппаратуры различного назначения.

II. Основные типы микропроцессоров. Классификация микропроцессоров по разрядности и способу организации управления. Элементная база и типовые функциональные блоки микропроцессоров и микро-ЭВМ.

III. Микропроцессоры с фиксированным набором команд и микро-ЭВМ на их основе. Структура (на примере микропроцессора К580ИК1). Типовой набор выполняемых команд. Дополнительные управляющие сигналы. Рабочие циклы микропроцессора. Структура микро-ЭВМ на базе микропроцессора данного класса, описание ее работы. Дополнительные микросхемы, используемые в микро-ЭВМ. Типовой состав микропроцессорных комплектов БИС. Новые перспективные типы микропроцессоров этого класса.

IV. Микропроцессоры с микропрограммным управлением. Структура и функции процессорной секции (на примере К589ИК2).

Структура и функции блока микропрограммного управления (на примере К580ИКИ). Микропрограммирование. Структура микро-ЭВМ на базе микропроцессора данного класса, описание ее работы. Обзор основных типов отечественных микропроцессоров данного класса.

У. Программирование микропроцессорных систем. Взаимосвязь структуры и программного обеспечения систем. Методы программирования микропроцессоров. Мнемокоды. Ассемблеры и кросс-ассемблеры. Языки высокого уровня для микропроцессорных систем. Трансляторы, компиляторы, интерпретаторы. Примеры конкретных систем проектирования и отладки систем.

УІ. Применение микропроцессоров. Особенности применения микропроцессоров в качестве контроллеров, примеры их проектирования на основе отечественных микропроцессоров. Универсальные микро-ЭВМ, их особенности, типовые характеристики, функциональные возможности. Проблемы интерфейса и пути их разрешения. Универсальные и специализированные интерфейсные схемы. Применение матричных БИС и ПЛИД для обеспечения интерфейса. Конкретные примеры использования микропроцессоров в системах управления, измерительных устройствах, связанной аппаратуре и др. мульти-микропроцессорные системы.

Лабораторные работы

Работа 1. Микропроцессор типа К584ИКИ

Работа 2. Микропроцессорная система на базе К580ИКИ

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч	Семинары, ч	Лабораторные раб., ч
1	2	3	4	5
I	Введение	4		
II	Основные типы микропроцессоров	4		
III	Микропроцессоры с фиксированным набором команд и микро-ЭВМ на их основе	6		
IV	Микропроцессоры с микропрограммным управлением	6		4

Продолжение

1	2	3	4	5
У	Программирование микропроцессорных систем	8	4	4
УІ	Применение микропроцессоров	8		

Итого: 36 4 8

Рекомендуемая литература

Основная

1. Б. Соучек. Микропроцессоры и микро-ЭВМ, пер. с англ./ Под ред. А. И. Петренко - М.: Сов. Радио, 1979.
2. Д. Хилбурн, П. Джулич. Микро-ЭВМ и микропроцессоры, пер. с англ./ Под ред. С.Д. Палкеева - М.: Мир, 1979.
3. Б.М. Коган, В.В. Сталин, Микропроцессоры в цифровых системах - М.: Энергия, 1979.

Дополнительная

1. Э. Клингман. Проектирование микропроцессорных систем - М.: Мир, 1980.
2. И.В. Прангшвили. Микропроцессоры и микро-ЭВМ. - М.: Энергия, 1979.
3. Микропроцессорные БИС и микро-ЭВМ. Построение и применение./Под ред. А.А. Васенкова - М.: Сов. радио, 1980.
4. Т. Булей. Микропрограммирование, пер. с англ./Под ред. М.Д. Пибарта - М.: Мир, 1973 г.

Лектор - канд. техн. наук, доцент Шагурин И.И.

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Цель курса – ознакомить слушателей с конструктивно-технологическими особенностями новых микроэлектронных датчиков, специальных электродов, прецизионных усилителей и генераторов сигналов различной формы, предназначенных для использования в современных измерительно-информационных системах.

Материал курса является дополнением к курсам "Схемотехника аналоговых интегральных микросхем" и "Конструирование микроэлектронной аппаратуры" в части применения интегральных микросхем в измерительной аппаратуре и базируется на курсе "Основы технологии и конструирования интегральных микросхем" в части технологии интегральных датчиков и специальных электродов.

Общий объем курса – 28 час. Курс завершается зачетом.

I. Введение. Проблемы внедрения интегральных микросхем в контрольно-измерительную аппаратуру и промышленную автоматику. Проблемы создания микроминиатюрных преобразователей неэлектрических величин в электрический сигнал и устройств первичной обработки информации. Роль микроэлектроники в развитии измерительной техники и экспериментальных методов ядерной физики.

II. Общие сведения об измерительно-информационных системах. Назначение и структура современных измерительно-информационных систем (ИИС). Основные характеристики ИИС. Требования к входным и выходным сигналам. Потери информации и классификация погрешностей в ИИС. Особенности микроэлектронных измерительных систем.

III. Микроэлектронные устройства съема и преобразования информации. Полупроводниковые преобразователи температуры и механических величин (перемещения, ускорения и давления) в электрический сигнал. Способы включения их в измерительную схему. Погрешности и их компенсация. Основные параметры и области применения датчиков температуры и давления. Конструктивно-технологические особенности изготовления на основе интегральной технологии пассивных и активных электродов. Основные параметры и области применения этих электродов.

Полупроводниковые преобразователи видимого света (ПЭС, фотоэлектрические матрицы), ультра-фиолетового и γ -излучений в электрический сигнал. Принципы построения микроэлектронных дозиметров излучений.

Микроэлектронные датчики химического состава жидкости. Полярнографический метод анализа состава электролитов. Погрешности измерения концентрации ионов датчиками химического состава и пути их уменьшения.

IV. Микроэлектронные устройства усиления и передачи информации. Требования к измерительным усилителям. Структурные схемы и принципы построения современных прецизионных усилителей. Интегральные микросхемы УПТ. Развязывающие усилители. Генераторы синусоидальных колебаний треугольных и прямоугольных импульсов, преобразователи напряжение – частота.

Микроэлектронные радиотелеметрические системы. Принципы и особенности разработки микроминиатюрных радиопередатчиков и приемников.

V. Устройства обработки и отображения информации. Интегральные микросхемы аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и применение их в измерительной технике. Использование цифровых ИИС и микропроцессоров в ИИС.

Миниатюрные электронно-лучевые трубки и индикаторы (стрелочные и цифровые). Светодиодные и жидкокристаллические световые индикаторы, схемы их включения в измерительных приборах.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч.
I	Введение	2
II	Общие сведения об измерительно-информационных системах	6
III	Микроэлектронные устройства съема и преобразования информации	6
IV	Микроэлектронные устройства усиления и передачи информации	6
V	Устройства обработки и отображения информации	8

Основная

1. Электрические измерения неэлектрических величин. /Под ред. А.М.Туричина, - М.: Энергия, 1975.
2. Аналоговые интегральные схемы, пер. с англ. /Под ред. Конелли, -М.: Мир, 1977.
3. Проектирование аналого-цифровых систем на интегральных схемах. /Под ред. Б.В.Шамрая, -М.: Машиностроение, 1976.
4. Полякова Л.В., Лейн В.М. Отображение измерительной информации. - М.: Энергия, 1978.

Дополнительная

1. Вальков В.М., Ильющенко Ю.М. Цифровые интегральные схемы, микропроцессоры и микро-ЭВМ, - М.: Сов.Радио, 1977.
2. Применение микропроцессоров Труды института электротехники и электроники, т.66, №2, стр. 115-245, 1978.
3. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника, -М.: Сов. Радио, 1977.

Лектор - канд.техн.наук, старший научный сотр. Б.И.Подлепецкий

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Цель курса - ознакомить слушателей с процессами планарной технологии. Курс дает возможность более глубоко изучить раздел курса "Основы технологии и конструирования ИМС", посвященный изготовлению полупроводниковых ИМС.

Общий объем курса - 36 час., из них лекций - 28 час., лаб. работ - 8 час. Курс завершается зачетом.

I. Введение. История развития технологии полупроводниковых приборов и ИМС. Характеристика современного уровня технологии. Особенности и основные технологические процессы планарной технологии. Цель и задачи курса.

II. Механическая обработка монокристаллов полупроводников. Метод ориентации монокристаллов. Механическая обработка монокристаллов. Резка слитков на пластины. Шлифовка и полировка пластин. Способы разрезания пластин на кристаллы. Контроль качества поверхности после шлифовки и полировки.

III. Химическая обработка поверхности полупроводниковых материалов. Очистка поверхности полупроводников. Требования к материалам для очистки. Вода в производстве полупроводниковых приборов. Химическое травление. Электрохимическая теория химического растворения. Травление в анизотропных травителях.

IV. Методы получения диэлектрических пленок в планарной технологии. Термическое окисление кремния. Перераспределение примесей на границе кремний - двуокись кремния при термическом окислении. Заряд в пленках двуокиси кремния; его влияние на характеристики планарных приборов. Пленки Si_3N_4 и Al_2O_3 . Способы их получения и применения.

V. Диффузия примесей в полупроводниках. Дефекты в реальных кристаллах. Механизм диффузии. Теория диффузионных процессов. Характеристики диффузانتов. Образование р-п переходов при диффузии. Практические способы проведения процессов диффузии.

Методы изучения характеристик диффузионных слоев. Оборудование для проведения диффузионных процессов.

VI. Легирование полупроводников ионным внедрением примеси. Физические основы ионного легирования. Распределение примеси при ионном легировании. Радиационные эффекты и их влияние на свойства легированных слоев. Локальное ионное легирование.

МДП-транзисторы, изготовленные методом ионного легирования.

VII. Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоев. Понятие эпитаксиального роста кристаллов. Автоэпитаксия, гетероэпитаксия. Практические методы проведения процессов автоэпитаксии. Методы легирования эпитаксиальных слоев. Автолегирование и диффузия из подложки. Методы контроля характеристик эпитаксиальных слоев. Оборудование для проведения процессов эпитаксии.

VIII. Фотолитография. Позитивные и негативные фоторезисты и их свойства. Технология фотолитографического процесса. Методы создания фотошаблонов. Оборудование. Новые направления в технике фотолитографии. Анализ причин брака ИМС.

IX. Технологические процессы создания компонентов ИМС. Типовой технологический процесс создания биполярных транзисторов и ИМС на их основе. Типовой технологический процесс создания МДП транзисторов и ИМС на их основе. Изготовление МДП-транзисторов методом ионного легирования. Комплементарные МДП-транзисторы. МДП-транзисторы с поликремниевыми и молибденовыми затворами.

X. Методы изоляции компонентов в полупроводниковых интегральных микросхемах. Изоляция $p-n$ переходом. Изоляция диэлектрическими пленками. Изопланарная технология. Модификация изопланарных структур. Структуры с изолирующей коллекторной диффузией. Воздушная изоляция компонентов. Сравнительная оценка методов изоляции компонентов.

XI. Сборка интегральных микросхем. Метод термокомпрессии. Оборудование. Причины ненадежности термокомпрессионных соединений. Микросхемы с шариковыми и балочными выводами. Микросборки. Сварка. Пайка.

Конструкции корпусов микросхем. Методы герметизации. Методы проверки герметичности.

XII. Перспективы создания автоматических систем управления технологическими процессами. Представление о технологическом процессе как большой статистической системе. Математические модели для получения технологического процесса с использованием ЭВМ.

Лабораторные работы

Работа 1. Химическая очистка поверхности полупроводниковых пластин (раздел II курса).

Работа 2. Создание эмиттерной области транзистора (раздел У курса).

Работа 3. Исследование процессов фотолитографии (раздел VIII курса):

Часть I. Получение защитных покрытий (фоторезистов) на кремниевых пластинах.

Часть II. Получение совмещающихся рисунков на пленках двуокиси кремния.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч.	Лаборатор. работы, ч
I	2	3	4
I	Введение	2	
II	Механическая обработка монокристаллов полупроводников	2	
III	Химическая обработка поверхности полупроводниковых материалов	2	4
IV	Методы получения диэлектрических пленок в планарной технологии	3	
V	Диффузия примесей в полупроводниках	4	4
VI	Легирование полупроводников ионным внедрением примеси	2	
VII	Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоев	2	

1	2	3	4
УШ	Фотолиитография	3	(8)
IX	Технологические процессы создания компонентов ИМС	2	
X	Методы изоляции компонентов в полупроводниковых интегральных микросхемах	2	
XI	Сборка интегральных микросхем	2	
XII	Перспективы создания автоматизированных систем управления технологическими процессами	2	

ИТОГО:

28

8(8)^xРекомендуемая литература

Основная

1. Мазель Е.З., Пресс Ф.П. Планарная технология кремниевых приборов -М.: Энергия, 1974.
2. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем -М.: Высшая школа, 1979.

Дополнительная

1. Болтакс Б.И. Диффузия в полупроводниках -М.: Наука, 1972.
2. Под ред. Бургера Р., Донована Р. Основы технологии кремниевых интегральных схем. Окисление. Диффузия. Эпитаксия -М.: Мир, 1969.
3. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем -М.: Энергия, 1977.

Лектор - канд. техн. наук, ассистент Белова Г.Ф.

ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Цель курса - дать слушателям основные теоретические положения о взаимодействии оптического излучения с твердым телом, ознакомить с основными оптоэлектронными приборами и их характеристиками; дать представление об использовании оптоэлектронных приборов в аппаратуре.

В курсе "Основы оптоэлектроники" рассматриваются физические явления, лежащие в основе действия оптоэлектронных приборов, конструктивные особенности и характеристики этих приборов, оптоэлектронные схемы преобразования электрических и оптических сигналов, устройства обработки и хранения информации с использованием светового излучения. Цель курса - ознакомить слушателей с новой, элементной базой для создания систем получения, передачи, обработки, хранения информации, основанной на использовании светового излучения.

Курс строится с учетом знаний слушателями материала курсов "Основы микроэлектроники", "Основы технологии и конструирования интегральных микросхем".

Общий объем курса - 28 час. Курс завершается зачетом.

I. Введение. Понятие оптоэлектроники. Роль оптоэлектронной связи в устройствах преобразования электрических и оптических сигналов. Принципиальная схема электронно-оптических систем обработки информации и ее основные блоки. Задачи курса.

II. Воздействие света на полупроводники. Собственное оптическое поглощение. Поглощение света, связанное с фотоионизацией и возбуждением примесей. Процессы в полупроводниках, происходящие в результате поглощения фотонов. Фотоионизация и фотопроводимость. Квантовый выход фотоионизации. Спектральная зависимость фотопроводимости.

III. Полупроводниковые фотоприемники видимого и инфракрасного излучения. Характеристики фотоприемников. Чувствительность по напряжению и току, пороговая чувствительность, постоянная времени переходного процесса, спектральная характеристика. Собственные и примесные фоторезисторы и их конструктивные особенности. Вольт-амперные характеристики, фоточувствительность, быстродействие. Выбор материалов и примесей для примесных фоторезисторов. Рабочие температуры примесных фоторезисторов. Конструк-

ции корпусов. Фотодиоды. Структурные и электрофизические параметры, определяющие чувствительность и спектральную характеристику фотодиодов. Фототранзисторы, биполярные и канальные. Фототристоры.

IV. Источники видимого и инфракрасного излучения. Естественные источники излучения. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Собственное и примесное излучение. Инжекционные светодиоды. Материал для светодиодов; конструкция светодиодов. Характеристики светодиодов - вольт-амперная, яркостная, спектральная. Электр люминесцентные конденсаторы и их характеристики. Полупроводниковые лазеры.

У. Оптроны и оптронные схемы. Классификация элементарных оптронов. Оптроны с внешней и внутренней оптическими связями. Оптрон с положительной обратной связью. Оптрон с отрицательной обратной связью.

Применение оптронов в электронных устройствах. Использование оптронов в качестве переменных сопротивлений. Оптронные коммутаторы. Оптроэлектронные реле. Оптронные системы управления высоковольтными цепями. Схемы управления логическими элементами типа ТТЛ и ДТЛ. Оптроэлектронные устройства управления знаковыми индикаторами.

Оптроэлектронные логические элементы. Использование оптронов в качестве усилителей и преобразователей света.

VI. Системы отображения информации. Цифровые и буквенно-цифровые матричные панели для ЭВМ на основе сегментных индикаторов. Типы сегментных индикаторов: электролюминесцентные, светодиодные, жидкокристаллические. Их конструкции и параметры. Схемы управления цифровыми индикаторами, работающими в непрерывном и мультиплексном режимах. Плоские телевизионные экраны.

VII. Фотоэлектрические преобразователи изображений. Режим работы фотоэлектрических преобразователей. Работа кремниевых фотоприемников с р-п переходом-накопителем (диоды и транзисторы) в режиме накопления заряда. Принцип действия, конструктивные особенности, основные характеристики. Фоточувствительные матрицы на основе фотоприемников с р-п переходом-накопителем. Их организация и параметры. Схемы коммутации элементов фотоматриц. Фотоэлектрические преобразователи изображения на основе

приборов с зарядовой связью. Способы организации фоточувствительных матриц на основе ПЭС.

VIII. Оптроэлектронные системы обработки информации. Основные функциональные блоки. Запоминающие оптические среды. Три группы сред (материалов), используемых для регистрации и хранения оптической информации. Фотохромные материалы. Среда на основе тепловых эффектов. Среда, использующие электрооптические эффекты. Модуляторы и дефлекторы светового излучения. Классификация пространственно-временных модуляторов света. Физические эффекты и материалы, используемые для модуляции света. Основные характеристики. Дефлекторы света и их характеристики. Системы вывода информации на основе фотоэлектрических преобразователей изображения.

IX. Элементы волоконной оптики. Материалы для оптических волоконных элементов (световодов). Основные характеристики световодов. Применения световодов. Фоконы. Разветвители и смесители для многоканальной оптической связи. Волоконно-оптические кабели для систем оптической связи.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч
I	Введение	1
II	Воздействие света на полупроводники	2
III	Полупроводниковые фотоприемники видимого и инфракрасного излучения	4
IV	Источники видимого и инфракрасного излучения	3
V	Оптроны и оптронные схемы	4
VI	Системы отображения информации	4
VII	Фотоэлектрические преобразователи изображений	4
VIII	Оптроэлектронные системы обработки информации	4

Продолжение

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч
IX	Элементы волоконной оптики	2
Итого:		28

Рекомендуемая литература

Основная

1. Мочалкина О.Р., Воронов Ю.А., Казюлин В.И. Основы оптоэлектроники, -М.: МИФИ, 1978.

2. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника, -М.: Сов.Радио, 1977.

Дополнительная

1. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники, -М.: Физматгиз, 1965.

2. Свечников С.В. Элементы оптоэлектроники, -М.: Сов. Радио, 1971.

3. Якушенко Ю.Г. Основы теории и расчета оптико-электронных приборов, -М.: Сов.Радио, 1970.

4. Якушенко Ю.Г. Основы оптоэлектронного приборостроения, -М.: Сов.Радио, 1977.

5. Амброзия А. Конструкция и технология полупроводниковых фотозлектрических приборов, -М.: Сов.Радио, 1970.

6. Перспективы развития полупроводниковых формирователей изображения, "Электроника", № 5, 1974.

7. Катис Г.П., Кравцов Н.В., Чирков Л.Б., Коновалов С.М. Модуляция и отклонение оптического излучения, -М.: Наука, 1967.

8. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью, -М.: Сов.Радио, 1976.

Лектор - канд.техн.наук, доцент О.Р.Мочалкина.

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОСХЕМ

Цель курса - рассмотреть основные радиационные эффекты, приводящие к изменению параметров ИМС и их компонентов; научить решать практические задачи по оценке радиационной стойкости полупроводниковых приборов и ИМС, на их основе дать представление о путях и возможностях повышения радиационной стойкости аппаратуры на полупроводниковых приборах и ИМС.

В курсе слушатели знакомятся с влиянием радиации на характеристики полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, изучают физические основы радиационных эффектов в полупроводниковых приборах и полупроводниках, в интегральных схемах и их элементах, на занятиях даются методики радиационных испытаний, проводятся конструктивно-технологические и схемотехнические методы повышения радиационной стойкости ИМС и практические методы расчета радиационной стойкости ИМС.

Курс базируется на знаниях, полученных слушателями в курсах "Основы микроэлектроники" и "Основы технологии и конструирования микросхем".

Общий объем курса - 28 час.. из них лекций - 24 час., практических (демонстрационных) занятий - 4 час. Курс завершается зачетом.

I. Виды и источники излучений. Виды излучений: X-лучи, γ -лучи, β -лучи, α -частицы, протоны, нейтроны (тепловые, быстрые, промежуточные). Источники излучений: космическое пространство, ядерные взрывы, реакторы (непрерывного действия и импульсные), ядерные источники питания.

Дозиметрия излучений, единицы измерений доз радиации.

II. Радиационные эффекты в полупроводниках. Образование дефектов и их виды. Влияние дефектов на электрофизические свойства полупроводников.

Эффекты ионизации, образование пар "электрон - дырка".

III. Радиационный дрейф характеристик приборов с МДП-структурой. Физическая модель радиационных эффектов. Методы анализа экспериментальных результатов по исследованию радиационных эффектов в МДП-структуре.

Дрейф характеристик приборов с МДП-структурой: ВАХ, ВФХ, передаточные и др.

Технологические и схемотехнические методы уменьшения радиационного дрейфа характеристик МДП-приборов.

IV. Радиационный дрейф характеристик приборов с р-п переходами. Диоды: влияние объемных и поверхностных эффектов на характеристики.

Биполярные транзисторы: влияние объемных и поверхностных эффектов на характеристики.

Полевые триоды с р-п переходом и дрейф характеристик.

Технологические и схемотехнические методы повышения радиационной стойкости приборов.

V. Влияние импульсного ионизирующего излучения на полупроводниковые приборы. Источники импульсного излучения. Методика проведения экспериментов на импульсных установках. Физические явления при импульсном ионизирующем воздействии на приборы с р-п переходом и МДП-структурой.

VI. Влияние различных видов радиации на пассивные компоненты электронных схем. Критерии и сравнительная оценка радиационной стойкости дискретных компонентов электронных схем: резисторов, конденсаторов, пьезокерамических изделий и др.

VII. Методы определения радиационной стойкости интегральных схем. Методы определения стойкости ИМС. Критерии оценки радиационной стойкости ИМС. Сравнительная характеристика радиационной стойкости логических элементов и линейных ИМС.

Методы анализа и прогнозирования радиационной стойкости. Специфика определения радиационной стойкости БИС и СБИС.

Распределение часов по курсу

№ раздела	Название раздела	Лекции, ч
I.	Виды и источники излучений	3
II.	Радиационные эффекты в полупроводниках	3
III.	Радиационный дрейф характеристик приборов с МДП-структурой	5
IV.	Радиационный дрейф характеристик	46

№ Раздела	Название раздела	Лекции, ч
У.	приборов с р-п переходами. Влияние импульсного ионизирующего излучения на полупроводниковые приборы	4 3
VI.	Влияние различных видов радиации на пассивные компоненты электронных схем	3
VII.	Методы определения радиационной стойкости интегральных микросхем	3

ИТОГО: 24

Демонстрационные занятия

1. Экскурсия на ИРТ-2000 МИФИ - 2 часа
2. Экскурсия в РУЛ МИФИ - 2 часа

Рекомендуемая литература

1. Патрикеев Л.Н., Попов В.Д., Подлепецкий Б.И. Радиационная стойкость полупроводниковых приборов и интегральных схем, -М.: МИФИ, 1975.
2. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем, -М.: Атомиздат, 1967.
3. Вавилов В.С., Ухин Н.А. Действие излучений на полупроводники и полупроводниковые приборы, -М.: Атомиздат, 1969.
4. Стенин В.л. Влияние облучения на параметры полевых транзисторов, Приборы и техники эксперимента, № 2 стр. 5-19 1970.
5. Митчел Дж., Уилсон Д. Поверхностные эффекты в полупроводниковых приборах, вызванные радиацией, -М.: Атомиздат, 1970.
6. Кулаков В.М. и др. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники, -М.: Сов.Радио, 1980

Лектор - ст. научн. сотр., канд. техн. наук В.Д.Попов

ПРОГРАММЫ КУРСОВ ПО
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
"МИКРОЭЛЕКТРОНИКА"

Редактор	Н.В.Шумакова
Техн. редактор	Н.М.Генкина
Корректор	В.Э. Решетникова

Подписано в печать 16/VII - 1981г

Формат 60 x 84 1/16 Объем 3,0 п.л. Уч.-изд.л. 2,5

Тираж 200 экз. Бесплатно Изд. № 043-2 Заказ № 1229

Типография МИФИ, Каширское шоссе, 1