

Вводная лекция № 1

1. Введение: РЭ, Э, МЭ, НЭ
2. Объект, предмет, задачи и структура курса.
3. Основные понятия и терминология.
4. Классификация ЭП
5. Этапы развития электронной техники. Современный уровень развития электроники, перспективы и тенденции развития.
6. Основные виды электронных и микроэлектронных устройств и их условные обозначения.

1 РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

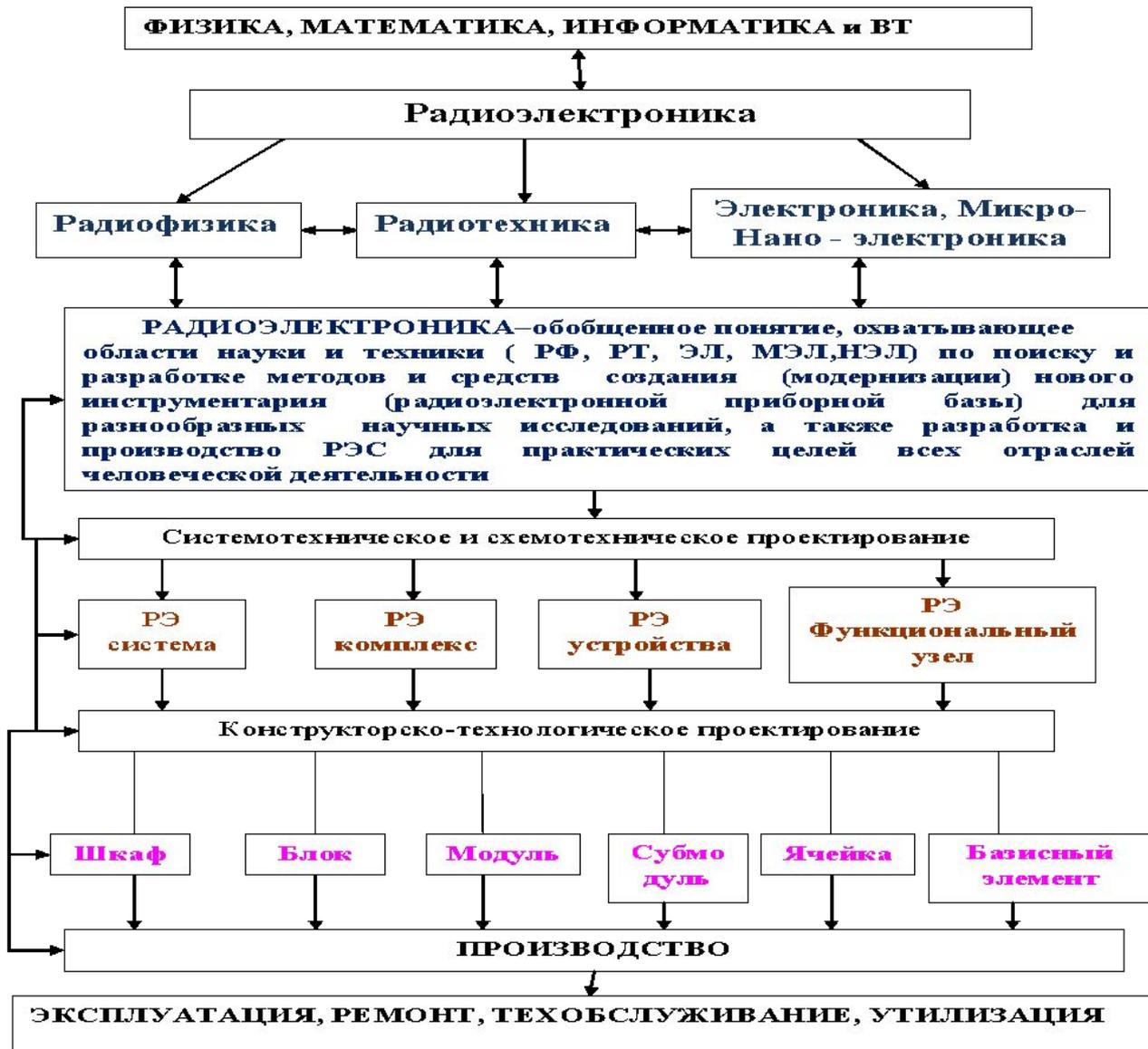


Рис. 1 Место и роль РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОФИЗИКА

- раздел физики, охватывающий изучение и использование эл.-магн. колебаний и волн, поиск **новых физических явлений и эффектов при распространении ЭМВ в различных средах и их взаимодействии с веществом.** На шкале электромагнитных волн радиодиапазон занимает интервал частот от 10⁴ до 10¹⁰ Гц), и первоначально радиофиз. исследования придерживались этих границ. Со временем, однако, методы Р. проникли и в др. диапазоны частот от очень низких частот (ОНЧ) до гамма-излучения, а также в область исследований волновых процессов не эл.-магн. природы (напр., в акустику).
- Р. сформировалась в 30—40-е гг. благодаря бурному развитию радиотехники, радиосвязи, радио- и телевидения и др. Появление радиолокации и радионавигации потребовало освоения новых диапазонов частот и разработки общих физ. принципов генерации, излучения, распространения и приёма радиоволн, модуляции и кодирования радиосигналов и т. д. В СССР развитие Р. связано с именами Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси и созданной ими школы.
- На первом этапе развитие Р. опиралось на общую теорию колебаний и волн, физ. электронику и электродинамику. Теория колебаний создала матем. аппарат, позволяющий исследовать и управлять процессами в колебат. системах (Важную роль сыграли исследования нелинейных колебаний и особенно автоколебаний, лежащие в основе работы большинства генераторов эл.-магн. колебаний радиодиапазона.
- Быстродействие, простота управления, высокие КПД, перекрытие всех диапазонов частот и мощностей, высокая чувствительность, избирательность и низкий уровень шумов и др. требования, предъявляемые к разл. радиотехнич. устройствам, могут быть удовлетворены только с привлечением разнообразных физ. явлений в газах и конденсированных средах.

РАДИОТЕХНИКА

- наука об электромагнитных колебаниях и волнах радиодиапазона — о методах их генерации, усиления, излучения, приёма и об их использовании; отрасль техники, осуществляющая применение электромагнитных колебаний и волн радиодиапазона для передачи информации — в радиосвязи, радиовещании и телевидении, в радиолокации и радионавигации, при контроле и управлении машинами, механизмами и технологическими процессами, в разнообразных научных исследованиях и т.д. Радиодиапазон охватывает спектр электромагнитных волн (ЭВ) длиной от нескольких десятков тыс. км до десятых долей мм (подробнее см. в ст. Радиоволны).
- развитие Р. тесно связано с достижениями в области радиофизики (См. Радиофизика), электроники (См. Электроника), физики полупроводников (См. Полупроводники), электроакустики (См. Электроакустика), теории колебаний (См. Колебания), теории информации (см. Информации теория), и различных разделах математики (См. Математика), а также с прогрессом в технике высокочастотных измерений (см. Измерительная техника, Радиоизмерения), вакуумной и полупроводниковой технике (см. Полупроводниковая электроника), в производстве источников электропитания и др. В Р. входит ряд областей, главные из которых — Генерирование электрических колебаний, Усиление электрических колебаний, их преобразование, управление ими (см. Модуляция колебаний), антенная техника (см. Антенна, Излучение и приём радиоволн), Распространение радиоволн в свободном пространстве, в различных средах (ионосфере, почве) и в направляющих системах (кабелях, волноводах), фильтрация электромагнитных колебаний, демодуляция, воспроизведение переданных сигналов (речи, музыки, изображений, телеграфных и иных знаков), контроль, управление и регулирование при помощи ЭВ и колебаний (посредством радиоэлектронных систем).

Электроника

Электроника – область науки и техники, изучающая процессы взаимодействия потоков электронов с электромагнитными полями в различных средах, создающая методы и средства разработки электронных приборов и устройств, в которых это взаимодействие используется для преобразования электромагнитной энергии, передачи, обработки и хранения информации.

Микроэлектроника

- Микроэлектроника – направление электроники, в которой занимаются физическими, техническими, конструкторско-технологическими методами и средствами микроминиатюризации с целью создания высоконадежных и экономичных микроэлектронных схем и устройств, называемых *интегральными микросхемами* (ИМС) малой (МИС), средней (СИС), большой (БИС) и сверхбольшой (СБИС) степени интеграции

Наноэлектроника

- **Наноэлектроника** – современная область микроэлектроники, занимающаяся физическими, техническими, конструкторско-технологическими методами и средствами наноминиатюризации с размерами интегральных электронных приборов с топологическими размерами 1-100 нм, работающих на квантовых эффектах.
- **Задачи:**
 - разработка физических основ работы активных приборов с нанометровыми размерами, в первую очередь квантовых;
 - разработка физических основ технологических процессов;
 - разработка самих приборов и технологий их изготовления;
 - разработка интегральных схем с нанометровыми технологическими размерами и изделий электроники на основе наноэлектронной элементной базы.

2 Объект, предмет, задачи дисциплины «Микроэлектроника»

Объектом профессиональной деятельности бакалавра

по дисциплине «Микроэлектроника» являются электронная элементная база (компоненты) и электронные изделия РЭ и ВТ различной степени интеграции и иерархии: узлы, модули, блоки, комплексы и системы.

Предметом дисциплины «Микроэлектроника» является изучение микроэлектронных компонент и схемотехнических решений на их основе, используемых в процессе проектировании радиоэлектронных устройств.

Задачами курса «Микроэлектроника» обучения дисциплины являются:

изучение электрофизических свойств полупроводниковых материалов;

изучение принципов действия устройств, характеристик, параметров, моделей полупроводниковых приборов и элементов интегральных схем, применяемых в современных и перспективных РЭ и ВТ.

3 Основные понятия и терминология

- **Прибор** – специальное устройство, аппарат для производства разнообразных операций: преобразование физических воздействий в электрические сигналы, преобразование энергии или информации, измерение, регулирование, контроль параметров и характеристик объектов и процессов и т.п.
- **Электронный прибор (ЭП)** – это устройство, принцип работы которого основан на использовании явлений, возникающих в процессе получения потоков электронов и других носителей заряда, управления движением этих потоков и преобразования их энергии. Следовательно, понятие «электронный» связано с использованием электронов и их взаимодействий с электрическими и магнитными полями

Результатом воздействия на движение носителей зарядов (НЗ) может быть:

- ускорение;
- торможение;
- изменение направления движения;
- изменение плотности потока носителей заряда;
- изменение площади поперечного сечения потока носителей заряда;
- преобразование кинетической или потенциальной энергии зарядов.
- **Диффузия** – движение НЗ рабочей среды, приводящее к переносу и выравниванию концентрации НЗ в среде. Диффузия определяется тепловым движением.
- **Дрейф** – направленное движение заряженных частиц в среде под влиянием внешних воздействий (например, электрических полей).
- **НЗ** могут в результате диффузии или дрейфа двигаться от эмиттера к другому электроду, создавая во внешней цепи электрический ток.

- Простейший ЭП можно представить в виде **корпуса и 2-х электродов**, плоскости которых параллельны.
- **Корпус** представляет собой герметичный элемент из конструкционного материала (металл, керамика, пластмасса, металлокерамика) с электродами и выводами, обеспечивающий защиту и надежную работу активной части ЭП в условиях внешних климатических (влаги, теплота, радиация и др.) и механических воздействий
- **Электрод** (от «электричество» и греческого hodos – дорога, путь) – конструктивный элемент внутри корпуса электронного прибора, служащий для электрической связи активной (рабочей) части прибора, находящейся в среде корпуса (вакуум, газ, полупроводник, жидкость) с внешней электрической цепью.
- **Выводы** – металлические проводники, служащие для соединения электродов с внешней цепью.
- **Эмиттер (катод)** – электрод, который является источником электронов (или других носителей заряда) при воздействии внешних причин (нагревание, облучение, электромагнитное поле и т.д.).
- **Коллектор (анод)** – электрод, главным назначением которого обычно является прием основного потока НЗ

4 Классификация ЭП

- **ЭП предназначены** для выполнения разнообразных функций, позволяющих решить две основные задачи: преобразование энергии и преобразование сигналов.
- В зависимости от вида энергии входного воздействия на ЭП и энергии на его выходе или способа обработки информации различают **четыре основных класса ЭП**:
 - электропреобразовательные (и на входе и на выходе электрические сигналы);
 - излучательные (электрические сигналы преобразуются в световые);
 - фотоэлектрические (световые сигналы преобразуются в электрические);
 - термоэлектрические (тепловые сигналы преобразуются в электрические).

ЭП по принципу действия подразделяются делятся на следующие виды:

Активные элементы и компоненты:

- полупроводниковые (диоды, транзисторы, тиристоры и т.д.);
- электровакуумные (электронные лампы, электронно-лучевые приборы , ФЭУ, ТВ трубки , СВЧ –приборы: клистроны, магнетроны, ЛБВ, ЛОВ и т.д.);
- газоразрядные приборы;
- микроэлектронные и наноэлектронные ИМС : ЛИС и ЦИС (МИС,СИС, БИС, СБИС)

Пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, трансформаторы

Интегральные микросхемы как микроэлектронные приборы

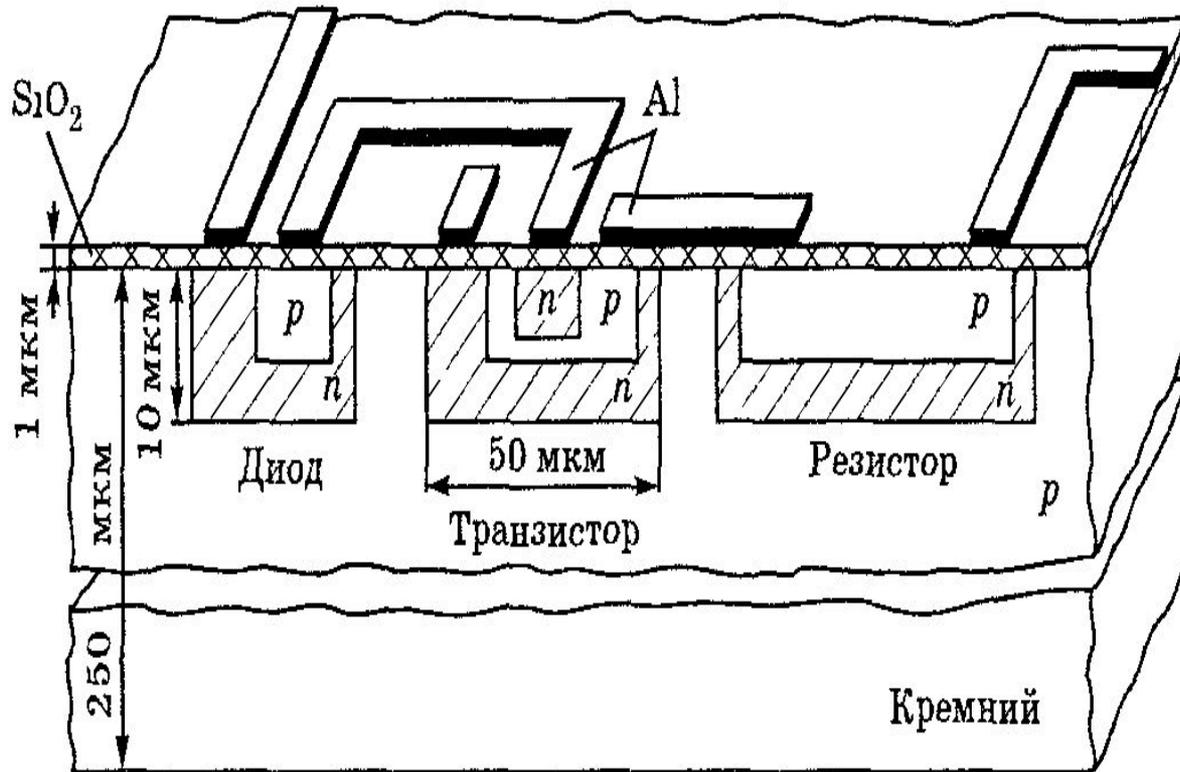
- **Дискретный элемент** – это отдельный ЭП, реализующий несложную определенную функцию по преобразованию энергии или информации. Дискретный элемент представляет собой конструктивно и функционально самостоятельное, изготовленное в серийном производстве изделие, отдельно поставляемое потребителю, как правило, в герметичном корпусе с выводами или в бескорпусном варианте.
- Под дискретным электрорадиоэлементом понимают транзистор, диод, резистор, конденсатор и др. Элементы могут выполнять и более сложные функции, например логические (логические элементы) или запоминание информации (элементы памяти).
- **Интегральная микросхема (ИС)**– это микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования, обработки сигнала и(или) накопления информации и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов (или элементов и компонентов), которое с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации рассматривается как единое целое.
- **Компонент** – это часть микросхемы, реализующая функцию какого – либо электрорадиоэлемента, которая не может быть выделена как самостоятельное изделие.

По функциональному назначению микросхемы подразделяются на **цифровые и аналоговые.**

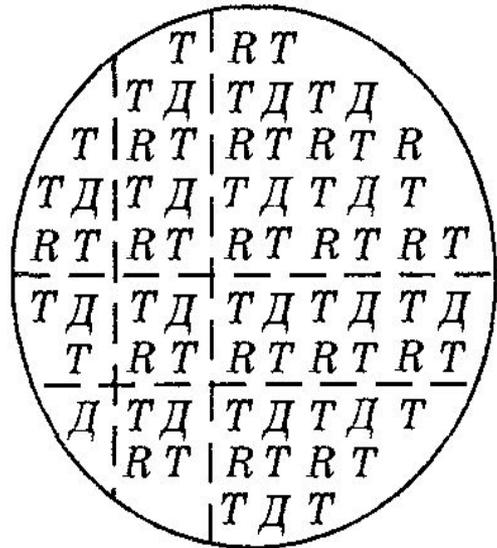
- цифровая микросхема предназначена для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции.
- аналоговые микросхемы предназначены для усиления и преобразования сигналов, которые описываются непрерывными функциями времени.

- **Плотность упаковки** – это отношение числа простых компонентов и элементов, в том числе содержащихся в составе сложных компонентов, к объему микросхемы без учета объема выводов.
- Критерием оценки сложности микросхемы, т.е. числа содержащихся в ней элементов и простых компонентов, является **степень интеграции**.
- **В полупроводниковых ИМС (ПП ИМС)** все элементы и межэлементные соединения выполняются в объеме и на поверхности полупроводниковой пластины.
- **В гибридных ИМС (ГИМС)** пассивные элементы (резисторы, конденсаторы и др.) выполняются в виде пленок на поверхности диэлектрической подложки, а активные элементы реализуются в виде навесных компонентов.

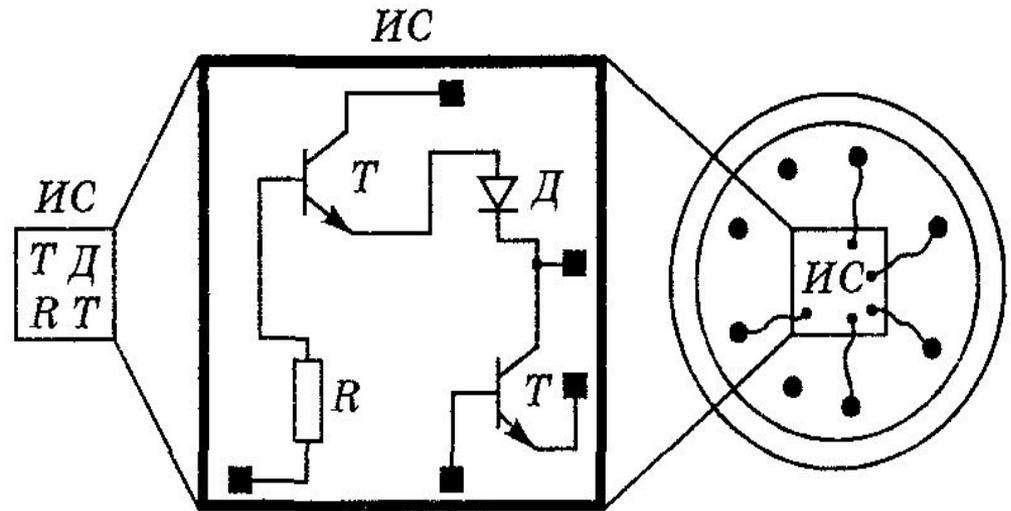
Структура полупроводниковой ИС



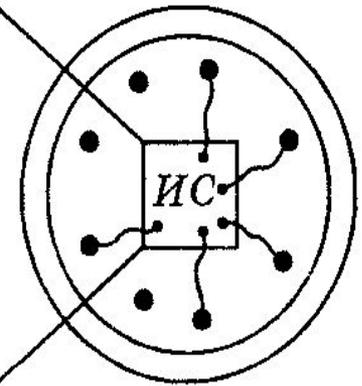
Групповой метод изготовления ИС



а)

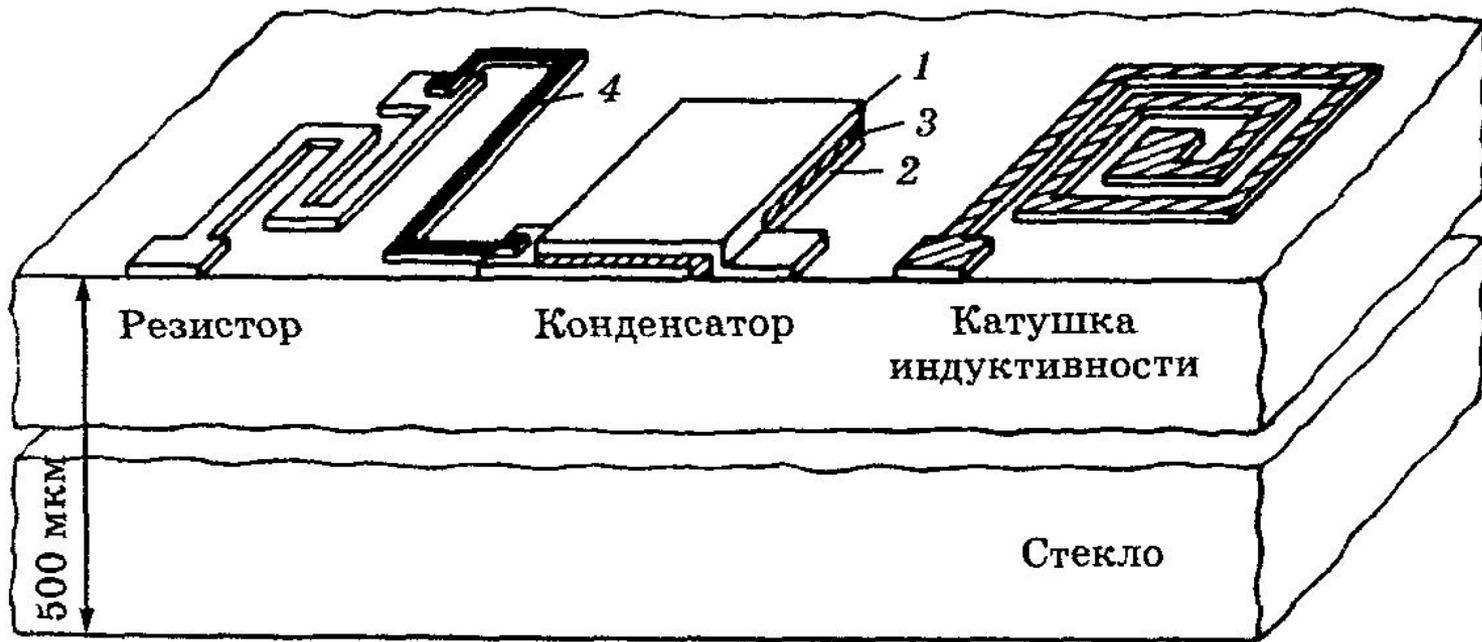


б)



в)

Структура пленочной и гибридной ИС



5. Этапы развития электронной техники. Современный уровень развития электроники, перспективы и тенденции развития

- Использование электронных приборов в радиотехнике началось с того, что в 1904 году Д. Флеминг изобрел двухэлектродную лампу (диод) с накаливаемым катодом.
- В 1907 году Л. Форест ввел в лампу управляющую сетку, лампа стала трехэлектродной
- В 1913 году А. Мейснер применил трехэлектродную лампу (триод) для генерирования высокочастотных электрических колебаний.
- В 1915 году под руководством М. А. Бонч-Бруевича были созданы первые отечественные триоды.
- В 1918 году родилась Нижегородская радиолаборатория, в которой впервые в мировой практике были разработаны мощные триоды с водяным охлаждением.
- В 30-е годы развивалось такое направление в электронике, как создание передающих телевизионных трубок, позволивших создать электронное телевидение.

Другим направлением в развитии электроники в 30-е годы было создание специальных электронных приборов для сверхвысоких частот (СВЧ).

- В 1939 году построены первые приборы для усиления и генерирования колебаний СВЧ, названные пролетными клистрономы.
- В 1940 году изобретен более простой отражательный клистрон.
- В 1938-40 годах сконструированы вакуумные триоды с плоскими дисковыми электродами, нашедшие применение в СВЧ-диапазоне.
- В эти же годы для генерирования мощных СВЧ-колебаний разрабатываются магнетроны.

В течение 30-х годов и позже интенсивно развивалась полупроводниковая электроника.

- В 1948 г. Д. Бардин, У. Браттайн и У. Шокли элементарным способом открыли транзисторный эффект и предложили принцип действия транзистора. Нобелевская премия была присуждена в 1956 г.
- Вскоре после этого Пфанн разработал процесс зонной очистки для выращивания монокристаллов кремния и германия заданной чистоты.
- Была экспериментально подтверждена теория и возможность изготовления полупроводниковых транзисторов школой советского академика А. Ф. Иоффе, о чем было сообщение в газете «Нью-Йорк таймс» 1 июля 1948 года .

Этап микроминиатюризации РЭА.

- В 1961 году была создана первая интегральная схема (ИС – триггер на 4-х транзисторах) фирмой Fairchild Semiconductor
- В начале 70-х годов появились большие интегральные схемы (БИС)
- В конце 70-х годов созданы сверхбольшие интегральные схемы (СБИС)
- Дальнейшее развитие микроэлектроники привело к освоению субмикронных размеров элементов микросхем.
- Параллельно с интегральной микроэлектроникой в 80-е годы развивалась функциональная электроника. В функциональной электронике используются такие механизмы, как оптические явления (оптоэлектроника), взаимодействие потока электронов с акустическими волнами в твердом теле (акустоэлектроника) и ряд других.
- Вступление в третье тысячелетие электроника отмечает зарождением нового направления — наноэлектроники

6 Основные виды микросхем и их условные обозначения

- Система условных обозначений современных типов интегральных микросхем установлена ГОСТ 11073915-80.
- В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.
- Первый элемент - цифра, обозначающая группу интегральной микросхемы по конструктивно-технологическому исполнению:
 - 1,5,6,7 - полупроводниковые ИМС;
 - 2,4,8 - гибридные;
 - 3 - прочие (пленочные, вакуумные, керамические).
- Второй элемент - две или три цифры (от 01 до 99 или от 001 до 999), указывающие на порядковый номер разработки данной серии ИМС. Первый и второй элемент образуют серию микросхем.
- Третий элемент - две буквы, обозначающие функциональную подгруппу и вид микросхемы.

Четвертый элемент - число, обозначающее порядковый номер разработки микросхемы в серии.

В обозначение также могут быть введены дополнительные символы (от А до Я), определяющие допуски на разброс параметров микросхем и т. п.

Перед первым элементом обозначения могут стоять следующие буквы:

К - для аппаратуры широкого применения;

Э - на экспорт (шаг выводов 2,54 и 1,27 мм);

Р - пластмассовый корпус второго типа;

М - керамический, метало - или стеклокерамический корпус второго типа;

Е - металлополимерный корпус второго типа;

А - пластмассовый корпус четвертого типа;

И - стеклокерамический корпус четвертого типа;

Н - кристаллоноситель.

Для бескорпусных интегральных микросхем перед номером серии может добавляться буква Б, а после нее, или после дополнительного буквенного обозначения через дефис указывается цифра, характеризующая модификацию конструктивного исполнения:

- 1 - с гибкими выводами;**
- 2 - с ленточными выводами;**
- 3 - с жесткими выводами;**
- 4 - на общей пластине (неразделенные);**
- 5 - разделенные без потери ориентировки (например, наклеенные на пленку);**
- 6 - с контактными площадками без выводов (кристалл).**

Виды ИМС

1 Наборы элементов:

- **НД - диодов;**
- **НТ - транзисторов;**
- **НР - резисторов;**
- **НЕ - конденсаторов;**
- **НК - комбинированные;**
- **НФ - функциональные;**
- **НП - прочие.**

2 Коммутаторы и ключи:

- КТ - тока;
- КН - напряжения;
- КП - прочие;

ЗУсилители:

- УТ - постоянного тока;
- УИ - импульсные;
- УЕ - повторители;
- УВ - высокой частоты;
- УР - промежуточной частоты;
- УН - низкой частоты;
- УК - широкополосные;
- УЛ - считывания и воспроизведения;
- УМ - индикации;
- УД - операционные;
- УС - дифференциальные;
- УП - прочие.

4 Генераторы сигналов:

- ГС - гармонических;
- ГГ - прямоугольной формы;
- ГЛ - линейно - изменяющихся;
- ГМ - шума;
- ГФ - специальной формы;
- ГП - прочие.

4 Детекторы:

- **ДА - амплитудные;**
- **ДИ - импульсные;**
- **ДС - частотные;**
- **ДФ - фазовые;**
- **ДП - прочие.**

5 Модуляторы:

- **МА - амплитудные;**
- **МИ - импульсные;**
- **МС - частотные;**
- **МФ - фазовые;**
- **МП - прочие.**

6 Устройства селекции и сравнения:

- **СА - амплитудные;**
- **СВ - временные;**
- **СС - частотные;**
- **СФ - фазовые;**
- **СП - прочие**

7 Фильтры:

- **ФВ - верхних частот;**
- **ФН - нижних частот;**
- **ФЕ - полосовые;**
- **ФР - режекторные;**
- **ФП - прочие.**

8Формирователи:

- АГ - импульсов прямоугольной формы;
- АФ - импульсов специальной формы;
- АА - адресных токов;
- АР - разрядных токов;
- АП - прочие.

9 Фоточувствительные устройства с зарядовой связью (приборы с зарядовой связью):

- ЦМ - матричные;
- ЦЛ - линейные;
- ЦП - прочие.

10 ИМС источников вторичного электропитания:

- **ЕМ** - преобразователи;
- **ЕВ** - выпрямители;
- **ЕН** - стабилизаторы напряжения непрерывные;
- **ЕТ** - стабилизаторы тока;
- **ЕК** - стабилизаторы напряжения импульсные;
- **ЕУ** - устройства управления импульсными стабилизаторами напряжения;
- **ЕС** - источники вторичного питания;
- **ЕП** - прочие;

11 Преобразователи:

- ПС - частоты;
- ПФ - фазы;
- ПД - длительности (импульсов);
- ПН - напряжения;
- ПМ - мощности;
- ПУ - уровня (согласователи);
- ПЛ - синтезаторы частоты;
- ПЕ - делители частоты аналоговые;
- ПЦ - делители частоты цифровые;
- ПА - цифро - аналоговые;
- ПВ - аналого - цифровые;
- ПР - код - код;
- ПП - прочие.

12 Устройства задержки:

- **БМ - пассивные;**
- **БР - активные;**
- **БП - прочие**

13 Многофункциональные устройства:

- **ХА - аналоговые;**
- **ХЛ - цифровые;**
- **ХК - комбинированные;**
- **ХМ - цифровые матрицы;**
- **ХИ - аналоговые матрицы**
- **ХТ - комбинированные матрицы;**
- **ХИ - прочие**

14 Логические элементы:

- ЛИ - И;
- ЛЛ - ИЛИ;
- ЛН - НЕ;
- ЛС - И-ИЛИ;
- ЛА - И-НЕ;
- ЛЕ - ИЛИ-НЕ;
- ЛР - И-ИЛИ-НЕ;
- ЛК - И-ИЛИ-НЕ (И-ИЛИ);
- ЛМ - ИЛИ-НЕ (ИЛИ);
- ЛБ - И-НЕ / ИЛИ-НЕ;
- ЛД - расширители;
- ЛП - прочие.

15 Триггеры:

- ТЛ - Шмитта;
- ТД - динамические;
- ТТ - Т - триггер;
- ТР - RS - триггер;
- ТМ - D - триггер;
- ТВ - JK - триггер;
- ТК - комбинированные;
- ТП - прочие.

16 Цифровые устройства:

- ИР - регистры;
- ИМ - сумматоры;
- ИЛ - полусумматоры;
- ИЕ - счетчики;
- ИД - дешифраторы;
- ИК - комбинированные;
- ИВ - шифраторы;
- ИА - арифметико - логические устройства;
- ИП - прочие.

17 Запоминающие устройства:

- РМ - матрицы ОЗУ;
- РУ - ОЗУ;
- РВ - матрицы ПЗУ;
- РЕ - ПЗУ (масочные);
- РТ - ПЗУ с возможностью однократного программирования ;
- РР - ПЗУ с возможностью многократного электрического перепрограммирования
- РФ ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием и электрической записью информации;
- РА - ассоциативные запоминающие устройства;
- РЦ - запоминающие устройства на ЦМД;
- РП - прочие.

18Вычислительные устройства:

- **ВЕ** - микро-ЭВМ;
- **ВМ** - микропроцессоры;
- **ВС** - микропроцессорные секции;
- **ВУ** - устройства микропрограммного управления;
- **ВР** - функциональные расширители;
- **ВБ** - устройства синхронизации;
- **ВН** - устройства управления прерыванием;
- **ВВ** - устройства управления вводом - выводом;
- **ВТ** - устройства управления памятью;
- **ВФ** - функциональные преобразователи информации;
- **ВА** - устройства сопряжения с магистралью;
- **ВИ** - времязадающие устройства;
- **ВХ** - микрокалькуляторы;
- **ВГ** - контроллеры;
- **ВК** - комбинированные устройства;
- **ВЖ** - специализированные устройства;
- **ВП** - прочие.