

# Тема 7.3. Интегральные микросхемы.

---

(Л-3)§ §21.1-21.5

(Л-3)§ §21.6-21.9

# Вопросы:

- 1. Гибридные интегральные микросхемы.
- 2. Полупроводниковые интегральные микросхемы.
- 3. Параметры интегральных микросхем.
- 4. Классификация интегральных микросхем по функциональному назначению и система их обозначений.
- 5. Маркировка микросхем.

# 1. Гибридные интегральные микросхемы

- Развитие электроники определяется постоянным совершенствованием характеристик элементной базы и аппаратуры по следующим направлениям:
- уменьшение габаритов и массы (миниатюризация);
- повышение надежности за счет сокращения соединительных линий, совершенствования контактных узлов и взаимного резервирования элементов;
- уменьшение потребляемой мощности;
- усложнение задач и соответствующих им схемных решений при одновременном удешевлении каждого отдельного элемента.
- Существенные изменения в полупроводниковой технике связаны, во-первых, с переходом к интегральным микросхемам (ИМС) и, во-вторых, с переходом к большим интегральным схемам (БИС).

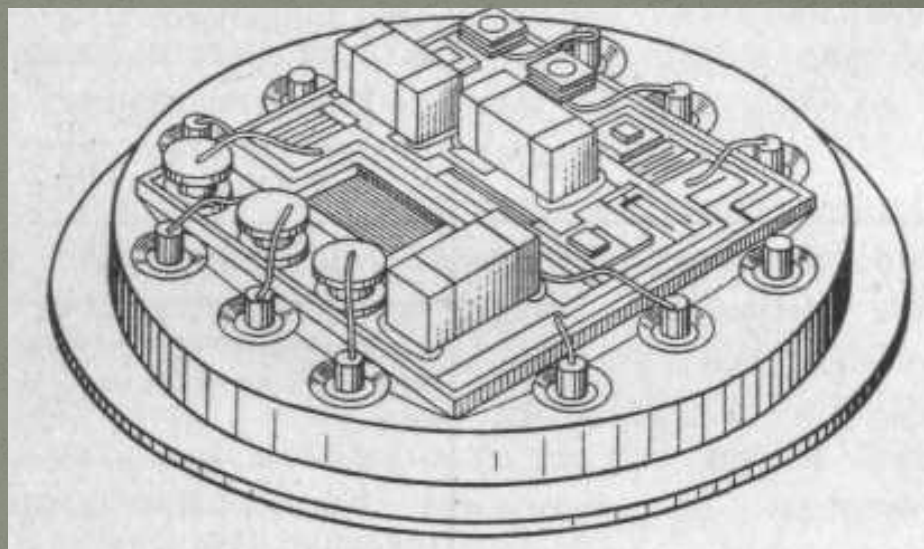


- **Интегральной** называют микросхему с определенным функциональным назначением, изготавливаемую не сборкой и распайкой отдельных активных и пассивных элементов, а целиком, в едином технологическом процессе.
- Примерами интегральных схем могут служить усилители различных сигналов, логические схемы вычислительной техники, генераторы синусоидальных, импульсных или пилообразных напряжений, триггеры, изготовленные как единое целое в объеме одного полупроводникового кристалла или в тонких пленках. Эти схемы обычно дополняют навесными компонентами.

- К пассивным элементам электронных схем относят резисторы, конденсаторы, индуктивные катушки, трансформаторы, к активным — диоды, транзисторы, тиристоры и др. Интегральные микросхемы содержат десятки и сотни пассивных и активных элементов. Показатель степени сложности микросхемы характеризуется числом содержащихся в ней элементов и компонентов.(видео)
- Большие интегральные схемы также изготавливают в объеме одного кристалла. Они характеризуются большей сложностью и служат в качестве отдельных блоков электронной аппаратуры, например запоминающего устройства, процессора и т. д.
- Степень и характер интеграции элементов микросхем определяются прежде всего уровнем технологии.



- Технология гибридных интегральных микросхем базируется на использовании толстых и тонких пленок, нанесенных на керамическое основание. Пленки изготавливаются из специальных паст.



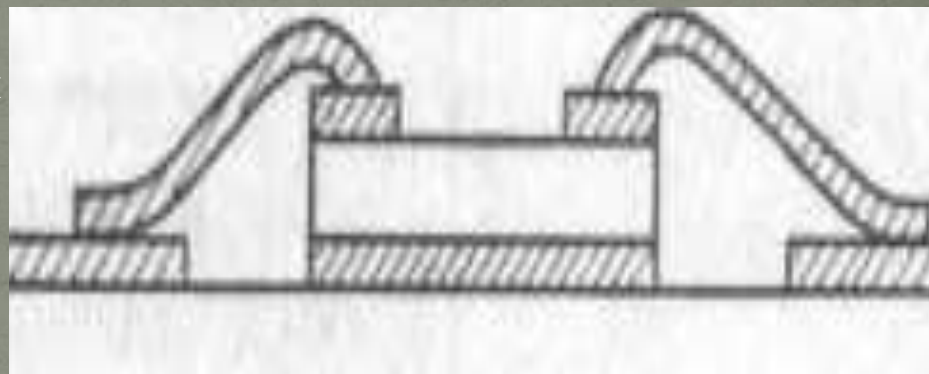
- Пассивные элементы формируются в пленке, а активные в виде миниатюрных бескорпусных полупроводниковых приборов размещаются над пленкой и соединяются с пленочными элементами продольными выводами
- Навесными могут изготавливаться также и некоторые пассивные элементы: конденсаторы относительно большой емкости, индуктивные катушки, трансформаторы.
- При создании схемы на круглую или квадратную подложку по специальной технологии наносят различные пленки, из которых формируются резисторы, конденсаторы, соединительные линии и контактные площадки.



- Навесные элементы располагают на подложке или над подложкой. Иногда их помещают в углубления подложки или в сквозных окнах и заливают эпоксидной смолой. Размеры навесных элементов выбирают возможно минимальными. Диоды и транзисторы обычно изготавливают в виде кристаллов объемом около  $1 \text{ мм}^3$ .
- Важную роль в обеспечении надежности микросхемы и снижения ее собственных шумов играет качество контактных соединений. Для получения хорошего контакта широко применяют лазерную технику, термокомпрессию, ультразвуковую сварку.



- Контакты навесных элементов изготавливают в виде тонких проволок, балок или шариков. Для проволочных контактов (рис) применяют золотую или позолоченную медную проволоку диаметром в несколько десятков микрон. Балочные контакты имеют вид плоских консолей длиной 100 мкм. Жесткие шариковые и балочные контакты удобны при автоматизации процесса сборки и пайки схемы.



- Наибольшие технологические сложности возникают при изготовлении индуктивных катушек и трансформаторов. Поэтому микросхемы стремятся проектировать так, чтобы они содержали минимум таких элементов. В случае необходимости микроиндуктивности могут быть сформированы из пленки, а элементы с относительно повышенной индуктивностью — в виде навесных катушек. Таким катушкам часто придают плоскую форму, а сердечники их делают разомкнутыми.
- Материалом для сердечника обычно служат ферриты и карбонильное железо. Добротность пленочных индуктивных катушек невелика. У навесных катушек она достигает десятков единиц.



- Собранную гибридную микросхему заключают в металлический или пластмассовый корпус, изолирующий ее от внешних воздействий (влаги, пыли и др.). Размеры корпуса составляют единицы или десятки миллиметров. Контактные выводы размещают в определенном порядке, а корпус нередко имеет срез или выступ для обеспечения ориентировки при монтаже.

## 2. Полупроводниковые интегральных микросхемы.

- Полупроводниковые интегральные микросхемы изготавливают на одном кристалле введением легирующих примесей в определенные микрообласти. Современные технологии позволяют создавать в приповерхностном объеме кристалла весь набор активных и пассивных элементов, а также межэлементные соединения в соответствии с топологией схемы.
- В качестве активных элементов ИМС наряду с биполярными широко применяются транзисторы типа МДП. МДП-транзисторы проще в изготовлении, дают больший процент выхода годных изделий, позволяют получить более высокую плотность размещения приборов, потребляют меньшую мощность, дешевле биполярных.



- Однако у микросхем на основе МДП-транзисторов есть существенный недостаток — сравнительно высокая инерционность. Поэтому там, где требуется высокое быстродействие, в частности в электронных вычислительных машинах, предпочтение отдают ИМС на биполярных транзисторах.
- Один из важных критериев оценки ИМС, характеризующий уровень интеграции, — это отношение числа р-п-р-переходов к числу внешних выводов (вентиль/контакт). Чем больше это отношение и чем меньше потребляемая мощность (лучше условия теплоотдачи), тем надежнее электронные блоки на базе микросхем (сравнивать следует блоки одинаковой функциональной сложности). У простых логических схем это отношение меньше единицы. С повышением сложности ИМС отношение вентиль/контакт достигает десяти и более.

- Основой полупроводниковых интегральных микросхем чаще всего служит кремний. На одной пластинке кремния диаметром 75 мм и толщиной 0,2 мм можно сформировать до 10 000 полупроводниковых ИМС.
- Широкое применение кремния для производства полупроводниковых ИМС обусловлено прежде всего способностью кремния сохранять полупроводниковые свойства при относительно высоких температурах (до 400 К).



- Существенным является и то, что при нагревании пластины кремния в кислородной среде на ее поверхности образуется пленка  $\text{SiO}_2$ . Она защищает кристалл и сформированные в нем миниобласти с заданным типом электропроводности от загрязнений, из нее формируется маска для локальной диффузии примесей, она может выполнять роль диэлектрика в схеме.
- ИМС в отполированной пластине кремния изготавливают групповым методом: тысячи одинаковых схем формируют одновременно. Затем в пластине алмазным резцом делают насечки по границам схем и разламывают ее на кристаллики. Полученные заготовки снабжают внешними выводами, герметизируют, помещают в корпуса и оформляют в виде серийных электронных приборов.

- Групповая обработка обеспечивает высокую стандартизацию и экономичность производства.
- Возможность серийного производства ИМС была подготовлена созданием и совершенствованием планарно-эпитаксиальной технологии. (видео)



# Домашняя работа

- Опишите толсто пленочные и тонко пленочные микросхемы, а также процесс фотолитографии.
- Общая электротехника с основами электроники.  
И.А. Данилов, П.М. Иванов. §§21.3-21.5

### 3. Параметры интегральных микросхем.

- ИМС работают при весьма малых токах (десятые доли микроампера), и перегрузка их цепей недопустима



Статические параметры характеризуют микросхему в статическом режиме. К ним относятся:

- напряжение источника питания  $U_{пит}$ ;
- входное  $U_{вх}$  и выходное  $U_{вых}$  напряжения логического 0;
- входное  $U_{вх}^1$  и выходное  $U_{вых}^1$  напряжения логической 1; входной  $I_{вх}^0$ ,  $I'_{вх}$  и выходной  $I_{вых}^0$ ,  $I'_{вых}$  токи логического 0 и логической 1;
- коэффициент разветвления по выходу  $K_{раз}$ ;
- коэффициент объединения по входу  $K_{об}$ , определяющий число входов микросхемы, по которым реализуется логическая функция;
- допустимое напряжение статической помехи  $U_a$ ;
- средняя потребляемая мощность  $P_{пот\ ср}$ .

Средняя потребляемая мощность определяется выражением

$$P_{пот\ ср} = (P_{пот}^0 + P_{пот}^1)/2,$$

где  $P_{пот}^0$ ,  $P_{пот}^1$  – потребляемая микросхемой мощность в состоянии соответственно 0 и 1 на выходе

Динамические параметры характеризуют свойства микросхемы в режиме переключения. В основном это временные параметры микросхемы:

- время перехода из состояния логического 0 в состояние логической 1  $t^{0,1}$ ;
- время перехода из состояния логической 1 в состояние логического 0  $t^{1,0}$ ;
- время задержки распространения сигнала при включении микросхемы  $t_{здр}^{1,0}$ ;
- время задержки распространения сигнала при выключении микросхемы  $t_{здр}^{0,1}$ ;
- среднее время задержки распространения сигнала

$$t_{здр\ ср} = 0,5(t_{здр}^{1,0} + t_{здр}^{0,1}).$$

Динамические параметры определяют при сравнении сигналов на входе и выходе логического элемента.

К числу динамических параметров следует отнести также динамическую помехоустойчивость. Этот показатель характеризует способность микросхемы противостоять воздействию импульсной помехи, длительность которой соизмерима со средним временем задержки передачи сигнала через микросхему



Эксплуатационные параметры характеризуют работоспособность интегральных микросхем в условиях воздействия окружающей среды. К ним относятся диапазон рабочих температур, допустимые механические нагрузки (вибрации, удары, линейные ускорения), границы допустимого изменения атмосферного давления, наибольшая влажность и некоторые другие воздействия

#### 4. Классификация интегральных микросхем по функциональному назначению и система их обозначений.



Модель 1. Классификация микросхем



## 5. Маркировка микросхем.

- Согласно с принятой системой обозначений, маркировка ИМС состоит из нескольких элементов, от четырех до шести.



КР565РУ5В  
1 2 3 4 5 6

1 5 5 Л А 3  
1 2 3 4



Элементы, из которых состоит обозначение:

1-й элемент – необязательный. Одна или две буквы (например, К, КР, КМ, КС), которые характеризуют особенности конструктивного исполнения микросхем.

2-й элемент – цифра от 1 до 8 – группа ИС по конструктивно-технологическому исполнению.

3-й элемент – две (от 00 до 99) или три (от 000 до 999) цифры, обозначающие порядковый номер серии микросхем.

4-й элемент – две буквы, которые обозначают подгруппу и вид (см. таблицу).

5-й элемент – порядковый номер разработки ИС по функциональному признаку в данной серии.

6-й элемент (необязательный). Может заменяться цветной маркировочной точкой на корпусе микросхемы. Определяет технологический разброс электрических параметров данного экземпляра микросхемы.

2 элемент: цифрами 1, 5, 7 обозначаются полупроводниковые ИМС, цифрами 2, 4, 6, 8 — гибридные.

- В маркировке ИМС после буквы К стоит четная цифра. Укажите разновидность микросхемы?
- В маркировке ИМС после буквы К стоит цифра 1. Укажите разновидность микросхемы
- В каких областях техники применение ИМС особенно эффективно?