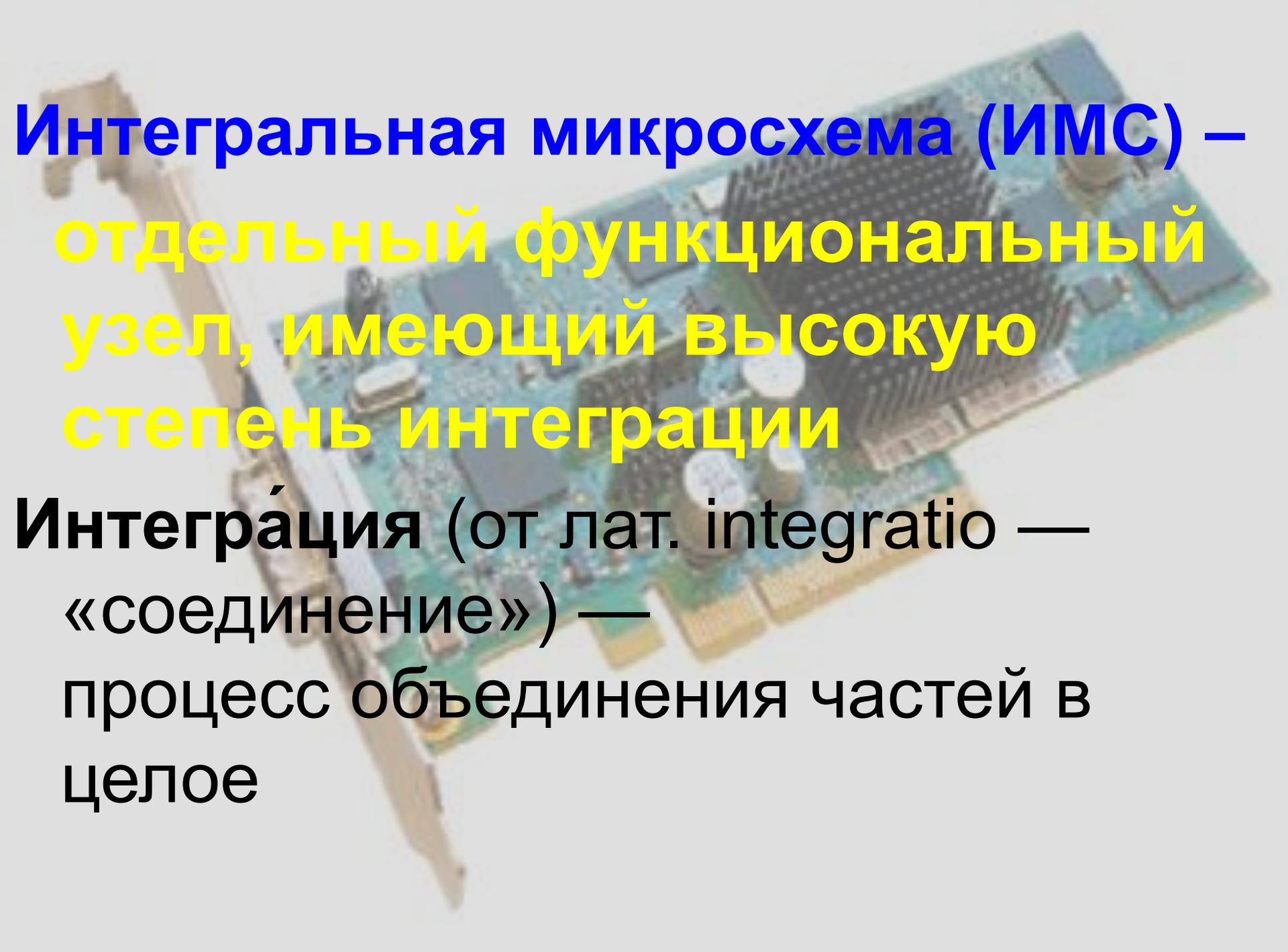


# Интегральные микросхемы



**Интегральная микросхема (ИМС) –  
отдельный функциональный  
узел, имеющий высокую  
степень интеграции**

**Интегра́ция (от лат. integratio —  
«соединение») —  
процесс объединения частей в  
целое**

# РАДИОЭЛЕМЕНТЫ

**АКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И  
КОМПОНЕНТЫ**

**ПАССИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

**ТРАНЗИСТОРЫ  
ПОЛЕВЫЕ И  
БИПОЛЯРНЫЕ**

**РЕЗИСТОРЫ**

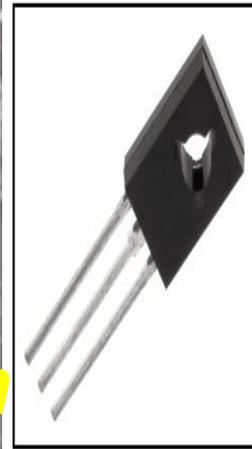
**ДИОДЫ**

**КОНДЕНСАТОРЫ**

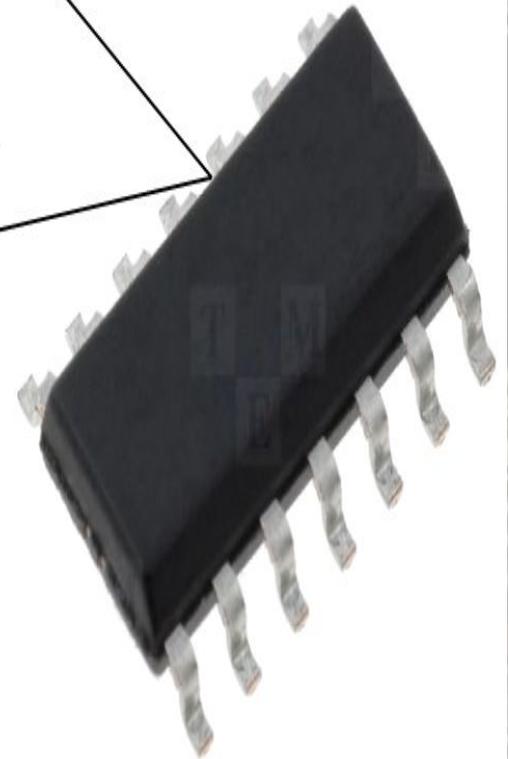
- 
- Элемент-часть ИМС, реализующая функцию радиоэлемента, выполненная в едином технологическом цикле с другими элементами (не может быть отделена от ИМС!!!)**
- Компонент-часть ИМС, реализующая функцию радиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие.**
- Кристалл–часть пластины с функциональными устройствами**
- Корпус– часть ИМС, защищающая кристалл от внешних воздействий**
- Подложка– заготовка, на которой формируют межэлементные соединения, элементы и компоненты гибридных и пленочных ИМС**
- Плата – часть подложки или вся подложка на которой выполнены пленочные элементы и компоненты схемы, а также межэлементные соединения**

# ПРЕИМУЩЕСТВА ИМС

- **Малое энергопотребление**
- **Высокая помехоустойчивость**
- **Высокая надежность**
- **Малые габариты и вес**
- **Малая себестоимость**



До 1 000 000 000  
в 1-ой микросхеме



# Классификация ИМС

## 1 По степени интеграции:

$$K = \lg N,$$

где  $N$  - число входящих в ИМС элементов и компонентов

□ Малые (простые) (МИС) -  $K \leq 1$

□ Средние (СИС) -  $K \leq 2$

□ Большие (БИС) -  $K \leq 3$

□ Сверхбольшие (СБИС) -  $K > 3$

Степень интеграции	Количество элементов		Наименование
	От	До	
1	5	10	МИС
2	10	100	МИС
3	100	1000	СИС
4	1000	10000	БИС
5	10000	1000000 (1 млн)	СБИС
6	1000000 (1 млн)	1000000000 (1 млрд)	УБИС
7	Более 1 миллиарда		ГБИС

В настоящее время название ГБИС практически не используется (например, версии процессоров Pentium 4 содержат пока несколько сотен миллионов транзисторов), и все схемы с числом элементов, превышающим 10 000, относят к классу СБИС, считая УБИС его подклассом.

Уровень сложности ИС	Количество интегрированных элементов	Параметры функционального назначения ИС
МИС	$\leq 10$	Биполярные ячейки, простые логические элементы, дифференциальные усилительные каскады.
СИС	10-100	Триггеры, регистры, сумматоры, операционные усилители, коммутаторы.
БИС	100-1000	Полупроводниковые запоминающие и арифметико-логические устройства.
СБИС	$> 1000$	Микропроцессоры, однокристальные микро-ЭВМ, аналого-цифровые преобразователи.

# Специфические названия микросхем

## Микропроцессор

Для первых микропроцессоров число микросхем в наборах исчислялось десятками, а сейчас это набор из двух-трёх микросхем, который получил термин **чипсет**.

Микропроцессоры со встроенными контроллерами памяти и ввода-вывода, ОЗУ и ПЗУ, а также другими дополнительными функциями называют **микроконтроллерами**.

**2 по по материалу:**

**□ Германий**

**□ Кремний (около 90%)**

**□ Арсенид галлия**

**3 по физическому признаку:  
на биполярных и полевых  
транзисторах**



# на биполярных транзисторах (виды логики)

**РТЛ** — резисторно - транзисторная логика (устаревшая);

**ДТЛ** — диодно-транзисторная логика (устаревшая);

**ТТЛ** — транзисторно-транзисторная логика — микросхемы сделаны из биполярных транзисторов с многоэмиттерными транзисторами на входе;

**ТТЛШ** — транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки — усовершенствованная ТТЛ

**ЭСЛ** — эмиттерно-связанная логика — на биполярных транзисторах, режим работы которых подобран так, чтобы они не входили в режим насыщения, — что существенно повышает быстродействие.

**ИИЛ** — интегрально-инжекционная логика

**на полевых транзисторах**

***МОП – логика***

***КМОП - логика***

***(комплементарная***

***МОП-логика)***

**КМОП и ТТЛ (ТТЛШ) технологии  
являются наиболее  
распространёнными**



# 4 по типу обрабатываемого сигнала

## □ Цифровые

*(на входе и выходе ИМС цифровые сигналы)*

## □ Аналоговые

*(на входе и выходе ИМС аналоговые сигналы)*

## □ Аналого-цифровые

*(на входе аналоговый сигнал , на выходе цифровой)*

## □ Цифро-аналоговые

*(на входе цифровой сигнал , на выходе аналоговый )*

# 5 по функциональному назначению

- *Модуляторы*
- *Детекторы*
- *Генераторы*
- *Триггеры*
- *Усилители и др.*



# ПРИМЕРЫ

## Аналоговые

Операционные усилители

Компаратор

Генераторы сигналов

Фильтры (в том числе на пьезоэффekte)

Аналоговые умножители

Аналоговые аттенюаторы и регулируемые усилители

Стабилизаторы источников питания

Микросхемы управления импульсных блоков питания

Преобразователи сигналов

Схемы синхронизации

Различные датчики (температуры и др.)

# ЦИФРОВЫЕ



Логические элементы

Триггеры

Счётчики

Регистры

Буферные преобразователи

Модули памяти

Шифраторы

Дешифраторы

Цифровой компаратор

Мультиплексоры

Демультимплексоры

Полусумматоры

Сумматоры

АЛУ

Микроконтроллеры

(Микро)процессоры (в том числе ЦПУ в компьютере)

Однокристаллы и микросхемы

# Аналогово-цифровые схемы

ЦАП и АЦП

Трансиверы (например, преобразователь интерфейса RS-422)

Модуляторы и демодуляторы

Радиомодемы

Декодеры телетекста, УКВ-радио-текста

Трансиверы Fast Ethernet и оптических линий

Dial-Up модемы

Приёмники цифрового ТВ

Сенсор оптической мыши

Преобразователи

Цифровые аттенюаторы

Схемы ФАПЧ с последовательным интерфейсом

Коммутаторы

Генераторы и восстановители частоты тактовой

# 6 по конструктивно-технологическому признаку:

- **Полупроводниковые**

**Пленочные**

- **Гибридные**

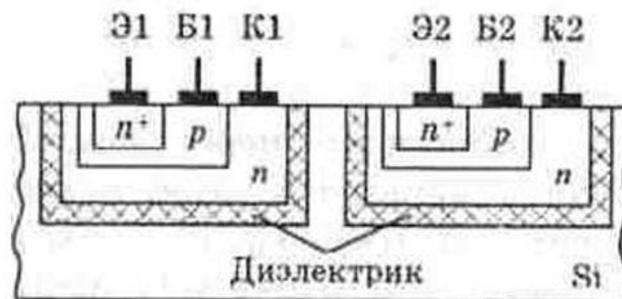
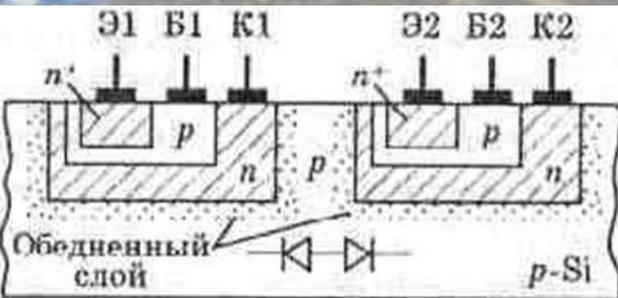
- **Совмещенные**



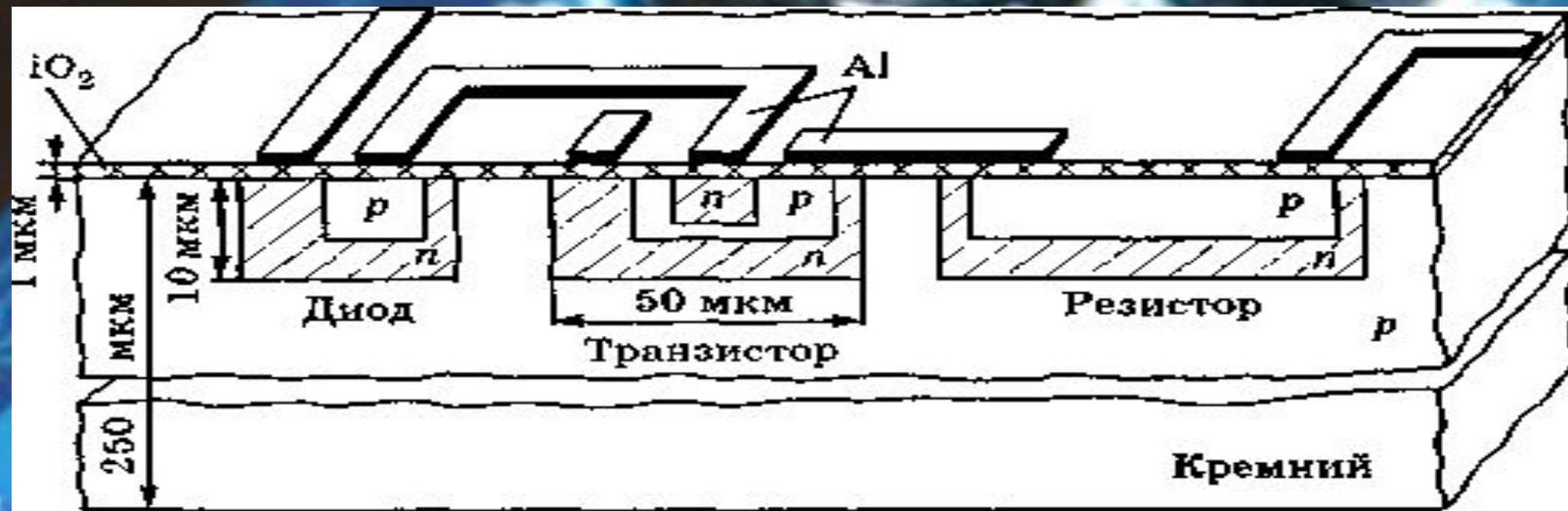
# Полупроводниковые

все элементы выполнены в объеме полупроводника  
по способу изоляции

1. Изоляция р-п переходом (простота реализации, но ограничена по частоте до 1МГц,
2. Изоляция диэлектриком (сложная, дорогая, но в 100 раз выигрыш по частоте)



3. На СВЧ воздушная  
ИЗОЛЯЦИЯ



## Особенности формирования элементов

1. Биполярный транзистор четырехслойный  
 эмиттер -  $n^+$ ; база -  $p$ ; коллектор -  $n$  и  $n^+$   
 коллектор 2-х слойный для уменьшения  $R_k$  при высоких  $K_t$
2. Конденсаторы—емкость  $p$ - $n$  перехода
3. Резистор – базовая область ограниченная или неограниченная эмиттером
4. Диод - ЭП для стабилитрона; КП –выпр. диод

## ДОСТОИНСТВА

- *Высокая степень интеграции*
- *Высокая надежность*
- *Низкая стоимость*
- *Высокое качество активных элементов*

## недостатки

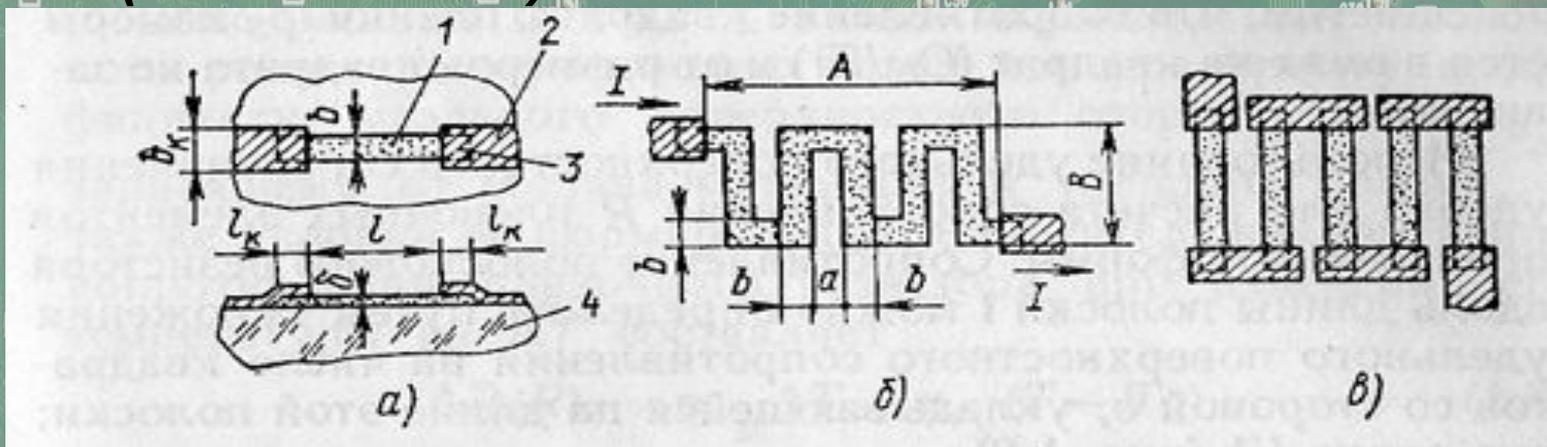
- *Ограниченный диапазон номиналов пассивных элементов*

***C-30...100пФ; R-до 10кОм неограниченный  
Э, до 100 кОм ограниченный эмиттером***

- *Наличие паразитных межэлементных связей*

# Пленочные

Все элементы представляют собой пленки, нанесенные на диэлектрическое основание (пассивную подложку). Различают тонкопленочные (0,1 мм) и толстопленочные ИМС (более 20мм).



**Конструкция пленочных резисторов:**

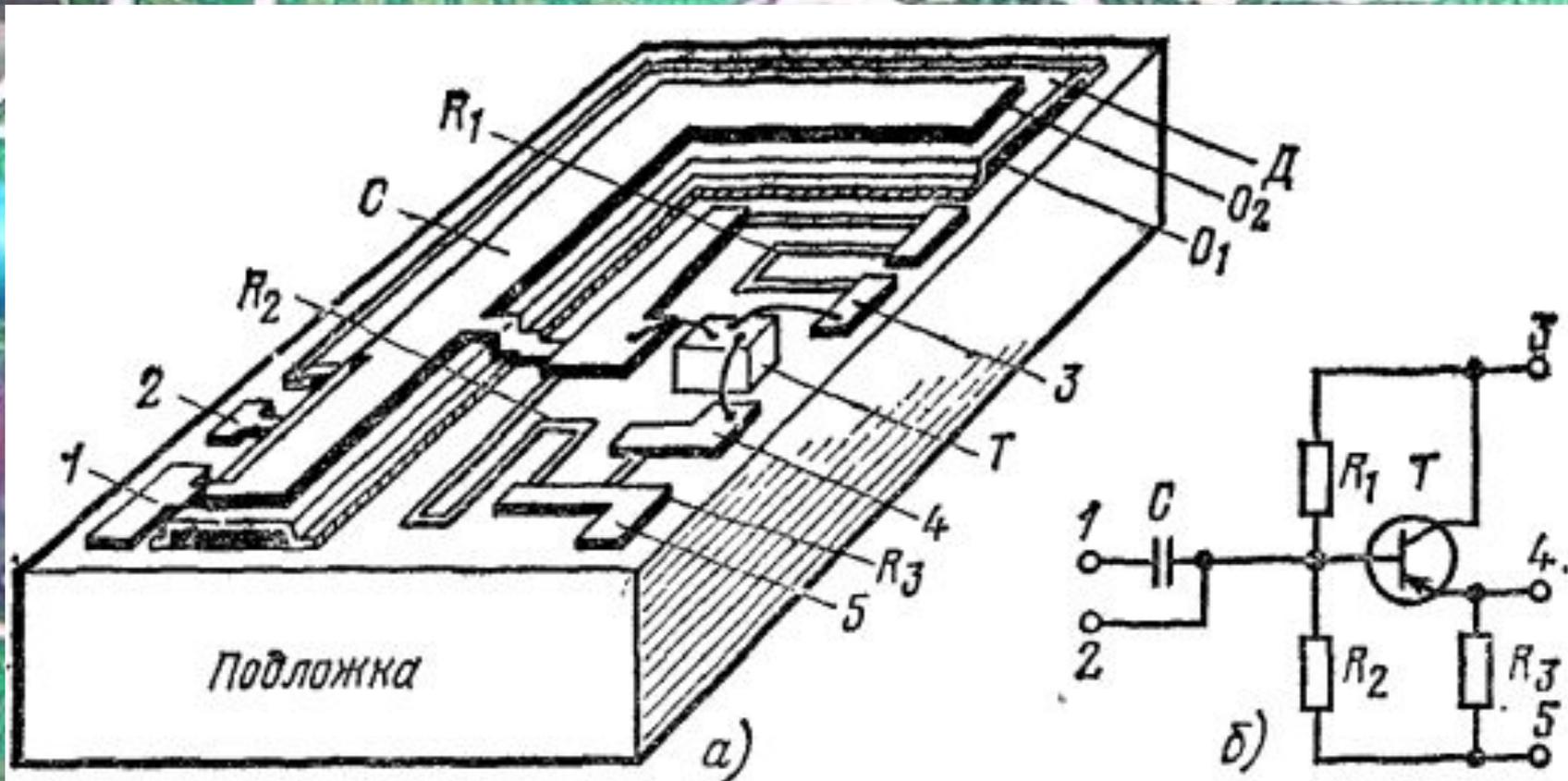
а — полоскового; б — типа «меандр»; в — составного; 1 — тело резистора; 2 — пленочный проводник; 3 — контактные области; 4 — диэлектрическая подложка.



S/N 20226

# Гибридные

Пассивные элементы выполнены в виде пленок, нанесенных на диэлектрическую подложку, а активные элементы являются навесными.

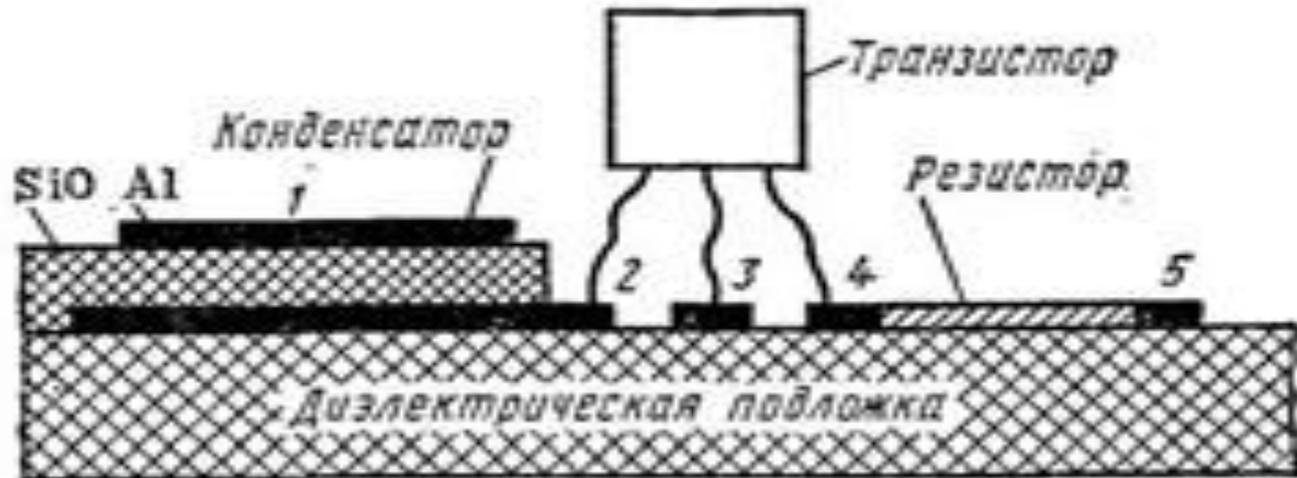


# Достоинства гибридных

- любые номиналы пассивных элементов;
- малая температурная зависимость параметров;
- простота проектирования

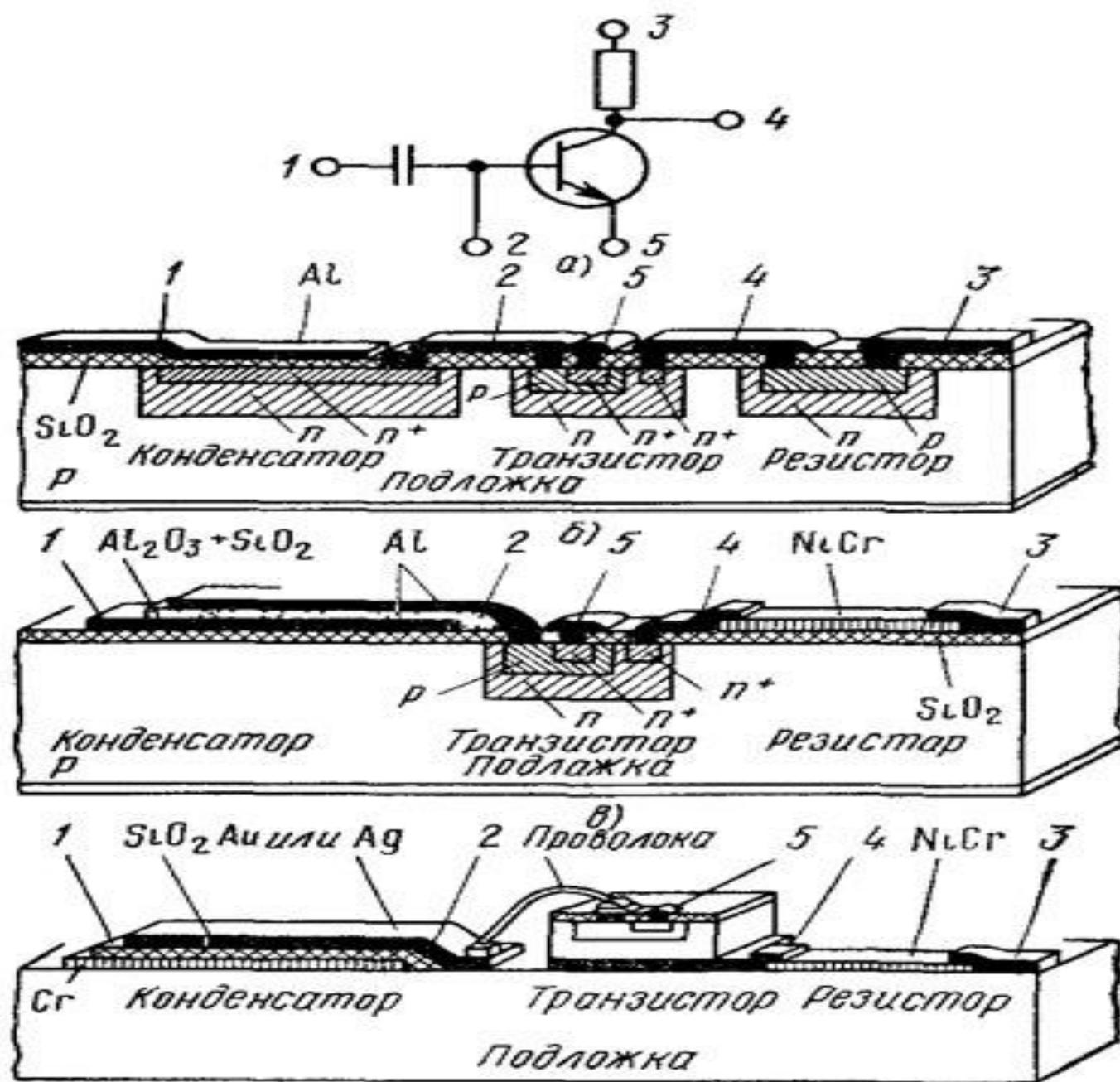
## Недостатки

- Малая степень интеграции
- Невысокая надежность



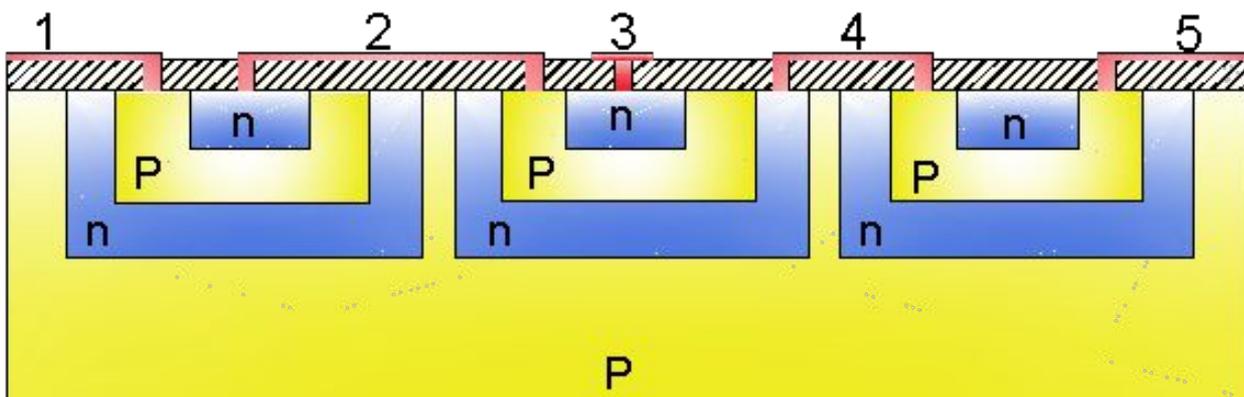
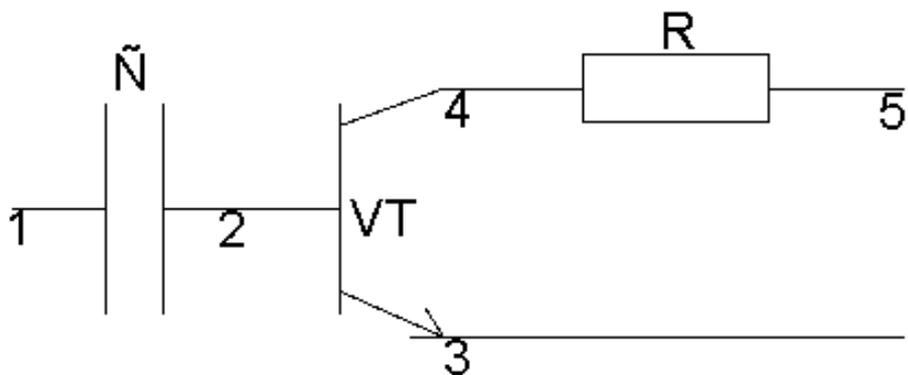
# Совмещенные

*Активные в объеме  
полупроводника,  
пассивные в виде пленок  
на его поверхности*

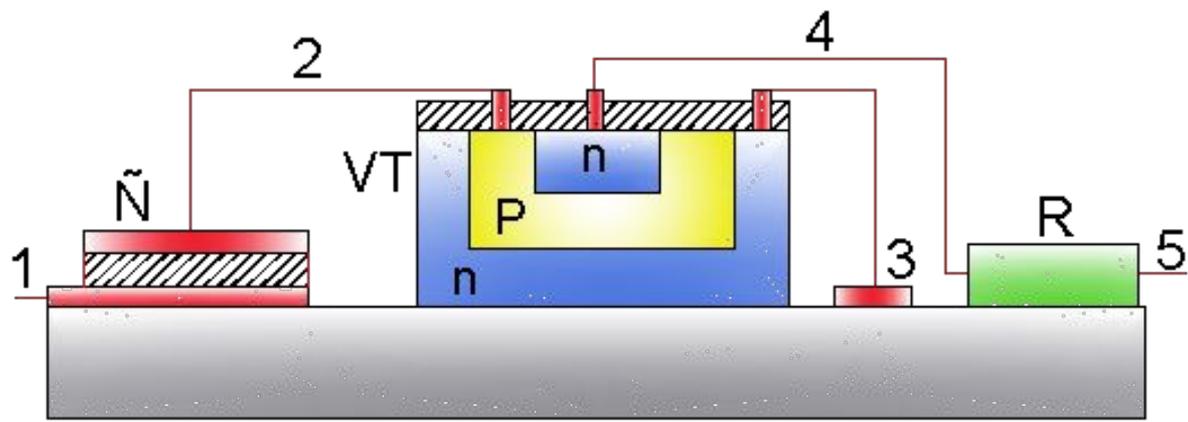


г)

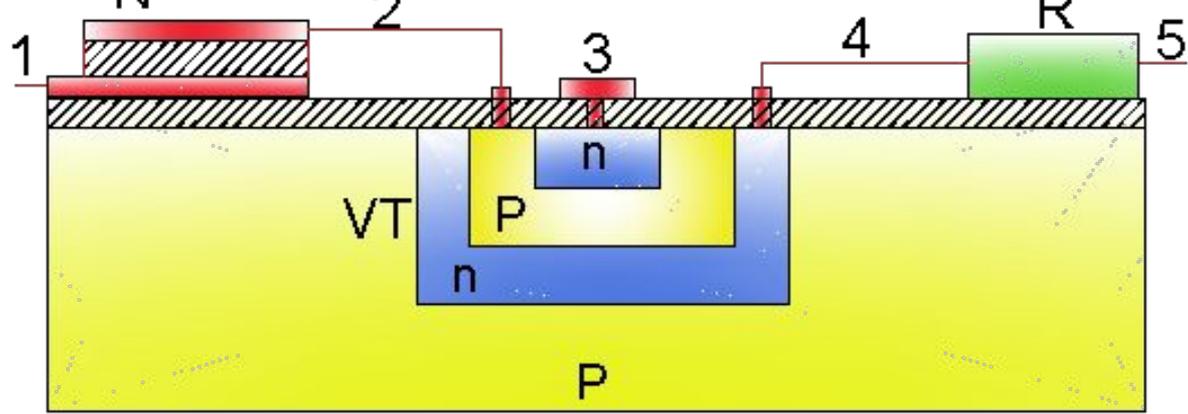
# Полупроводниковая



Ñí àí àú àí í ày



Ñí àí àú àí í ày



# МАРКИРОВКА ИМС



**1. Область применения:** К- широкого применения

**2. Тип корпуса ИМС:**

Р – пластмассовый, М – керамический, Б – бескорпусная ИМС

**3. Номер серии:**

ТТЛ – 131, 133, 134, 136, 155, 158, 230, 243, 559

ТТЛШ – 555, 1533, 531

КМОП – 176, 561, 1561, 564

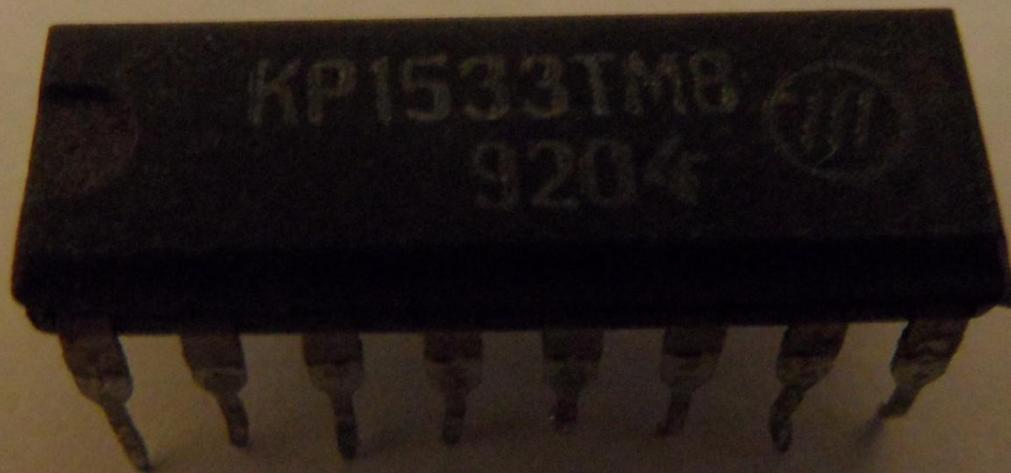
**Первая цифра в серии указывает конструктивно-технологическое исполнение:** **Полупроводниковые 1,5,7** (7 – бескорпусные); **Гибридные 2,4,6,8** **Прочие 3 (пленочные)**

**Следующие две или три цифры**, означающие порядковый номер разработки данной серии ИМС

**4. Функциональное назначение:** две буквы - первая-группа, 2-подгруппа

**5. Разновидность по параметрам в данной серии (цифры)**

КР1533ТМ8 (К-широкого применения,  
Р-тип корпуса; 1533-серия; 1-  
полупроводниковая, ТМ-D триггер ;  
разновидность



# Схема условного обозначения

Серия

1 554 И Е 7

Условный номер разработки  
микросхемы в данной серии  
по функциональному признаку

Вид (по функциональному назначению)

Подгруппа

Порядковый номер данной серии

Группа (по конструктивно-технологическому исполнению)



Подгруппа и вид микросхем	Обозначение
Формирователи: адресных токов импульсов прямоугольной формы прочие Схемы вычислительных средств: сопряжения с магистралью управление вводом/выводом (интерфейсные схемы) контроллеры микро-ЭВМ специализированные времязадающие микропроцессоры управление прерыванием (контроллеры прерывания) Генераторы Арифметико-логические устройства Шифраторы Дешифраторы Счетчики Сумматоры Регистры Логические элементы: И-НЕ И-НЕ/ИЛИ-НЕ ИЛИ-НЕ И ИЛИ НЕ Триггеры: типа JK (универсальные) типа D (с задержкой) типа RS (с отдельным запуском) типа T (счетные) Шмитта (формирователь импульсов) Схемы запоминающих устройств: ПЗУ (масочные) ПЗУ с возможностью многократного программирования ПЗУ с возможностью однократного программирования ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием и электрической записью ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) Схемы сравнения Преобразователи : цифро-аналоговые аналого-цифровые	АА АГ АП ВА ВВ ВГ ВЕ ВЖ ВИ ВМ ВН ГГ, ГФ ИА ИВ ИД ИЕ ИМ ИР ЛА
И-НЕ/ИЛИ-НЕ ИЛИ-НЕ И ИЛИ НЕ Триггеры: типа JK (универсальные) типа D (с задержкой) типа RS (с отдельным запуском) типа T (счетные) Шмитта (формирователь импульсов) Схемы запоминающих устройств: ПЗУ (масочные) ПЗУ с возможностью многократного программирования ПЗУ с возможностью однократного программирования ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием и электрической записью ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) Схемы сравнения Преобразователи : цифро-аналоговые аналого-цифровые	ЛБ ЛЕ ЛИ ЛЛ ЛН ТВ ТМ ТР ТТ ТЛ РЕ РР РТ РФ РУ СП, СС ПА ПВ



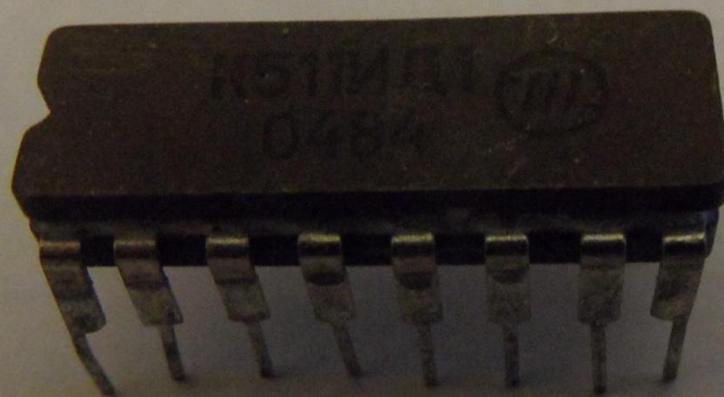
136ЛА4 (136-серия ТТЛ; ЛА-  
логический элемент И-НЕ; 4-  
разновидность по параметрам



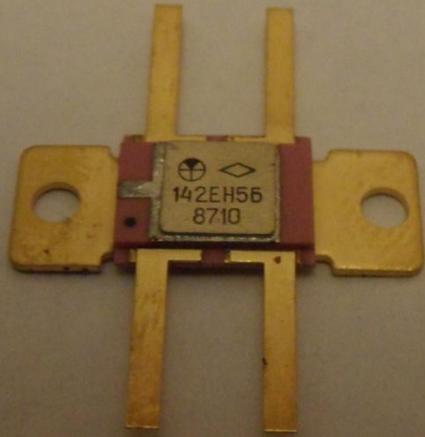
К561ИЕ11 (К-тип корпуса; 561-  
серия; ИЕ-счетчик)



К511ИД1 (К-тип корпуса; 511-  
серия; ИД- дешифратор; 1-номер  
разработки.)



# 142EH5Б (142-серия; EH- стабилизатор напряжения; 5- напряжение стабилизации)



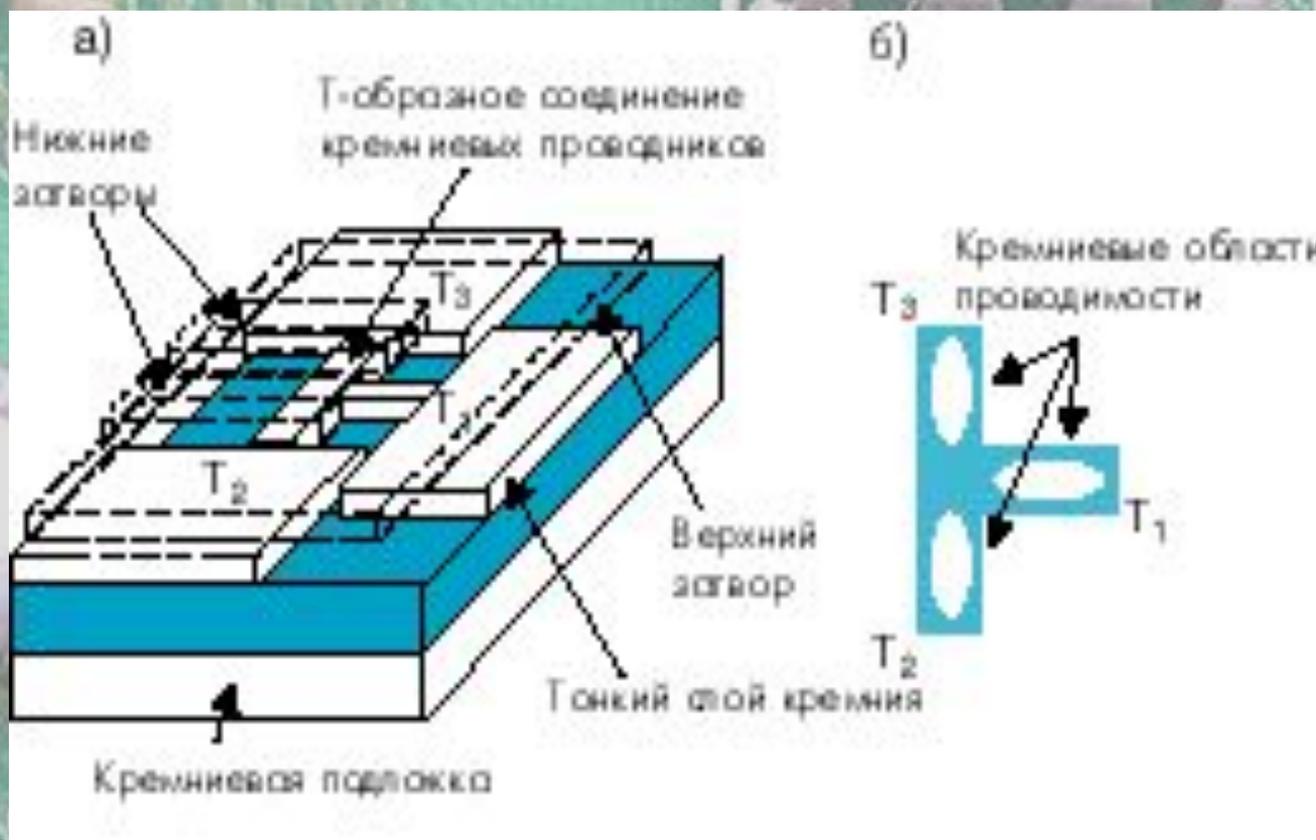
# Технология изготовления

- Планарная: фотолитография и диффузия
- Наращивание полупроводникового материала на кремниевой подложке
- Металлизация
- Резка на кристаллы
- Сборка
- Контроль качества



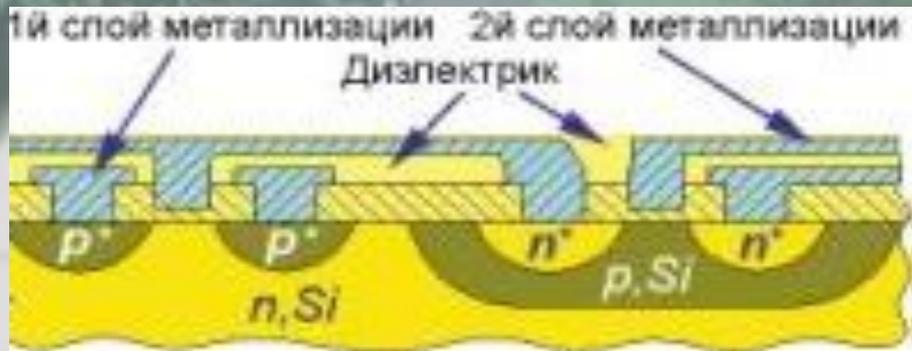
# Технология изготовления

## Наращивание полупроводникового материала на кремниевой подложке



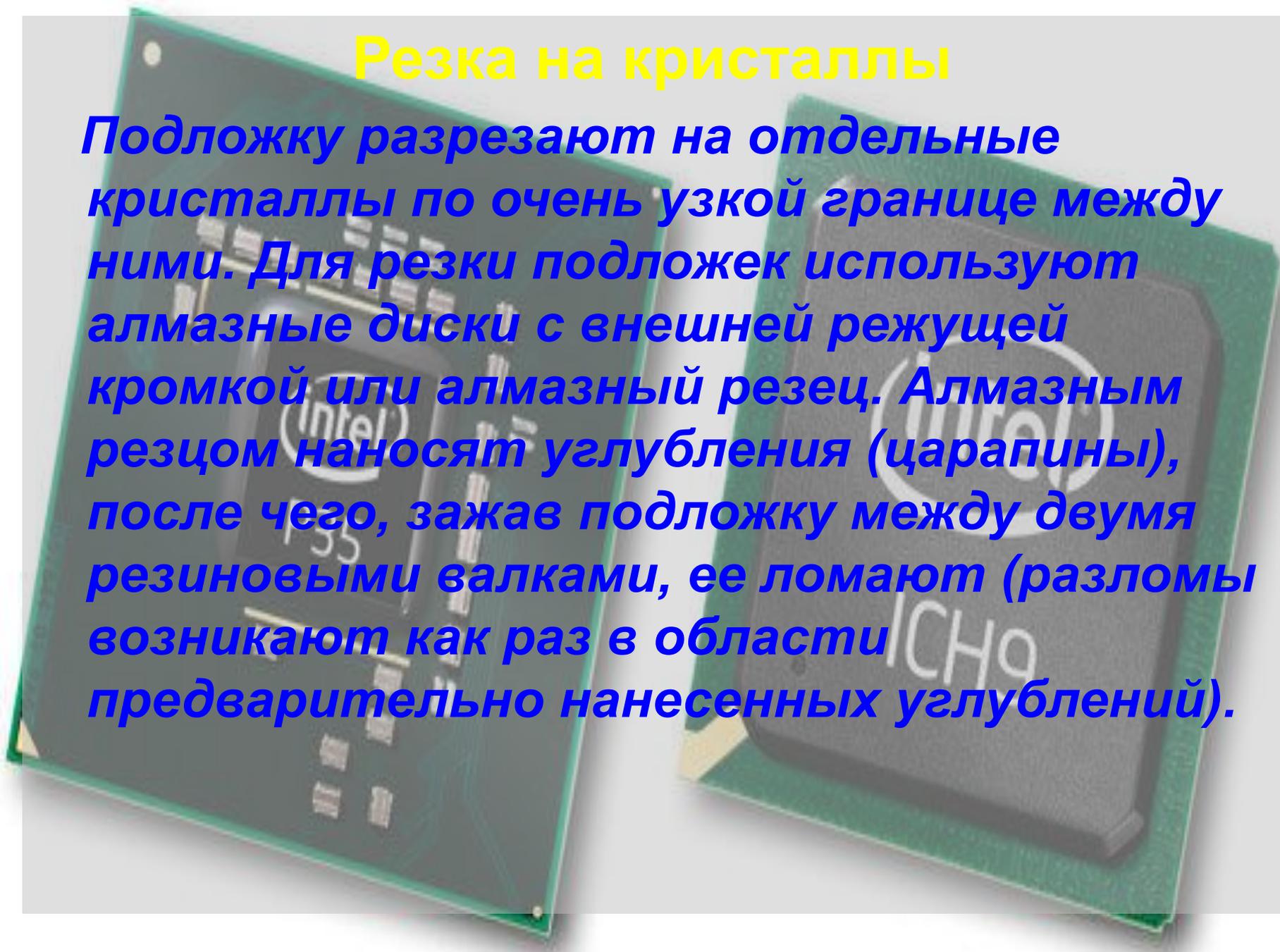
# Металлизация

Процесс получения на поверхности кристалла определенной конфигурации проводящих дорожек и контактных площадок. Первые служат для связи различных областей (элементов) кристалла в единую электрическую схему. Контактные же площадки применяются для соединения кристалла с выводами корпуса и контроля электрических параметров перед окончательной сборкой микросхемы.



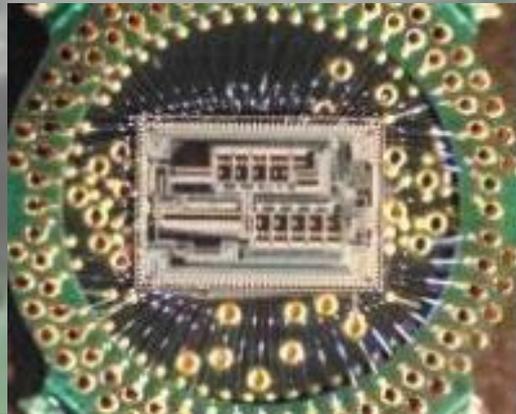
## Резка на кристаллы

*Подложку разрезают на отдельные кристаллы по очень узкой границе между ними. Для резки подложек используют алмазные диски с внешней режущей кромкой или алмазный резец. Алмазным резцом наносят углубления (царапины), после чего, зажав подложку между двумя резиновыми валками, ее ломают (разломы возникают как раз в области предварительно нанесенных углублений).*



# Сборка

*Кристаллы надежно закрепляются в корпусе, чаще всего с помощью теплопроводящего клея или эвтектического сплава. Выводы корпуса с контактными площадками на поверхности кристалла соединяются с помощью очень тоненьких из эластичных проводников. Соединения выполняются при помощи ультразвуковой сварки или пайки.*





## Методы технологического контроля, используемые в производстве ИМС:

- *Пооперационный контроль*
- *Визуальный контроль*
- *Тестовые ИМС*

# Визуальный контроль

Он включает осмотр схем под оптическим микроскопом и использование различных средств визуализации – наблюдение термографией и др.

ePIPHAN SYSTEMS INC.



288000241

S/N

20226

# Тестовые ИМС

*Для контроля электрических характеристик структур и качества проведения технологических операций используют специально изготавливаемые или размещаемые на рабочей подложке структуры, называемые тестовыми микросхемами.*

## Виды контрольных испытаний интегральных микросхем :

- *Параметрический контроль*
- *Функциональный контроль*
- *Диагностический контроль*

# Параметрический контроль

Используется для микросхем с малой интеграцией и включает в себя измерения основных параметров на постоянном токе.



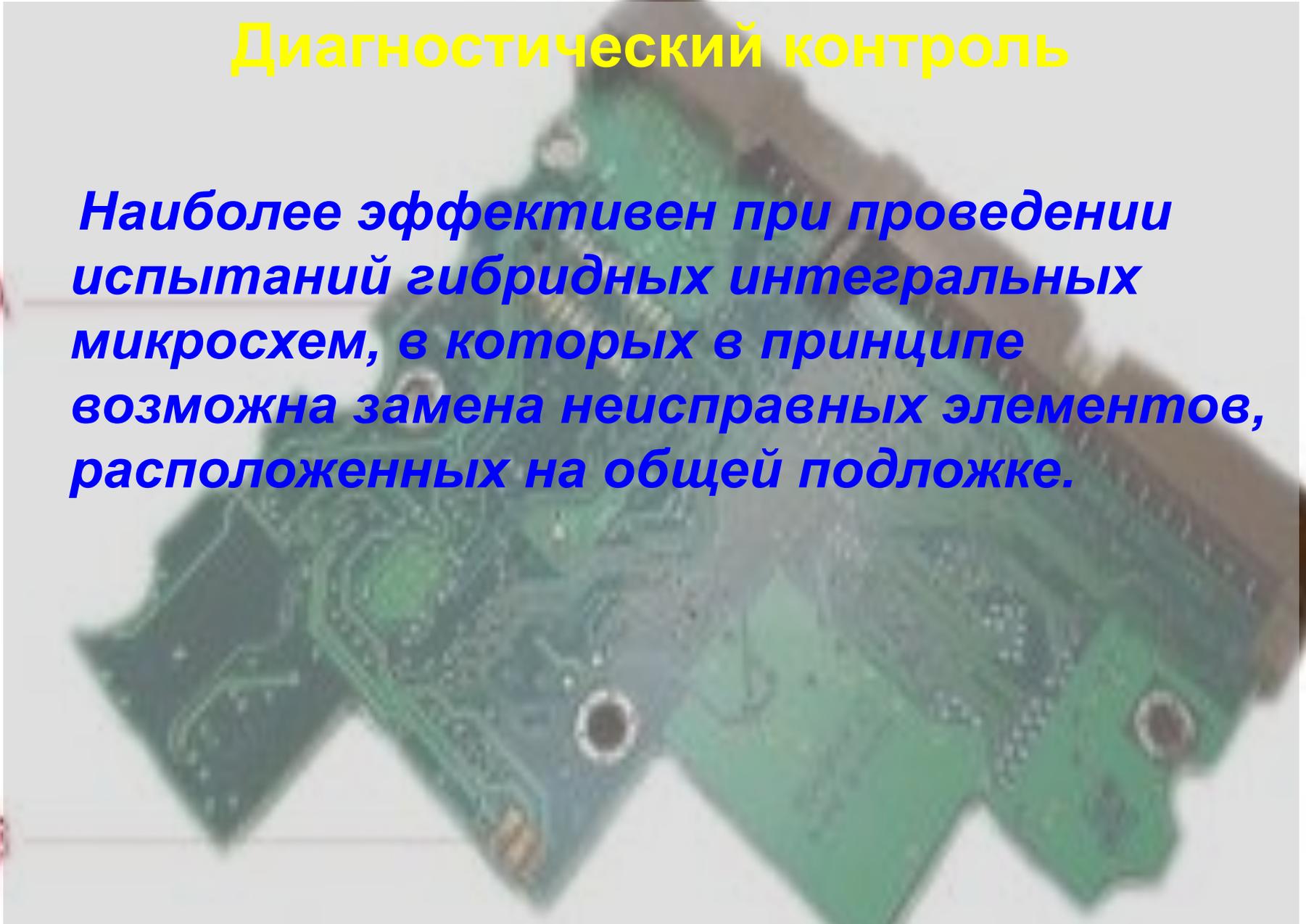
# Функциональный контроль

*Включает в себя проведение статистических и динамических измерений на базе контрольной тестовой таблицы .*



## Диагностический контроль

*Наиболее эффективен при проведении испытаний гибридных интегральных микросхем, в которых в принципе возможна замена неисправных элементов, расположенных на общей подложке.*



## **Проверка механической прочности соединений :**

- Металлографический анализ**
- Рентгеновская дефектоскопия**
- Контроль деталей после холодной штамповки**
- Контроль на герметичность**
- Проверка оснований корпусов на герметичность**
- Масс-спектрометрический метод**
- Вакуум–жидкостный метод**
- Компрессионно-термический метод**
- Влажностный метод**

# Информационные источники:

- <http://integrals.narod.ru>
- <http://www.integral.by>
- <http://www.elek.oglib.ru>
- [http://www.itis.spb.ru/link\\_ics.htm](http://www.itis.spb.ru/link_ics.htm)
- <http://download.nehudlit.ru/nehudlit/self0665/yakubovskii.rar>
- [http://www.knigka.info/2007/02/21/print:page,1,integralnye\\_mikroskhemy.html](http://www.knigka.info/2007/02/21/print:page,1,integralnye_mikroskhemy.html)
- <http://radiomaster.ru>
- [http://gelezo.com/telephones/220000/220300/integralnie\\_mikroshemi\\_i\\_rabota\\_s\\_nimi.html](http://gelezo.com/telephones/220000/220300/integralnie_mikroshemi_i_rabota_s_nimi.html)
- [http://gelezo.com/ttl\\_kmop/650000/651000/logicheskie\\_integralnie\\_mikroshemi.html](http://gelezo.com/ttl_kmop/650000/651000/logicheskie_integralnie_mikroshemi.html)
- <http://kftt.karelia.ru/sources/ivash/ims>
- <http://www.vt1.ru/mc/108.html>
- <http://www.l-p-c.ru/topol.php>
- <http://www.asic.ru/cha5503.html>
- <http://www.primexpo.ru/power/section03.shtml>
- [http://mw.mvdv.ru/expo/17723/prod\\_4306\\_r.htm](http://mw.mvdv.ru/expo/17723/prod_4306_r.htm)