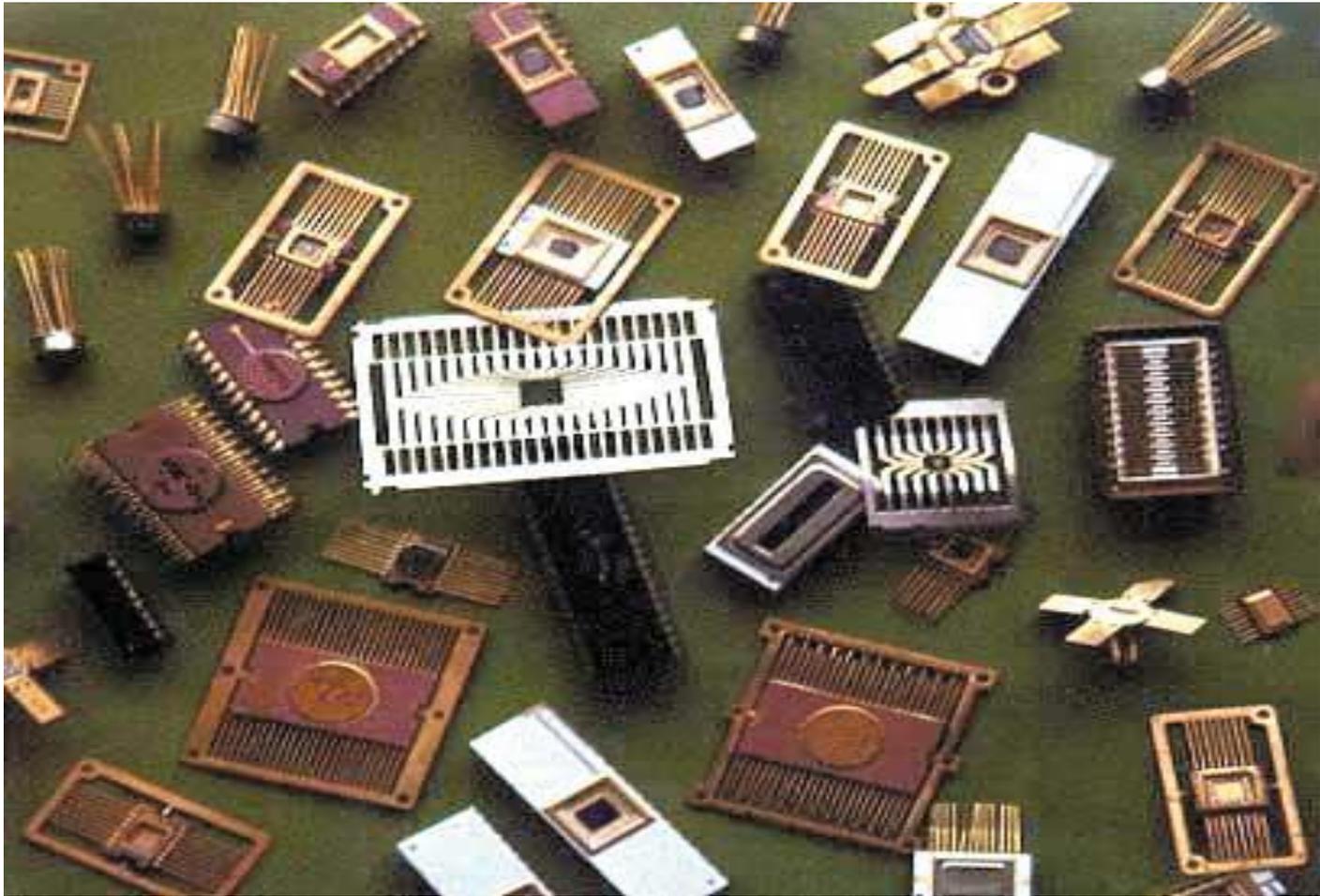


# Большие ИМС



# Конструкция

- Простые ИС, расположенные на одном кристалле, объединяются в сложные функциональные комплексы путем металлической разводки – так же, как в самих ИС объединяются отдельные элементы. На этом этапе появились сначала средние, а затем большие интегральные схемы и сверхбольшие интегральные схемы.
- В основе БИС лежит интеграция простых ИС.

- Интеграция ИС на одном кристалле приводит к уменьшению количества корпусов, числа сборочных и монтажных операций, количества внешних – наименее надежных – соединений. Все это способствует уменьшению размеров, массы, стоимости и повышению надежности. Но при этом возникает ряд проблем, которые будут рассмотрены ниже.

## ИНТЕГРАЦИИ

- **1. Проблема теплоотвода.**
- При заданных размерах элементов повышение степени интеграции может достигаться увеличением плотности компоновки, т.е. сближением элементов на кристалле. При этом неизбежно возрастает удельная мощность, рассеиваемая на единице площади. При современных конструкциях кремниевых ИС допустимая удельная мощность на кристалле без дополнительного теплоотвода не превышает 5 Вт/см кв. Значит, допустимая мощность для кристалла площадью 20 мм кв составляет не более 1 Вт. При средней мощности 0,5 мВт, потребляемой одним интегральным логическим элементом, на указанном кристалле удастся разместить не более 2000 логических элементов.

- Для преодоления этого ограничения является использование микрорежима транзисторов и таких схем, которым микрорежим свойственен. Например, для того чтобы на той же площади 20 мм кв разместить 10000 логических элементов нужно использовать элементы с потребляемой мощностью не более 0,1 мВт, т.е. на комплементарных транзисторах.
- Либо увеличивают площадь ИС.
- Но, увеличение площади кристалла сопровождается увеличением процента брака и уменьшением процента выхода годных БИС

## 2. Проблема межсоединений.

- Внутренняя структура БИС настолько сложна, что конструктор не может за разумное время спроектировать топологию (расположение) элементов и рисунок оптимальных межсоединений. Для этого нужно сравнить тысячи вариантов, и это практически можно выполнить только при использовании систем автоматического проектирования. Опыт показывает, что в **большинстве БИС не удастся расположить разводку межсоединений в одной плоскости без пересечений. Поэтому для БИС характерна многослойная разводка, расположенная обычно в двух или трех плоскостях. Изоляция слоев друг от друга и необходимые соединения между разводками разных слоев представляют собой особую технологическую проблему, специфичную для БИС.**

# Проблема контроля параметров.

- **Электрический контроль параметров БИС до ее помещения в корпус осуществляется с помощью электрических зондов, прижимаемых к контактным площадкам, т.е. к будущим внешним выводам. Зонды представляют собой тонкие металлические проволочки, острие которых имеет диаметр 5-10 мкм. Зонды объединяются в зондовые головки – своего рода проволочные "щетки", в которых каждый зонд соприкасается с соответствующей контактной площадкой, имеющей размеры 100X100 мкм**
- **Количество внешних выводов у БИС значительно больше, чем у простых ИС, в силу большей сложности выполняемых функций. Оно может составлять от десятков до**

- Следовательно, помимо автоматизации контроля, **нужно упростить и его методику. По необходимости измерения должны быть выборочными:** количество измерений, свидетельствующих о работоспособности БИС (с определенной вероятностью), обычно лежит в пределах 200-300.
- Отбор контролируемых параметров, последовательность и правила (алгоритмы) их испытания, а также разработка соответствующей аппаратуры и программ (для использования ЭВМ) представляют нередко задачу, не менее сложную, чем проектирование самой БИС.

# Физические ограничения на размеры элементов

- В современных БИС размеры отдельных участков доходят до 2-5 мкм и имеется тенденция к дальнейшему уменьшению размеров. На этом пути возникают некоторые принципиальные ограничения.
- Во-первых, с уменьшением площади **начинает сказываться неравномерное распределение примеси в полупроводнике.** Анализ показывает, что этот фактор становится существенным **при размерах элементов менее 1мкм.**

- **Во-вторых, с уменьшением линейных размеров возрастает роль технологических допусков.** Так, если погрешность фотолитографии составляет  $\pm 0,2\text{ мкм}$ , то при линейных размерах  $5\text{ мкм}$  площади элементов будут различаться незначительно (на 20%), а при размерах  $1\text{ мкм}$  – в 2,3 раза.

**В-третьих, с уменьшением линейных размеров возрастают напряженности электрических полей в полупроводниковых слоях.** При одном и том же напряжении  $U=0,2\text{ В}$  напряженность поля в слое толщиной  $5\text{ мкм}$  сравнительно невелика ( $400\text{ В/см}$ ), а в слое толщиной  $0,2\text{ мкм}$  она составляет  $10^4\text{ В/см}$ , т.е. превышает критическую напряженность. Соответственно **полупроводниковый слой приобретает нелинейные свойства.**

# Базовые матричные кристаллы

- Наиболее успешно задача разработки специализированной элементной базы решается с помощью матричных БИС (МаБИС).
- Аналоговые матрицы строятся на основе биполярных и полевых транзисторов. Типовые матрицы содержат от 100 до 200 биполярных транзисторов и резисторов. В качестве стандартных элементов используются операционные усилители, генераторы и компараторы.

- **КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ**

Выбор конкретного типа базового матричного кристалла (БМК) определяется требованиями совместимости реализуемого устройства с остальными частями микроэлектронной системы, а также такими характеристиками, как быстродействие, энергопотребление, степень интеграции. Эти характеристики зависят от технологии изготовления БМК.

- Так, **ЭСЛ-матрицы** отличаются наивысшим быстродействием, но при этом потребляют наибольшую мощность.
- БМК, изготовленные по **И<sup>2</sup>Л-технологии**, наоборот, позволяют уменьшить энергопотребление, но обладают низким быстродействием.

- Промежуточное положение занимает БМК, выполненные с использованием **ТТЛ-, ТТЛШ-, ШТЛ-технологий**.
- Особое место принадлежит **КМДП БМК**, сочетающим наибольшую степень интеграции и низкий уровень потребления энергии. Кроме того, благодаря уменьшению линейных размеров полупроводниковых структур (длина затвора современного полевого транзистора может быть меньше 1 мкм) БИС на основе КМДП БМК в ряде случаев достигает быстродействия ЭСЛ-схем.

- Область применения БИС, изготовленных по различным технологиям, в зависимости от числа условных вентилях на кристалле  $N$  и времени задержки вентиля  $t$  приведена на рис. 12.1.

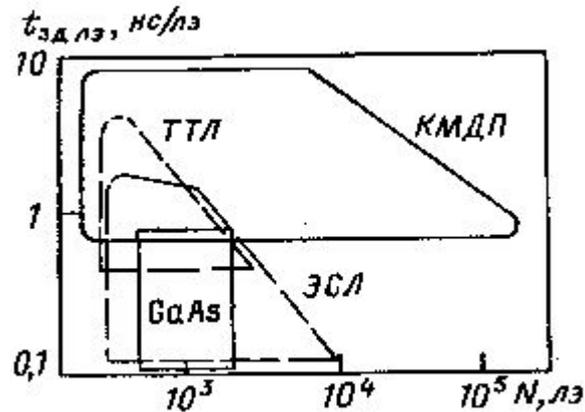


Рис. 12.1

- Основа МаБИС – базовый матричный кристалл (БМК) представляет собой прямоугольную пластину определенного размера из монокристаллического полупроводникового материала, на которой размещена матрица нескоммутированных базовых ячеек (БЯ). Каждая ячейка состоит из нескоммутированных транзисторов, диодов, резисторов.

- В периферийной части БМК располагаются внешние контактные площадки для присоединения к выводам корпуса БИС и буферные ячейки (рис. 12.2).

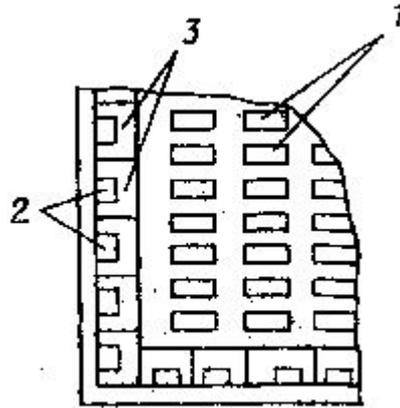


Рис. 12.2

- Каждая буферная ячейка 2 связана с одной внешней контактной площадкой 3 и представляет собой диодно-транзисторную структуру, на основе которой реализуются элементы ввода-вывода информации. Базовые ячейки на внутренней части кристалла, необходимые для построения логических элементов БИС, группируются в макроячейки 1

- Структура макроячеек может быть различной. Чаще всего это симметричные группы из четырех БЯ (рис. 12.3,а) либо линейка (ряды) БЯ (рис. 12.3,б-г). Между базовыми ячейками 1 в линейках могут оставаться промежутки 2 (рис. 12.3,г), используемые для прокладки соединений через макроячейку. Такие соединения называются *транзитными*.

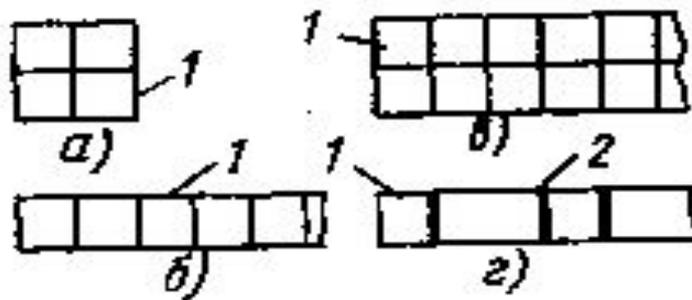


Рис. 12.3

- Помимо однородных макроячеек во внутренней части некоторых БМК могут размещаться специализированные макроячейки, реализующие типовые функциональные узлы (запоминающие устройства, сдвиговые и триггерные регистры, аналоговые блоки и т.п.). Общий вид подобного БМК приведен на рис. 12.2.
- В матричных БИС электрические соединения осуществляются, как правило, с помощью металлических и поликремниевых шин. Наиболее распространены алюминиевые токопроводящие шины.

# Ответьте на вопросы в конспекте.

1. Что представляет собой структура БИС?
2. Какие проблемы возникают при повышении интеграции при конструировании БИС и как их решают?
3. В каких устройствах применяются базовые матричные кристаллы (БМК)?
4. Перечислите технологии построения БМК?
5. Какая из технологий наиболее применима?
6. Как строится БМК (зарисуйте рис.12.2), из каких позиций она состоит, укажите их на рисунке?
7. Перечислите виды структур макроячеек ?  
Зарисуйте каждую из структур.