

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СТРУКТУРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ,  
РЕАЛИЗУЕМЫХ В БИС

Утверждено редакционным советом  
института в качестве методических  
указаний к лабораторной работе № 4

Куйбышев 1984

УДК 621.382

В методических указаниях рассматривается конструкция БИС К584ИКИ; описывается принцип структурной интеграции, технология получения структур интегрально-инжекционной логики.

Предлагается воспроизвести топологический чертеж и структуру типовых элементов кристалла БИС, схему технологического процесса изготовления микросхемы.

Книга рекомендуется студентам специальности 0705.

Составители. М.Н. П и г а н о в, А.В. В о л к о в

Рецензенты: доц. В.Ф. С о к о л о в, доц. В.А. Р о ж к о в

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение принципов структурной интеграции и исследование конструкции БИС, выполненной по И<sup>2</sup>Л-технологии.

ЗАДАНИЯ:

1. Изучить конструкцию БИС К584ИКИ.
2. Воспроизвести топологический чертеж и структуру типовых элементов кристалла БИС.
3. Воспроизвести схему технологического процесса изготовления изученной микросхемы.
4. Ознакомиться с электрическими параметрами и условиями эксплуатации.

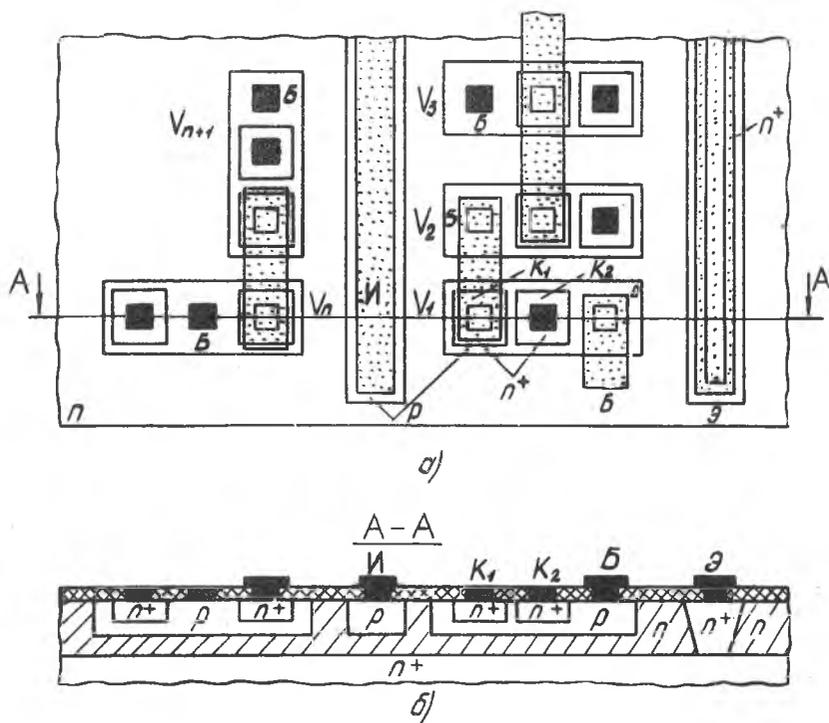
## I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

### I.1. Принцип структурной интеграции

Типичной для современных БИС является структурная или морфологическая интеграция. Под структурной интеграцией понимают использование одной и той же области кристалла для выполнения нескольких функций. Примером может служить схема с инжекционным питанием (рис.1). Она не имеет аналогов в дискретном исполнении. У схемы эпитаксиальный  $n$ -слой служит базой  $p-n-p$ -транзистора и одновременно эмиттером  $n-p-n$ -транзистора, а база  $n-p-n$ -транзистора одновременно является коллектором  $p-n-p$ -транзистора. В таких схемах нет необходимости изолировать  $n-p-n$ -транзисторы друг от друга, поскольку общность эмиттерного слоя в данном случае не только не противопоказана, но и необходима для реализации такой схемы.

В качестве  $n-p-n$ -транзисторов используют "обращенные" многоколлекторные транзисторы, а в качестве  $p-n-p$ -горизонтальные бездрейфовые транзисторы. Для повышения нормального коэффициента усиления многоколлекторного  $n-p-n$ -транзистора целесообразно уменьшать толщину  $n$ -слоя и ширину  $p$ -базы. Эмиттер, выполняющий функцию питания, называют инжектором и обозначают русской буквой "И". Транзисторы  $n-p-n$ -располагают как перпендикулярно ( $V_1, V_3, V_n$ ), так и горизонтально ( $V_{n+1}$ ) инжектору.

Такие схемы могут выполнять операцию НЕ, при соединении двух или более логических элементов может быть реализована операция И-НЕ (ИЛИ-НЕ). Структурная интеграция позволяет существенно повысить плотность упаковки и степень интеграции, так как отпадает



Р и с. 1. Топология и структура кристалла схемы с инжекционным питанием

необходимость во многих изолирующих карманах и межсоединениях. В таких структурах отсутствуют резисторы. Эти схемы имеют малые емкость коллектора и остаточное напряжение на насыщенных транзисторах. Эмиттер горизонтального транзистора инжектирует носители заряда, которые поступают в эмиттерную область вертикального транзистора. Дойдя до базы вертикального транзистора, эти носители создадут ток в его коллекторных цепях. Многоколлекторный  $n-p-n$ -транзистор, работающий как инвертор, выключится лишь тогда, когда ток инжектора отбирается из базы вертикального транзистора в другую цепь (например, в коллекторную цепь предыдущей микросхемы). Подобное переключение тока происходит за счет уменьшения входного напряжения  $V_{вх}$  вертикального транзистора. Напряжение  $V_{вх}$  управляет смещением

на эмиттерном переходе вертикального транзистора. Ток инжектора переключается из входной цепи  $n-p-n$ -транзистора в коллекторную цепь предыдущей микросхемы тогда, когда напряжение  $V_{бк}$  снижается до уровня напряжения отпирания этого транзистора.

### 1.2. Технология получения $I^2L$ -структур

Логические элементы схем с инжекционным питанием получили название - интегральная инжекционная логика (ИИЛ или  $I^2L$ ). Оба транзистора могут быть выполнены на участке кристалла, равном площади, занимаемой одним многоколлекторным транзистором.

Схема технологического процесса изготовления типового логического элемента  $I^2L$ - структуры приведена на рис.2.



Р и с. 2. Схема технологического процесса изготовления  $I^2L$ - структуры

### 1.3. Другие типы структур с совмещенными областями

В настоящее время широко используется совмещение областей транзисторов, диодов и резисторов. Для формирования резисторов целесообразно использовать области базы или коллектора транзисторов, исходя из чего в БИС используют два метода совмещения: областей баз с резисторами и областей коллекторов с резисторами.

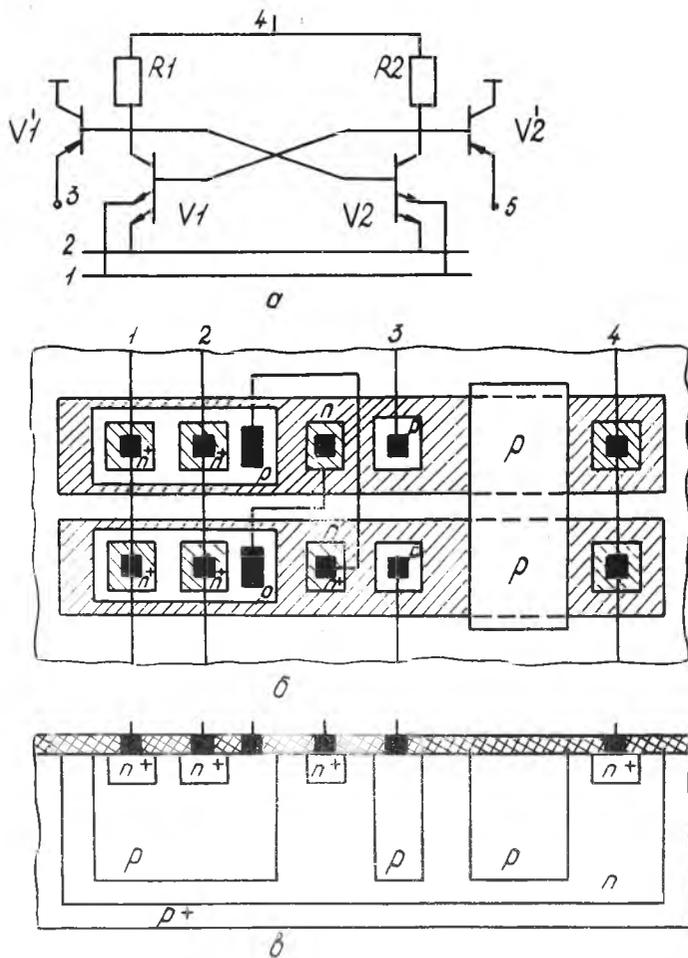
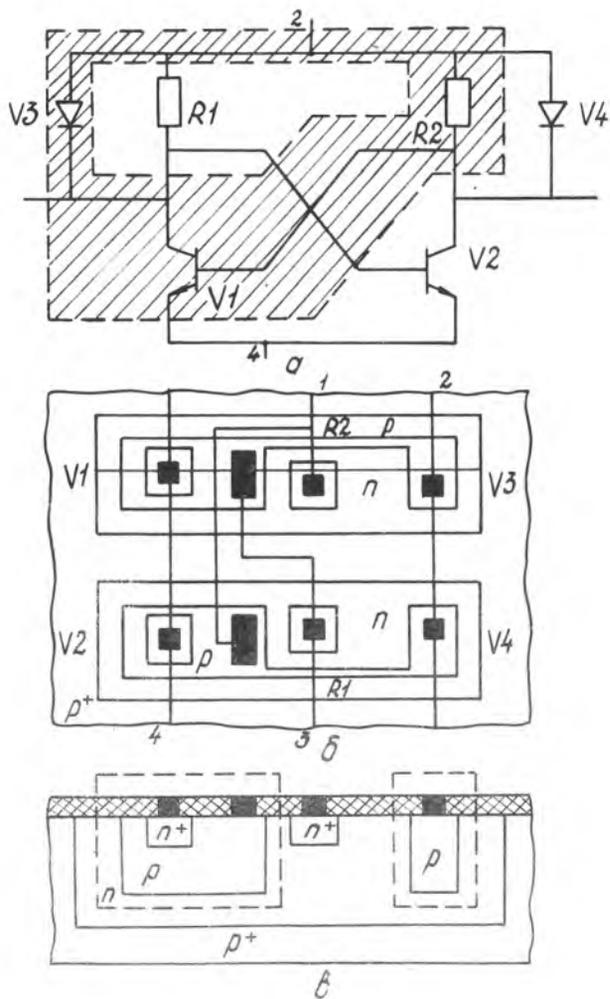


Рис. 3. Конструкция триггера с совмещенными резисторами и коллекторами транзисторов: а - принципиальная схема; б - топологический чертеж; в - структура кристалла

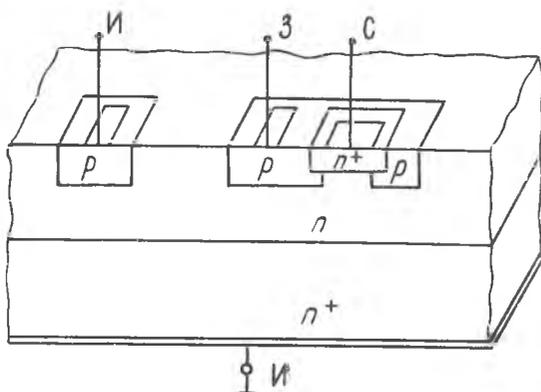


Р и с. 4. Конструкция триггера с смещенными резисторами, катодами диодов и базами транзисторов: а - принципиальная схема; б - топологический чертеж; в - структура кристалла

В приведенной конструкции (рис.3) резисторы  $R_1$  и  $R_2$  совмещены с коллекторами вертикальных двухэмиттерных  $n-p-n$ -транзисторов  $V_1$  и  $V_2$ , соответственно. Они сформированы в двух изолированных областях эпитаксиального  $n$ -слоя. Чтобы уменьшить поперечное сечение резисторов (для увеличения сопротивления),  $n$ -области "перезаты" диффузионными  $p$ -областями. Эпитаксиальные  $n$ -области являются также одновременно базами вертикальных  $p-n-p$ -транзисторов  $V_1'$  и  $V_2'$ . Коллектором  $p-n-p$ -транзисторов является  $p^+$ -область кристалла.

Другой пример совмещения областей приведен на рис.4. Здесь базовые  $p$ -области транзисторов совмещены с диффузионными резисторами противоположных плеч триггера и катодами диодов (база  $V_1$  совмещена с резистором  $R_2$  и катодом диода  $V_3$ ). Совмещенными областями (заштриховано) является изолированная часть эпитаксиального  $n$ -слоя.

На рис.5 приведена структура логического элемента инжекционно-полевой логики (ИПЛ). В нем используется совмещение однотипных областей полевых и биполярных транзисторов. Здесь использован вертикальный  $n$ -канальный полевой транзистор с затвором, изолированным



Р и с. 5. Структура кристалла ИПЛ

$p-n$ -переходами, и горизонтальный биполярный  $p-n-p$ -транзистор. В данной конструкции коллектор горизонтального  $p-n-p$ -транзистора совмещен с затвором полевого транзистора, а база, соответственно, с истоком. Функцию стока выполняет сильнолегированная  $n^+$ -область, сформированная внутри  $p$ -области затвора.

## 2. ОПИСАНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ БИС

### 2.1. Микропроцессорные микросхемы и комплекты микросхем

Микропроцессорная интегральная микросхема – это интегральная микросхема, выполняющая функцию микропроцессора или его части.

Микропроцессорный комплект (МПК) – совокупность микропроцессорных и других интегральных микросхем, совместимых по архитектуре, конструктивному исполнению и электрическим параметрам и обеспечивающих возможность совместного применения.

Базовый микропроцессорный комплект – минимальный состав микропроцессорного комплекта, необходимый для построения основных узлов микропроцессора или контролера.

Микропроцессоры представляют собой стандартные логические блоки, выполняющие сложные логические функции под управлением хранимых в памяти программ. Они содержат центральный процессор, местную память, элементы и узлы интерфейса, обеспечивающие связь и совместимость с другими устройствами. Микропроцессоры используются в процессорах калькуляторов, встраиваемых вычислителей, мини- и микроЭВМ в качестве составного узла измерительно-вычислительных комплексов.

Широкое использование микропроцессоров обусловлено их низкой стоимостью, малыми габаритами, потребляемой мощностью, гибкостью применения (программируемость) и позволяет заменить жесткую аппаратную реализацию сложных электронных устройств функцией программирования. Путем замены программы, записанной в памяти микропроцессора, можно создавать многофункциональные устройства различного назначения без существенных изменений электрических схем. Основными недостатками микропроцессоров являются низкое быстродействие и ограниченные функциональные возможности.

### 2.2. Краткая характеристика МПК серии К 584

Микросхемы комплекта К 584 предназначены для построения мини- и микроЭВМ, контролеров и систем управления различной архитектуры. БИС этой серии используют для построения как простых вычислительных устройств (системы автоматизированного управления технологическими

процессами), так и сложных (многопроцессорные системы управления в реальном масштабе времени), поскольку они имеют один низковольтный источник питания, обладают широким диапазоном температуры эксплуатации, электрической совместимостью по входным и выходным характеристикам с микросхемами наиболее распространенных TTL-серий (К133, К155, К555 и др.).

### 2.3. Основные параметры БИС К584 ИКИ

Микросхема К584ИКИ является четырехразрядным центральным микропроцессорным элементом. Она обладает следующими характеристиками:

длина слова - 4 бит;

время выполнения команды - 2 мкс;

число команд - 459;

режимы, адресации - по указателю, регистровая, непосредственная;

напряжение питания 5В, ток 130 мА;

количество регистров - 8РОН, 2 специальных регистра;

количество выводов корпуса - 48;

принцип действия - параллельный, допускается возможность наращивания длины слова;

технология изготовления - И<sup>2</sup>Л.

Центральный процессор К584ИКИ состоит из следующих устройств:

арифметико-логическое устройство;

рабочий регистр;

рабочий регистр расширения;

программируемая логическая матрица;

регистр операций;

регистры общего назначения;

мультиплексоры операндов;

мультиплексоры выдачи данных;

мультиплексор адреса;

инкрементор;

программный счетчик;

схема формирования выхода программного счетчика;

схема позиционного управления;

схема селекции разрядов регистра расширения.

Данная БИС имеет такие условия эксплуатации:

диапазон рабочих температур от -10 до +70°C;

относительная влажность воздуха до 98% при температуре окружающей среды до 35°C;

многократное циклическое изменение температуры от  $-10$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ;  
вибрационные нагрузки с ускорением до  $20 g$  в диапазоне частот от  $1$  до  $3000$  Гц;  
линейные нагрузки с ускорением до  $150 g$  ;  
многократные удары длительностью от  $1$  до  $3$  мкс с ускорением до  $150 g$  .

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Работа проводится в форме конструкторского практикума. Лабораторная установка содержит микроскопы МЭС-9, МИИ-4 и набор исследуемых БИС.

### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с заданием.
2. Получить исследуемый образец БИС.
3. Провести анализ конструктивного выполнения БИС.
4. Изучить конструкцию элементов в кристалле; выявить типовую структуру логического элемента;
5. Зарисовать топологический чертеж типовых элементов БИС и эскиз кристалла.
6. Воспроизвести структуру типовых элементов кристалла БИС.
7. Зарисовать эскиз корпуса БИС. Определить его тип.
8. Определить геометрические размеры кристалла.
9. Подсчитать плотность установки и степень интеграции БИС.
10. Воспроизвести схему технологического процесса изготовления микропроцессорной БИС.
11. Ознакомиться с электрическими параметрами и условиями эксплуатации.
12. Сделать вывод о целесообразности выполнения изученной БИС по ИСЛ-технологии.

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Краткая характеристика и назначение БИС К584ИК1.
3. Топологический чертеж типовых элементов изученной БИС.
4. Структура типовых элементов кристалла К584ИК1.
5. Эскиз корпуса и кристалла БИС.

6. Схема технологического процесса изготовления БИС К584ИКИ.
7. Электрические параметры изученной БИС.
8. Условия эксплуатации микропроцессорной микросхемы.
9. Расчетные данные.
10. Выводы.

#### К о н т р о л ь н ы е   в о п р о с ы

1. Что такое структурная интеграция?
2. Преимущества принципа структурной интеграции.
3. Нарисовать структуру и топологию схемы с инжекционным питанием.
4. Нарисовать схему технологического процесса изготовления И<sup>2</sup>Л-структуры.
5. Преимущества и недостатки горизонтального и вертикального транзисторов.
6. Какие конструктивно-технологические ограничения возникают при изготовлении многоколлекторных транзисторов?
7. В чем заключается основное преимущество И<sup>2</sup>Л-структуры на кристалле, выполняющем роль инжектора?
8. Нарисовать структуру кристалла с совмещенными областями транзистора и резистора; транзистора, диода и резистора.
9. Описать электрические параметры БИС К584ИКИ.
10. Нарисовать и объяснить структуру элемента ИПЛ.
11. Дать характеристику конструктивному исполнению БИС К584ИКИ и условиям ее эксплуатации.

#### Л и т е р а т у р а

Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. -М.:Сов.радио, 1980. -424 с. (с.210-217, 359-363).

Пономарев М.Ф. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА: Учебник для вузов. -М.:Радио и связь, 1982. -288с. (с.226-234).

Составители: Михаил Николаевич Пиганов,  
Алексей Васильевич Волков

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СТРУКТУРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ,  
РЕАЛИЗУЕМЫХ В БИС

Редактор Е.Д.А н т о н о в а  
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к  
Корректор Н.С.К у п р и я н о в а

Подписано в печать 14.05.84. Формат 60x84 I/16.  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 0,93 уч.-изд.л. 0,9 Т. 500 экз.  
Заказ, 4140 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Моло-  
догвардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ.....	3
1.1. Принцип структурной интеграции.....	3
1.2. Технология получения И2Л-структур.....	5
1.3. Другие типы структур с совмещенными областями.....	5
2. ОПИСАНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ БИС.....	9
2.1. Микропроцессорные микросхемы и комплекты микросхем.....	9
2.2. Краткая характеристика МПК серии К584.....	9
2.3. Основные параметры БИС К584ИК1.....	10
3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	11
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	11
5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	11
Контрольные вопросы.....	12
Литература.....	12