

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

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

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Методические указания к лабораторной работе 37

Занятия I, 2

Куйбышев 1982

Дается анализ конструкций полупроводниковых биполярных и униполярных микросхем, их элементов, методов изоляции, структуры. Предлагается определить метод изоляции элементов изучаемых микросхем, воспроизвести топологический чертёж общего вида, структуру кристалла, принципиальную электрическую схему, схему технологического процесса изготовления микросхем, рассчитать степень интеграции и определить плотность упаковки элементов.

Рекомендуется студентам специальностей 0705 и 0701.

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

Утверждены на редакционно-издательском совете института 16.12.81 г.

## З а н я т и е I

### АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МИКРОСХЕМ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО БИПОЛЯРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Ц е л ь р а б о т ы - анализ и изучение конструкции полупроводниковой биполярной интегральной микросхемы, ее элементов, структуры, методов изоляции элементов.

#### З а д а н и я :

1. Изучить конструкцию микросхемы и элементов, определить метод изоляции элементов.
2. Воспроизвести топологический чертеж общего вида и структуру кристалла и по ним составить принципиальную электрическую схему.
3. Рассчитать плотность упаковки элементов и определить степень интеграции микросхемы; ознакомиться с условиями эксплуатации и электрическими параметрами изучаемой микросхемы.
4. Составить схему технологического процесса изготовления изучаемой микросхемы.

## I. Т е о р е т и ч е с к и е о с н о в ы

### Общие сведения о полупроводниковых микросхемах

Полупроводниковая интегральная микросхема - интегральная микросхема, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в объеме и на поверхности полупроводника.

Основным преимуществом полупроводниковых микросхем является

сравнительно простая технология изготовления большого числа высококачественных активных элементов.

К недостаткам этих микросхем следует отнести наличие большого числа паразитных связей, узкий диапазон номинальных значений  $R$  и  $C$  - элементов, низкая точность их изготовления, сильная температурная зависимость сопротивления и емкости, трудность создания индуктивных элементов.

В полупроводниковом исполнении реализуются, как правило, цифровые схемы.

Для изготовления полупроводниковых микросхем используются в основном монокристаллический кремний, германий, арсенид и фосфид галлия.

Полупроводниковые микросхемы делятся на биполярные и униполярные.

## 2. Технология изготовления биполярных полупроводниковых микросхем

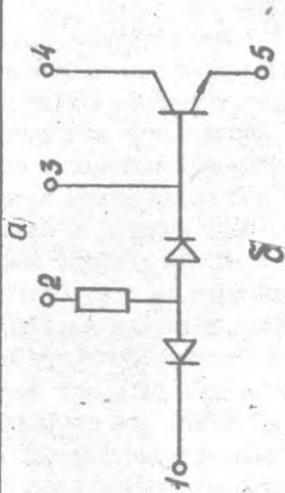
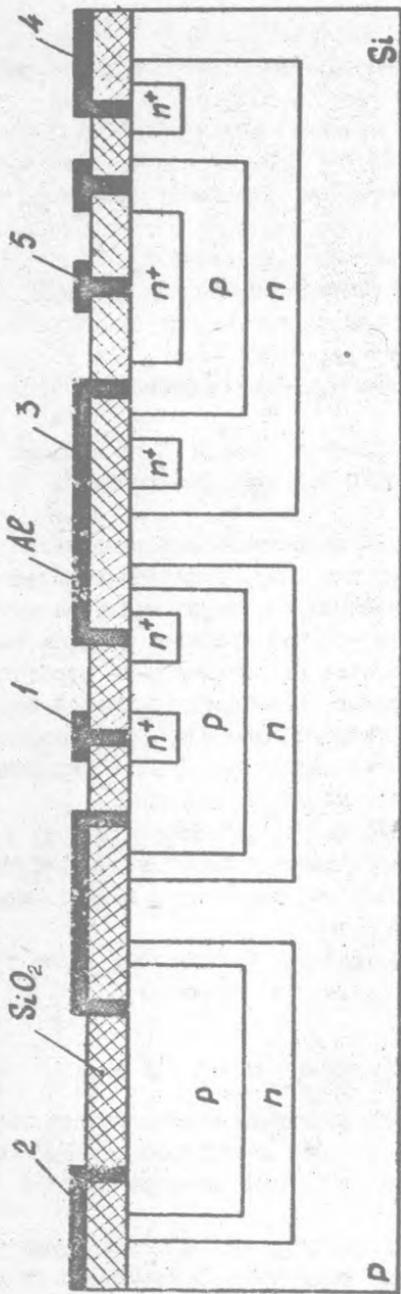
Наибольшее распространение для изготовления полупроводниковых микросхем получила планарная технология, в основе которой лежат методы эпитаксии и контролируемой диффузии примесей в локальных областях полупроводниковой пластины. Процессы локальной диффузии и эпитаксиального выращивания позволяют сформировать в кристалле  $p-n$ -переходы и образовать схему, включающую как активные, так и пассивные элементы. Готовая схема, изготовленная по данной технологии, имеет в целом монокристаллическую структуру.

Отличительной чертой планарных структур полупроводниковых микросхем является образование всех элементов и выводов от них с одной стороны полупроводниковой пластины (рис. I).

Полупроводниковая пластина - заготовка из полупроводникового материала, используемая для изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.

Часть полупроводниковой пластины, в объеме и на поверхности которой сформированы элементы полупроводниковой микросхемы, межэлементные соединения и контактные площадки, называют кристаллом интегральной микросхемы.

Технологический процесс изготовления биполярных полупроводниковых микросхем включает следующие операции и процессы: пригото-



Р и с. 1. Биполярная интегральная микросхема: а - поперечный разрез структуры, б - принципиальная схема

перехода и диэлектрического изолирующего слоя.

На основе первого способа изоляции создана следующая группа технологических методов: разделяющая диффузия (изоляция обратносмещенным  $p-n$ -переходом), коллекторная изолирующая диффузия, метод трех фотомаслонов, самоизоляция  $n$ -областью (метод двойной диффузии). Во втором случае применяют различные диэлектрические материалы: двуокись кремния, поликристаллический кремний, а также воздух. Второй способ реализуется с помощью следующей группы технологических методов: "ЭПИК"-процесс, изоляция диэлектриком и поликристаллическим кремнием ( $VIp$ -процесс), метод воздушной изоляции ("декаль-метод"), метод вертикального анизотропного травления ( $V-AIC$ -технология), изготовление элементов на диэлектрических подложках (сапфире или шпинели), изопланарная технология, метод локальной эпитаксии.

В настоящее время наиболее отработана технология изоляции обратносмещенным  $p-n$ -переходом (диодная изоляция). Ток утечки такой изоляции обычно не превышает  $10^{-7}-10^{-8}$  А.

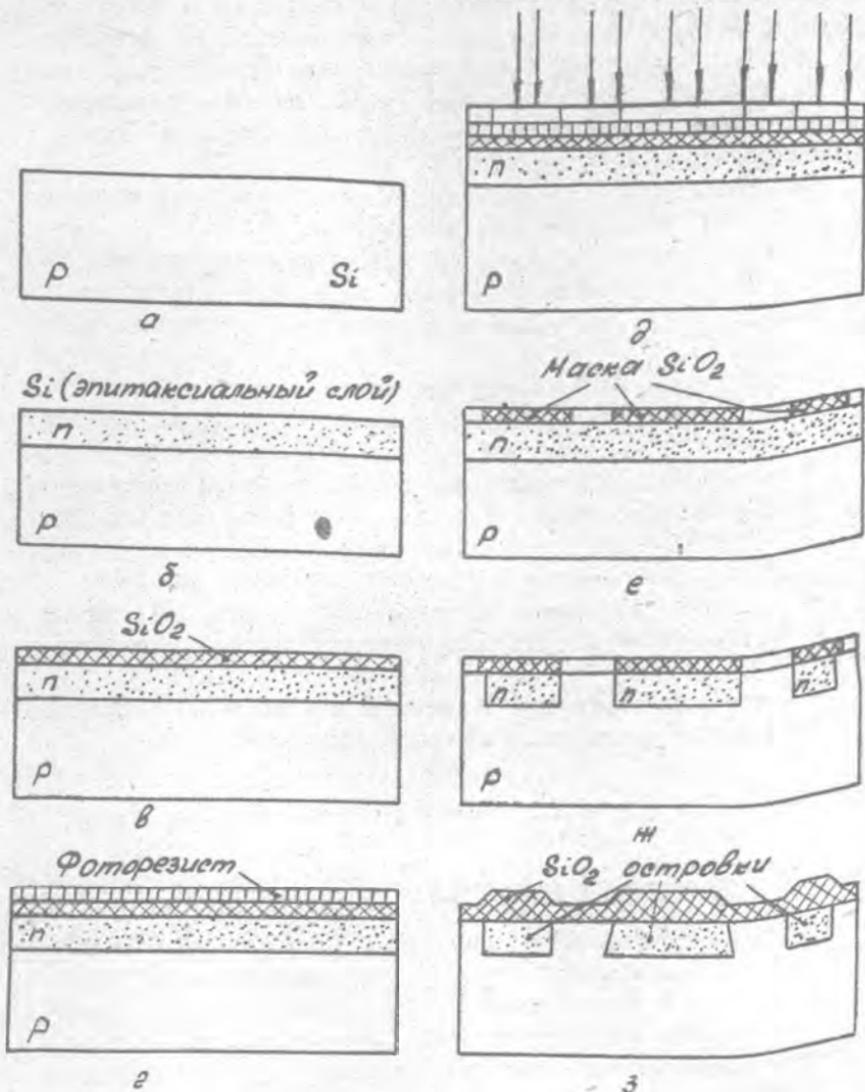
В этом случае используются все важнейшие процессы: эпитаксия, диффузия, окисление, использование фотомаслонов, нанесение фоторезиста, маскирование и травление.

Для изготовления микросхемы используют отшлифованную и очищенную кремниевую пластину  $p$ -типа (рис. 3, а), имеющую диаметр 25-120 мм (в периодичности до 170 мм) и толщину 0,2-0,3 мм и обладающую удельным сопротивлением порядка 0,1 Ом·м. На ней выращивается эпитаксиальный слой кремния  $n$ -типа (рис. 3, б), имеющий удельное сопротивление около 0,005 Ом·м. Поверх эпитаксиального слоя термически выращивается пленка двуоксида кремния толщиной 0,5-1 мкм (рис. 3, в). На этом заканчивается подготовка пластины к образованию в ней островков. Затем на окисленную поверхность кремниевой пластины наносится слой фоторезиста (рис. 3, г). После сушки фоторезиста на него накладывается прецизионный фотомаслонов. Через фотомаслонов проводится засветка пластины ультрафиолетовыми лучами. Освещенные участки фоторезиста (негативного) полимеризуются (рис. 3, д). В процессе проявления неполимеризованные участки фоторезиста вымываются.

После этого проводят травление незащищенного слоя фоторезиста в плавиковой кислоте. Затем с помощью серной кислоты удаляют полимеризованный фоторезист. Получают маску из  $SiO_2$  для диффузии через нее бора. (рис. 3, е).

Процесс диффузии проводится с таким расчетом, чтобы образу-

Ультрафиолетовые лучи



Р и с. 3. Технология образования изолированных островков разделяющей диффузией

шие участки р-типа в эпитаксиальном слое сомкнулись с кремниевой пластиной р-типа. В процессе диффузии островки кремния  $n$ -типа окружаются кремнием р-типа (рис. 3, з). Поверх пластины выращивается новый слой  $SiO_2$  (рис. 3, з). В образованных островках формируют транзисторы, резисторы и другие элементы схемы. Для этого используют операции, аналогичные рассмотренным, но с использованием других фотошаблонов.

Недостатками такого метода изоляции являются наличие емкостной связи между элементами, невысокое напряжение и др.

По сравнению с диодной изоляцией диэлектрическая изоляция позволяет снизить емкость между элементами, на порядок снизить ток утечки изоляции, улучшить частотные характеристики, повысить радиационную стойкость.

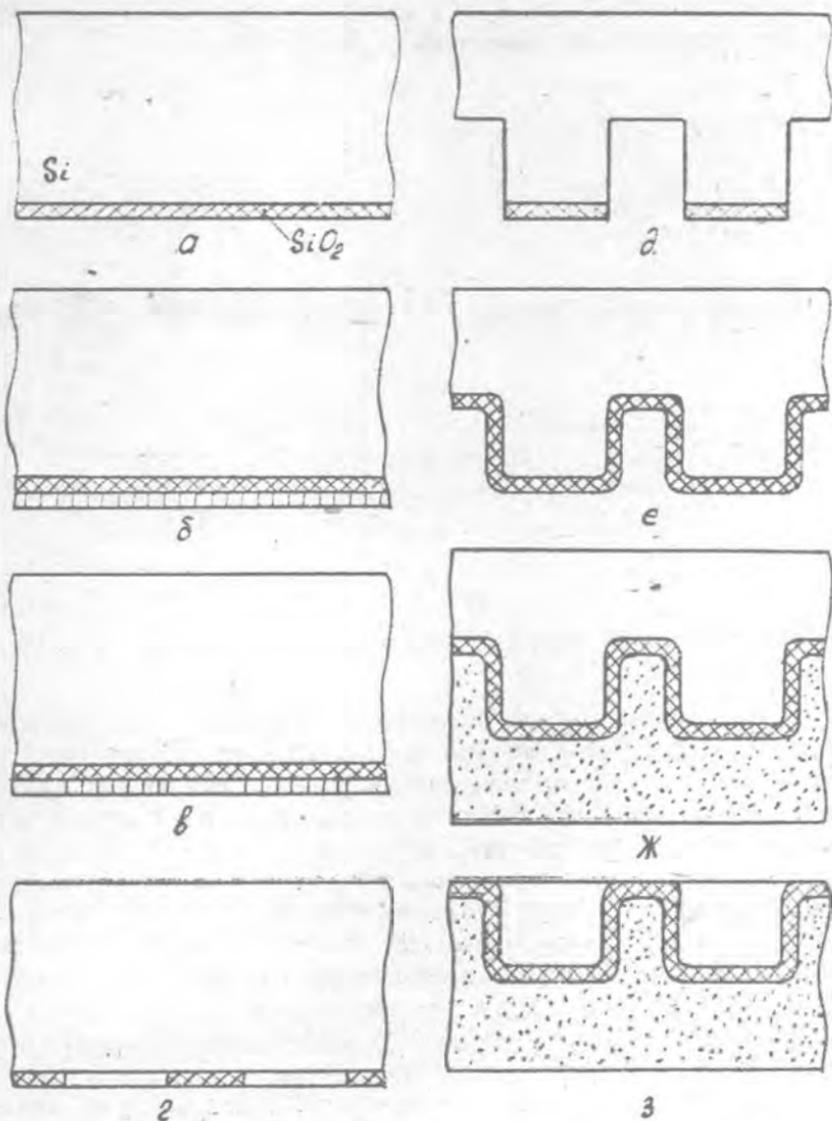
Технология образования таких островков показана на рис. 4. Монокристаллическая пластина кремния окисляется (рис. 4, а). На образовавшийся слой  $SiO_2$  наносят слой фоторезиста (рис. 4, б). Затем осуществляют экспонирование и проявление (рис. 4, в). После экспонирования травят незащищенные участки  $SiO_2$  и удаляют фоторезист (рис. 4, г). Следующей операцией является травление кремния на определенную глубину (рис. 4, д). Образовавшаяся поверхность окисляется (рис. 4, е). На слой  $SiO_2$  наносят монокристаллический кремний (рис. 4, ж). Затем осуществляют шлифование излишков монокристаллического кремния (рис. 4, з).

Недостатком диэлектрической изоляции является слабая теплоотвод из-за низкой теплопроводности диэлектрического слоя.

## 4. Элементы биполярных микросхем

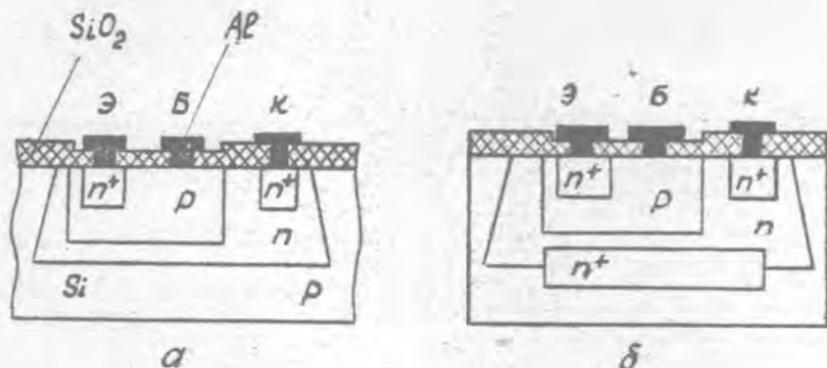
### 4.1 Типы биполярных транзисторов

Наиболее распространенными элементами биполярных микросхем являются транзисторы. Типовой структурой биполярного транзистора является плоскостной  $n-p-n$  транзистор со скрытым  $n^+$ -слоем и без него (рис. 5, а, б). Он представляет собой систему двух или трех взаимосвязанных  $p-n$ -переходов, включенных встречно и расположенных на определенном расстоянии друг от друга. Транзистор со скрытым  $n^+$ -слоем обладает низким горизонтальным сопротивлением коллекторного слоя (10 Ом), имеет большой инверсный коэффициент усиления и мень-



Р и с. 4. Технология получения изолированных островков

ший избыточный заряд в коллекторной области, который накапливается в режиме двойной инжекции. Транзисторы без скрытого  $n^+$ -слоя имеют высокое сопротивление коллекторного слоя ( $\sim 100 \text{ Ом}$ ).

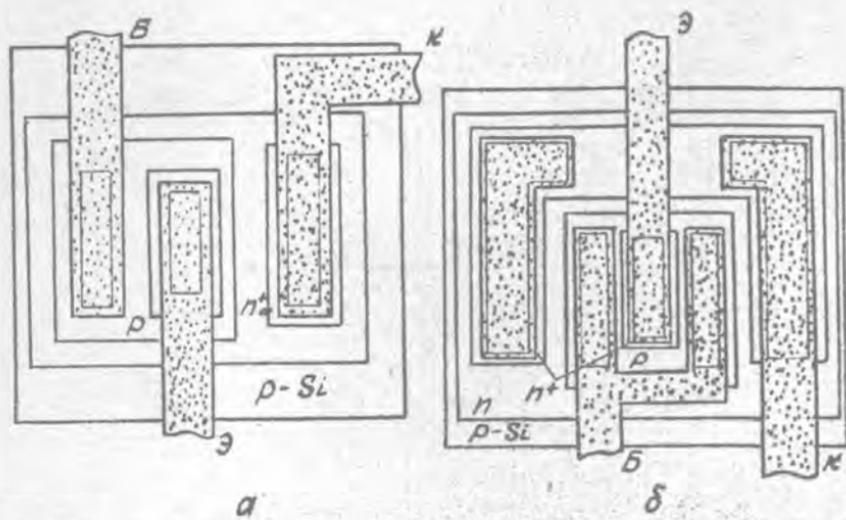


Р и с. 5. Структуры биполярного транзистора

Скрытые слои получают до получения эпитаксиального слоя путем диффузии. Скрытый слой частично расположен в эпитаксиальном. Это объясняется тем, что во время эпитаксиального наращивания донорные атомы скрытого слоя под действием температуры диффундируют в нарастающий эпитаксиальный  $n$ -слой. Чтобы уменьшить распространение доноров из скрытого слоя в эпитаксиальный слой (при большом распространении доноров возможно смыкание скрытого  $n^+$ -слоя с базовым  $p$ -слоем), в качестве диффузанта для образования скрытого слоя используют сурьму или мышьяк, имеющие малые коэффициенты диффузии.

Биполярные  $n$ - $p$ - $n$  транзисторы могут иметь асимметричную (рис. 6, а) или симметричную (рис. 6, б) конфигурацию (в плане). В первом случае коллекторный ток протекает к эмиттеру только в одном направлении (на данном рисунке - справа). Во втором случае коллекторный ток протекает к эмиттеру с трех сторон. В связи с этим сопротивление коллекторного слоя оказывается меньше (в 3 раза), чем у

асимметричной конструкции. Во втором случае контактное окно и метал-



Р и с.6. Конструкции биполярного транзистора

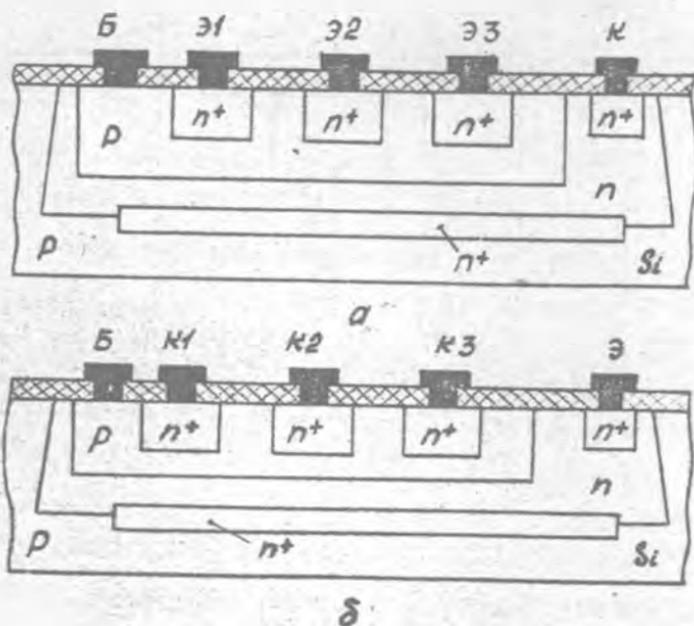
лизация коллекторной области разбиты на две части. Это облегчает выполнение металлической разводки, так как алюминиевая полоска, например от эмиттера, может проходить над коллектором по защитному оксиду.

#### 4.2 Многоэмиттерный и многоколлекторный транзисторы

В ТТЛ и И<sup>2</sup>Л-схемах часто используются многоэмиттерные (рис.7а) и многоколлекторные транзисторы (рис.7,б). Число эмиттеров и коллекторов может составлять 5-10 и более. Чтобы избежать горизонтального транзисторного эффекта, необходимо чтобы расстояние между эмиттерами было больше диффузионной длины носителей в базовом слое.

Для построения некоторых типов схем используют горизонтальные

p-n-p транзисторы (рис. 8,а). Такой транзистор является бездрейфовым, так как в качестве базовой области используется однородный



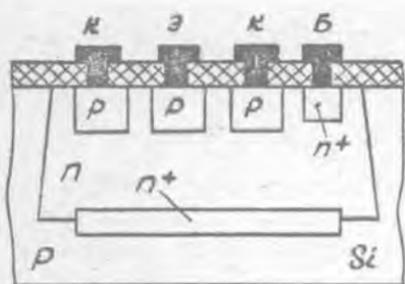
Р и с. 7. Транзисторы: а - многоэмиттерный, б - многоколлекторный

эпитаксиальный слой. Коллекторный слой охватывает эмиттер со всех сторон.

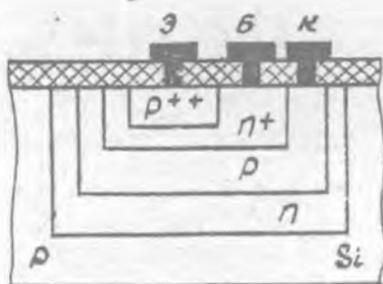
Основными недостатками такого транзистора являются большая ширина базы и ее однородность. Эти недостатки отсутствуют в вертикальной структуре p-n-p транзистора (рис. 8,б).

#### 4.3 Дiodы

В качестве диода в полупроводниковых микросхемах можно использовать любой из двух p-n-переходов (как эмиттерный, так и



а



б

Р и с. 8. Транзисторы p-n-p : а - горизонтальный, б - вертикальный

коллекторный). Основные параметры диодов при различных вариантах диодного включения n-p-n-транзистора приведены в табл. I, где принято следующее обозначение: до черточки стоит обозначение анода, а после черточки - катода; если два слоя соединены, их обозначения пишутся слитно;  $U_{пр}$  - напряжение пробоя.

Таблица I.

Основные параметры диодов

Параметр	Тип диода				
	БК-Э	Б-Э	БЭ-К	Б-К	Б-ЭК
$U_{пр}$ , В	7-8	7-8	40-50	40-50	7-8
I обр, нА	0,5-1	0,5-1	15-30	15-30	20-40
С д, пФ	0,5	0,5	0,7	0,7	1,2
С о, пФ	3	1,2	3	3	3
Т в, нс	10	50	50	75	100

Примечание. I обр - обратный ток (без учета тока утечки);

С д - емкость диода; С о - паразитная емкость на подложку;  
 Т в - время восстановления обратного тока (время переключения диода из открытого состояния в закрытое).

#### 4.4. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы

В полупроводниковых микросхемах широко распространены резисторы различных типов: объемные (рис. 9,а), эпитаксиальные (рис. 9,б) диффузионные (рис. 9, в и г), ионно-легированные пинч-резисторы и др. Объемные резисторы изготавливаются путем создания омических контактов в двух точках кристалла. Точность их изготовления очень низкая. Более высокую точность обеспечивает эпитаксиальная структура.

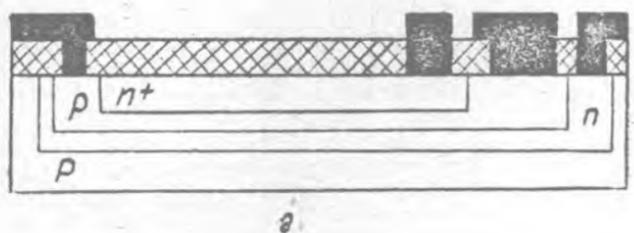
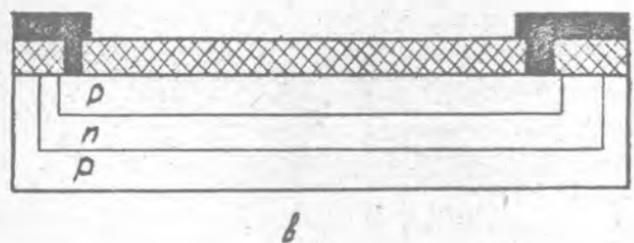
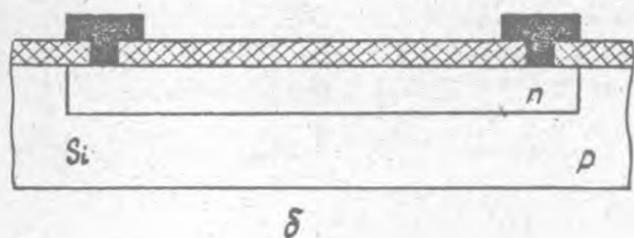
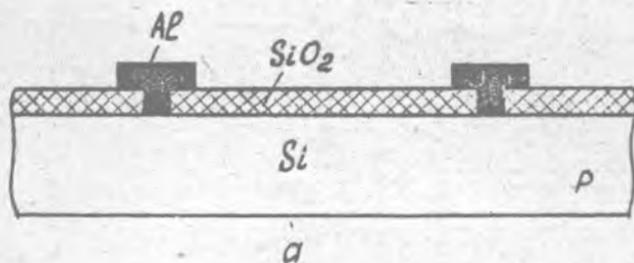
В настоящее время чаще всего используют диффузионные резисторы. Они изготавливаются методами селективной диффузии примесей в отдельные островки эпитаксиального слоя пластины. Эта операция проводится одновременно с диффузией, в результате которой создаются базовые или эмиттерные области транзисторов, входящих в данную интегральную микросхему. В процессе эмиттерной диффузии создаются резисторы с малым удельным сопротивлением (порядка 2,5 Ом/квадрат). В процессе базовой диффузии, для которой характерны меньшие концентрации вводимых примесей, создаются более высокоомные резисторы (100-300 Ом/квадрат).

В качестве конденсаторов полупроводниковых микросхем часто используют  $p-n$ -переходы, смещенные в обратном направлении (рис. 10,а). Емкость такого конденсатора зависит от приложенного напряжения. У них один или оба слоя выполнены в процессе диффузии, поэтому их называют диффузионными. На рис. 10,б показана структура МОП-конденсатора. Нижней обкладкой служит эмиттерный  $n^+$ -слой. Основные параметры полупроводниковых конденсаторов приведены в табл.2.

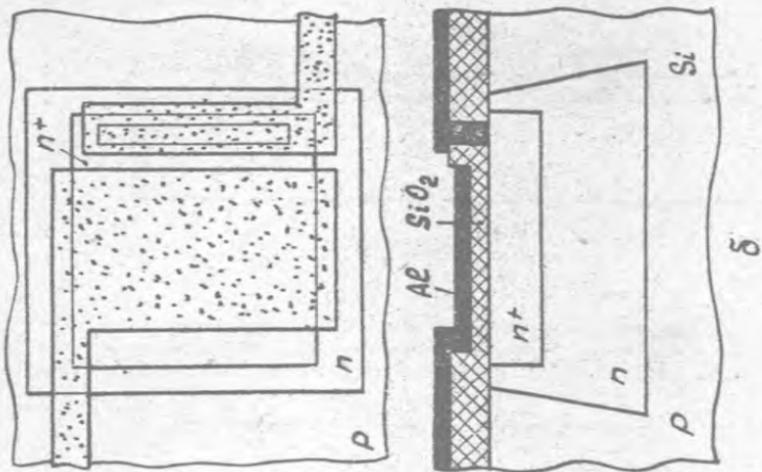
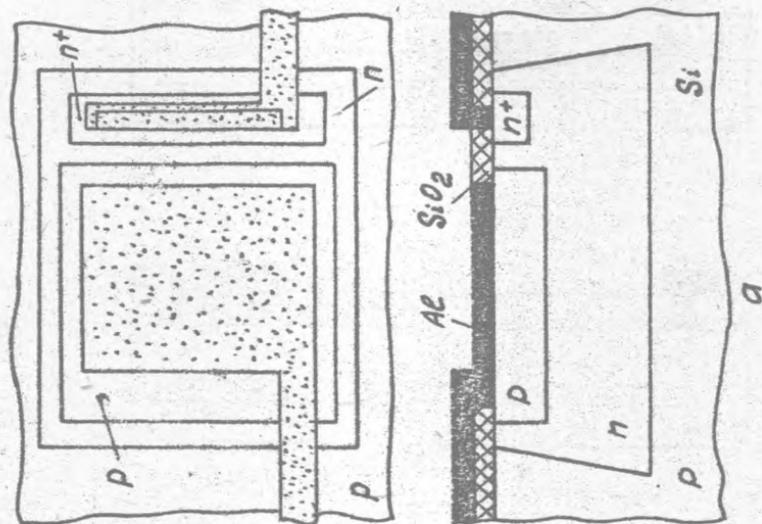
Основные параметры конденсаторов

Т а б л и ц а 2.

Тип структуры	$C_{\text{макс}},$ пФ	Точность, %	$U_{\text{пр}},$ В	ТКЕ, %/град
Переход Б - К	300	$\pm 20$	50	- 0,1
Переход Б - Э	1 200	$\pm 20$	7	- 0,1
МОП	500	$\pm 25$	20	0,02



Р и с. 9. Конструкции полупроводниковых резисторов



Р и с. 10. Полупроводниковые конденсаторы: а - диффузионный, б - МОП

Преимуществом МОП-конденсаторов является то, что они работают при любой полярности напряжения. Недостатком является то, что они, как и диффузионные, являются нелинейными.

## 5. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка содержит микроскопы МЭС-9, МИИ-4 и набор исследуемых биполярных микросхем.

## 6. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с заданием.
2. Получить у преподавателя полупроводниковую микросхему.
3. Изучить конструкцию микросхемы и элементов.
4. Определить границы разделительного слоя вокруг каждого элемента.
5. Определить метод изоляции элементов.
6. Зарисовать эскиз общего вида топологии.
7. Воспроизвести структуру биполярной микросхемы.
8. Замерить геометрические размеры кристалла и корпуса.
9. Определить плотность упаковки элементов и степень ~~контрак-~~ции изучаемой микросхемы.
10. Воспроизвести схему технологического процесса изготовления данной микросхемы.
11. Ознакомиться с условиями эксплуатации и электрическими параметрами микросхемы.
12. Зарисовать эскиз корпуса полупроводниковой микросхемы.
13. Произвести расшировку условного обозначения микросхемы и корпуса.
14. Воспроизвести принципиальную схему.
15. Сделать вывод о целесообразности изготовления данной микросхемы по биполярной технологии.

## 7. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема.
3. Эскиз общего вида топологии.

4. Эскиз корпуса.
5. Структура биполярной микросхемы.
6. Расшифровка условного обозначения микросхемы и корпуса.
7. Расчет плотности упаковки и степени интеграции.
8. Электрические параметры и условия эксплуатации изученной микросхемы.
9. Схема технологического процесса изготовления полупроводниковой микросхемы.
10. Выводы.

#### В. Контрольные вопросы

- I.
  1. Что такое полупроводниковая микросхема?
  2. В чем заключается сущность планарной технологии?
  3. Нарисуйте схему технологического процесса изготовления полупроводниковой микросхемы.
  4. Какие методы изоляции элементов полупроводниковых микросхем вы знаете? Их преимущества и недостатки.
  5. Нарисуйте схему получения изолированных островков методом обратнсмещенного  $p-n$ -перехода.
  6. В чем заключается сущность изоляции диэлектрической пленкой? Опишите технологию изоляции.
  7. Что такое биполярная микросхема? Ее преимущества и недостатки.
  8. Какие корпуса используются для герметизации полупроводниковых микросхем?
  9. Нарисуйте структуру и вид в плане биполярного транзистора.
  10. Какие типы резисторов используются в полупроводниковых микросхемах? Их преимущества и недостатки.
  - II. Нарисуйте основные типы полупроводниковых конденсаторов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио, 424 с., 1980.
2. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем. Учебное пособие для вузов. М.: Энергия, 376 с., 1977.

## З а н я т и е 2

### АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ УНИПОЛЯРНЫХ МИКРОСХЕМ

Ц е л ь р а б о т ы - анализ и изучение конструкции полупроводниковой униполярной микросхемы, ее элементов, топологии и структуры.

#### З а д а н и я :

1. Провести анализ конструкции униполярной интегральной микросхемы, ее элементов.
2. Воспроизвести структуру кристалла, топологию и принципиальную схему.
3. Составить схему технологического процесса изготовления униполярной микросхемы.
4. Определить степень интеграции микросхемы, плотность упаковки элементов; ознакомиться с электрическими параметрами и условиями эксплуатации изученной микросхемы.

## 1. Т е о р е т и ч е с к и е о с н о в ы

### 1.1. Принцип работы униполярного транзистора

Основным элементом униполярной микросхемы является транзистор. Работа униполярного (полевого) транзистора основана на использовании носителей заряда одного знака: электронов или дырок. В отличие от биполярных транзисторов они управляются с помощью электрического поля (а не тока), перпендикулярного к поверхности полупроводника. Под действием электрического поля происходит изменение кон-

центрации носителей заряда в приповерхностном слое полупроводника, а соответственно и проводимости. Область с повышенной концентрацией основных носителей называют обогащенной, а с пониженной — обедненной.

Полевой транзистор содержит области истока и стока, а также затвор и канал. Область, от которой движутся основные носители, называют истоком. Та область, в которой движутся носители, называют стоком. Каналом называют область пластины, расположенную между  $p-n$ -переходами, образованными областями истока и стока с объемом пластины.

При изменении потенциала затвора меняется ширина  $p-n$ -переходов и, соответственно, рабочее сечение пластины, а значит ее сопротивление и ток в рабочей цепи. При дальнейшем увеличении напряжения  $p-n$ -переходы настолько расширяются, что перекрывают все сечение пластины. Это вызывает отсечку тока в рабочей цепи. Структура униполярной (полевой) микросхемы показана на рис. 1. Так как кристалл  $n$ -типа подключается к наиболее отрицательной точке структуры, то  $p$ -области самоизолируются. Поэтому униполярные структуры конструктивно более просты, чем биполярные. В связи с этим они могут иметь более высокую степень интеграции.

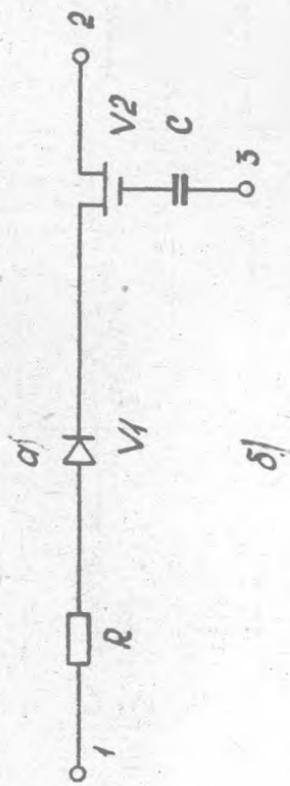
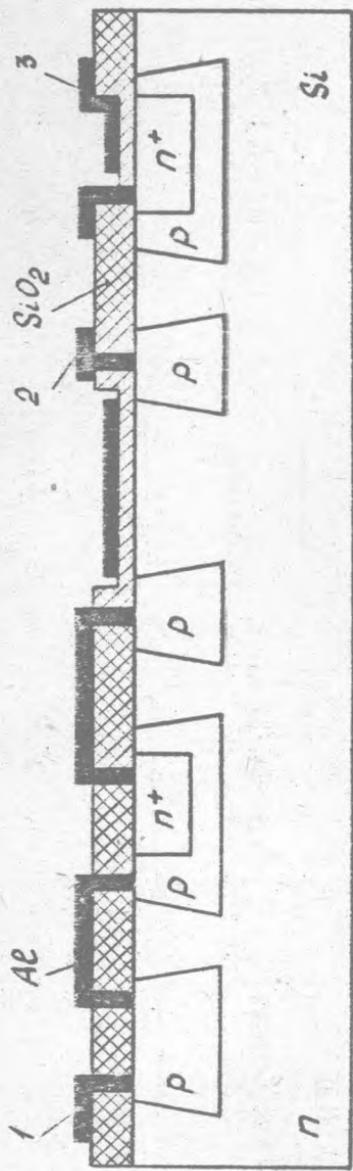
В данной структуре использован полевой транзистор с изолированным затвором, который представляет собой структуру металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). В этом случае полярность напряжения на затворе может быть как положительной, так и отрицательной.

## 1.2. Технология получения

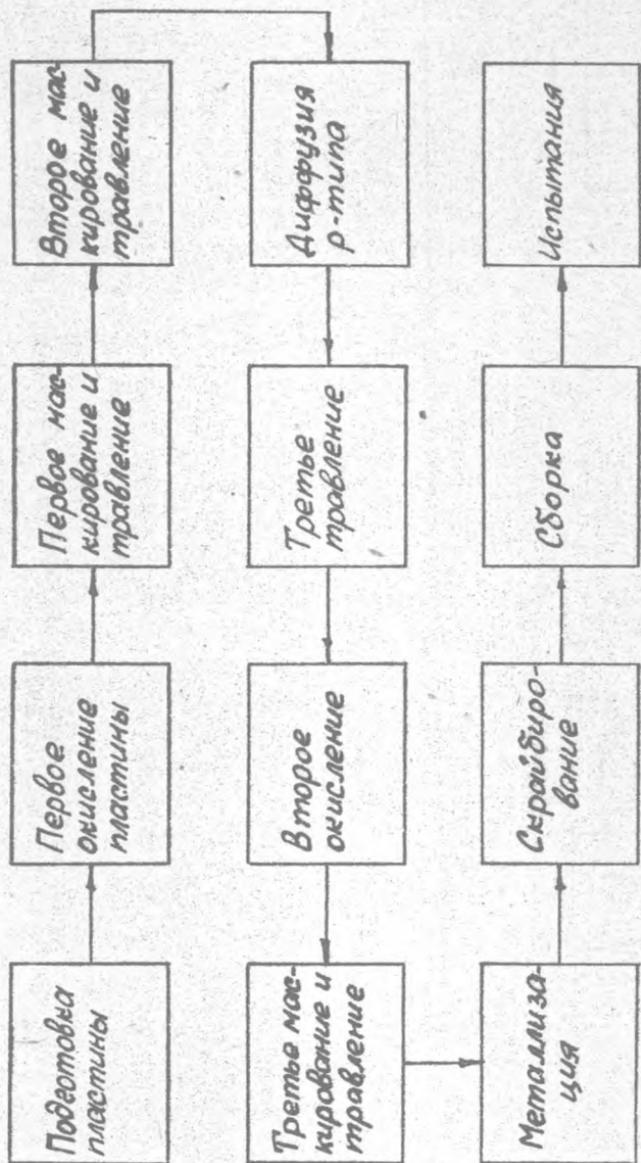
При изготовлении МДП-микросхем используются те же процессы, что и при изготовлении биполярных микросхем: окисление, фотолитография, диффузия, металлизация и т.д. Схема технологического процесса изготовления МДП-микросхемы показана на рис. 2. Для создания МДП-микросхемы требуется меньше число операций, чем для создания биполярной. В данном случае требуется всего одна операция диффузии. В биполярной технологии их четыре.

Основной трудностью при изготовлении МДП-структур является необходимость получения достаточно качественной диэлектрической пленки, изолирующей затвор транзистора. Необходимо больше внимания уделять поверхностным эффектам.

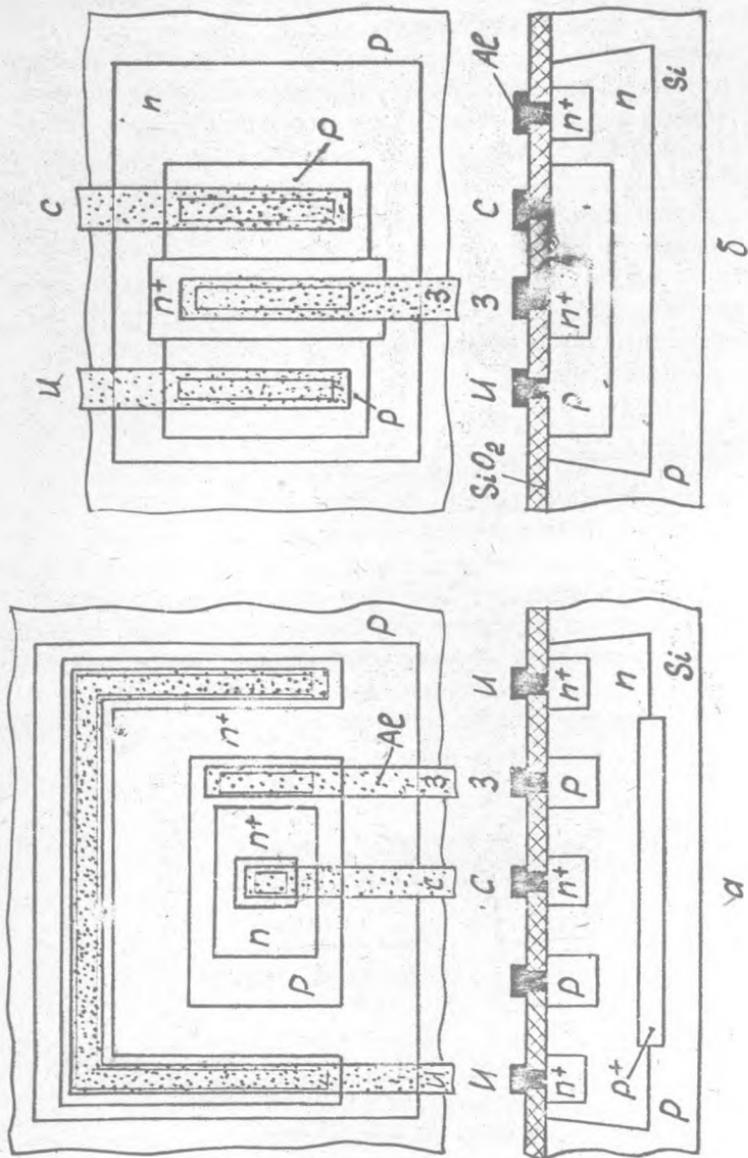
На рис. 3. показаны полевые транзисторы с  $n$ -каналом и  $p$ -кана-



Р и с. 1. Униполярная интегральная микросхема: а - поперечный разрез структуры, б - принципиальная схема



Р и с. 2. Схема технологического процесса получения унполярной микросхемы



Р и с. 3. Полевые транзисторы с  $n$ -каналом - а и с  $p$ -каналом - б

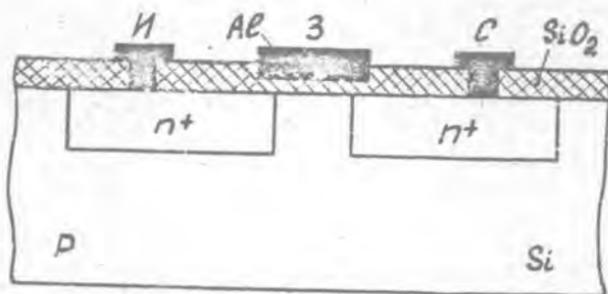
дом. В структуре транзистора с  $n$ -каналом  $p$ -область затвора окружает сток со всех сторон. Она образуется на этапе базовой диффузии. На этапе эмиттерной диффузии создаются  $n$ -области, которые обеспечивают хороший омический контакт с областями истока и стока. Для уменьшения напряжения отсечки (уменьшения начальной толщины канала) образуют скрытую  $p^+$ -область. Чтобы скрытая  $p^+$ -область проникла достаточно глубоко в эпитаксиальный слой, в качестве диффузанта используют бор или галлий, имеющие большое значение коэффициента диффузии.

В  $p$ -канальной структуре роль канала играет область базового  $p$ -слоя, расположенная между  $n^+$  и  $n$ -областями

Область  $n^+$  делают более широкой, чем  $p$ -область. В этом случае области истока и стока будут соединены только через канал;  $n^+$ -область контактирует с эпитаксиальным слоем, а вместе они образуют "нижний" и "верхний" затворы.

### 1.3. Разновидности униполярных транзисторов

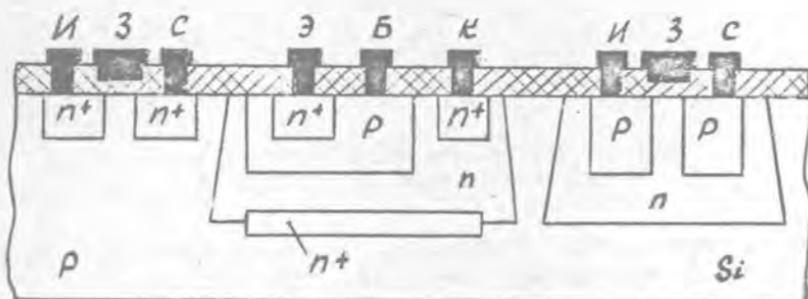
MДП-транзисторы могут быть с собственным (встроенным) и индуцированным каналами. Проводимость встроенного канала модулируется смещением на затворе. Если канал выполнен из полупроводника  $p$ -типа ( $p$ -канал), а пластина имеет проводимость  $n$ -типа, то положительный потенциал на затворе "отталкивает" дырки из канала (режим обеднения) а отрицательный "притягивает" (режим обогащения). Соответственно проводимость канала либо уменьшается, либо увеличивается по сравнению с ее значением при нулевом смещении.



Р и с.4. Структура МДП-транзистора

Структура с индуцированным каналом представлена на рис. 4. В настоящее время такие транзисторы имеют большое распространение из-за простоты их изготовления.

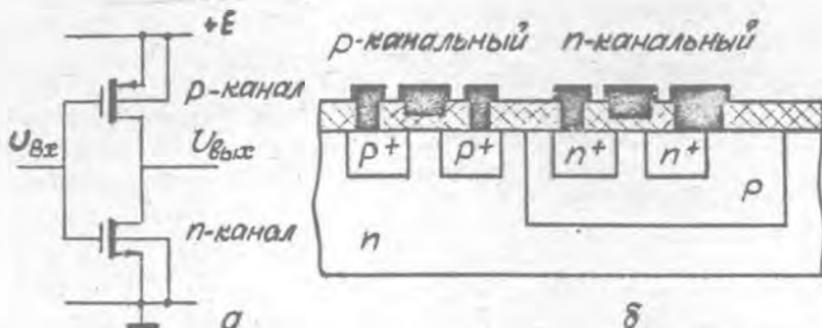
Иногда необходимо сочетать в одном кристалле МДП-транзисторы с биполярными. В этом случае  $n$ -канальные транзисторы выполняют непосредственно в исходной пластине  $p$ -типа на этапе эмиттерной диффузии. На этапе базовой диффузии в изолирующих жарманах создают  $p$ -канальные транзисторы (рис. 5.).



Р и с. 5. Сочетание биполярного и МДП-транзистора в одном кристалле

Для создания некоторых типов логических схем используют комплементарные структуры. В их состав входят транзисторы с индуцированными каналами  $n$ - и  $p$ -типов, сформированные в одном кристалле. Транзисторы работают в режиме обогащения. На рис. 6 приведена принципиальная схема и структура кристалла комплементарного инвертора. В стационарном состоянии один из транзисторов всегда закрыт, т.е. находится в режиме отсечки канала. Величина тока стока открытого МДП-транзистора определяется токами утечки одного из стоксовых  $p$ - $n$ -переходов. При нормальной температуре она составляет единицы наноампер. Это обеспечивает малую мощность рассеяния в статическом режиме (порядка  $10^{-6}$  Вт на один инвертор). Такие структуры имеют высокое быстродействие и помехоустойчивость.

Технологический процесс создания комплементарных структур содержит операции окисления, фотолитографии, формирования диффузион-



Р и с. 6. Комплементарная МДП-микросхема :  
 а - электрическая схема, б - структура

ного "кармана" р-типа, формирования стоковой и истоковой областей  $n$ -канального транзистора, формирования стоковой и истоковой областей  $p$ -канального транзистора, металлизации.

## 2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка содержит микроскопы МИИ-9, МИИ-4 и набор исследуемых униполярных микросхем.

## 3. Порядок выполнения работ

1. Ознакомиться с заданием.
2. Получить полупроводниковую микросхему.
3. Провести анализ конструктивного выполнения микросхемы и элементов.
4. Определить границы элементов и областей истока, стока и затвора.
5. Зарисовать эскиз топологии.
6. Определить геометрические размеры кристалла и корпуса.
7. Воспроизвести структуру кристалла и принципиальную элект-

рическую схему.

8. Составить схему технологического процесса изготовления изучаемой микросхемы.

9. Зарисовать эскиз корпуса микросхемы, определять его тип и произвести расшифровку условного обозначения.

10. Определить степень интеграции данной микросхемы и плотность упаковки элементов.

11. По каталогу микросхем ознакомиться с электрическими параметрами и условиями эксплуатации изученной микросхемы.

12. Расшифровать условное обозначение микросхемы.

13. Провести сравнение униполярной и биполярной технологий.

#### 4. Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Задание.

3. Принципиальная электрическая схема.

4. Эскиз топологии микросхемы.

5. Структура кристалла.

6. Эскиз корпуса микросхемы и расшифровка условного обозначения типа корпуса.

7. Расчет плотности упаковки и определение степени интеграции.

8. Электрические параметры, условия эксплуатации, расшифровка условного обозначения микросхемы.

#### 5. Контрольные вопросы

1. Чем отличается униполярная микросхема от биполярной?

2. Нарисуйте структуру полевого транзистора.

3. Нарисуйте структуру МДП-транзистора.

4. Чем отличается полевой транзистор от МДП-транзистора?

5. В чем заключается сущность технологии изготовления униполярных микросхем?

6. Каковы особенности изоляции элементов униполярной микросхемы?

7. Нарисуйте схему технологического процесса изготовления униполярной микросхемы.

8. В чем отличие  $n$ -канального транзистора от  $p$ -канального?

9. Нарисуйте структуру комплементарной микросхемы.

## 10. Преимущества и недостатки униполярных микросхем.

### Л и т е р а т у р а

1. Интегральные схемы на МШП-приборах. Пер. с англ./Под ред. Кармазинского А. Н. М.: Мир, 1975, 513 с.
2. Черняев В.А. Технология производства интегральных микросхем. Учебное пособие для вузов. М.: Энергия, 1977, 376 с.
3. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1980, 424 с.
4. Мейзда Ф. Интегральные схемы: Технология и применение. Пер. с англ./Под ред. Гальперина М.В.. М.: Мир, 1981, 280 с.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

З а н я т и е 1	3
1. Теоретические основы. Общие сведения о полупроводниковых микросхемах	3
2. Технология изготовления биполярных полупроводниковых микросхем	4
3. Методы изоляции элементов	6
4. Элементы биполярных микросхем	10
4.1. Типы биполярных транзисторов	10
4.2. Многоэмиттерный и многоколлекторный транзистор	13
4.3. Дiodы	14
4.4. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы	16
5. Описание лабораторной установки	19
6. Порядок выполнения работы	19
7. Содержание отчета	19
8. Контрольные вопросы	20
Л и т е р а т у р а	20
 З а н я т и е 2	 21
1. Теоретические основы	21
1.1. Принцип работы униполярного транзистора	21
1.2. Технология получения	22
1.3. Разновидности униполярных транзисторов	26
2. Описание лабораторной установки	28
3. Порядок выполнения работы	28
4. Содержание отчета	29
5. Контрольные вопросы	29
Л и т е р а т у р а	30
	31

Составители: Алексей Васильевич Волков, Михаил Николаевич Пиганов

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Методические указания к лабораторной работе 37. Занятия I, 2

Редактор Л.М. Соколова

Техн. редактор Н.М. Каленки

Корректор С.П. Чернов

Подписано в печать 19.10.82 г. Формат 60x84<sup>I</sup>/16

Бумага оберточная белая. Печать оперативная.

Усл.п.л. 1,86. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 300 экз.

Заказ № 286 . Бесплатно

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

Офсетный участок КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.