



Владимирский Государственный Университет  
Факультет радиофизики электроники и медицинской техники  
*Кафедра "Конструирование и технология радиоэлектронных средств"*

---

Министерство высшего образования  
Российской Федерации

Владимирский государственный университет

## ***"Изучение конструкции и топологии ГИС"***

Лабораторная работа по дисциплине «Технологические процессы микро-  
электроники»

Составитель: Колесов Л.А.

Электронная версия: Варакин А.А.

Владимир 2000.

---

600000, Владимир, ул. Горького, д. 87, ВлГУ, корпус 3, кафедра КТ РЭС, E-mail: [ktrs@mailru.com](mailto:ktrs@mailru.com)  
Проезд: остановка "Кафе Новинка". троллейбусы №8, 9, 10. [dist@mailru.com](mailto:dist@mailru.com)  
Заведующий кафедрой КТ РЭС *Руфицкий Михаил Всеволодович* тел. (0922) 27-98-71, ВлГУ, корпус 3, ауд. 320.

---



## Содержание

Содержание .....	2
Цель работы.....	4
Теоретические сведения.....	4
Термины и определения (ГОСТ 17021-88) .....	4
Параметры интегральных микросхем .....	6
Классификация и система обозначений микросхем .....	8
Подложки ГИС .....	9
Элементы ГИС .....	14
Компоненты ГИС .....	21
Корпусные и бескорпусные ГИС.....	23
Топология ГИС .....	23
Технологические требования и ограничения .....	27
Схемотехнические требования и ограничения.....	28
Конструктивные требования и ограничения .....	28
Последовательность нанесения слоев тонкопленочной гибридной микросхемы.....	29
Последовательность нанесения слоев толстопленочной микросхемы.....	29
Лабораторное задание .....	30
Домашнее задание .....	30
Работа в лаборатории .....	30
Аппаратура .....	31
Порядок выполнения работы.....	31
1. Изучение подложек ГИС .....	31
2. Изучение конструкций ГИС.....	32
Требования к отчету .....	34
Контрольные вопросы.....	35



Литература.....	36
Приложения.....	37



### Цель работы

- 1) изучить подложки ГИС;
- 2) изучить конструкции и топологии микросхем (ГИС).

Продолжительность работы — 4 часа.

### Теоретические сведения

#### Термины и определения (ГОСТ 17021-88)

*Микросхема* - микроэлектронное устройство, рассматриваемое как единое изделие, имеющее высокую плотность расположения элементов и (или) компонентов.

*Интегральная микросхема (ИМС)* - микросхема, все или часть элементов которой нераздельно связаны и электрически связаны между собой так, что устройство рассматривается как единое целое.

*Элемент интегральной микросхемы* - часть интегральной микросхемы, выполняющая функцию какого-либо радиоэлемента, которая выполнена нераздельно от подложки или кристалла и не может быть выделена как самостоятельное изделие.

Примечание. Под электрорадиоэлементом понимают транзистор, диод, резистор, конденсатор и др.

*Компонент интегральной микросхемы* - часть ИМС, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие. Так в полупроводниковой ИМС транзистор является элементом, а в гибридной ИМС - компонентом.

*Пленочная интегральная микросхема* - интегральная микросхема, элементы которой выполнены в виде пленок. Пленочные ИМС могут быть тонкопленочными и толстопленочными.



*Тонкопленочная интегральная микросхема* - пленочная ИМС с толщиной пленок до  $10^{-6}$  м. Элементы тонкопленочной ИМС наносятся преимущественно методами термовакuumного осаждения и катодного распыления (рис. 1).

*Толстопленочная интегральная микросхема* - пленочная ИМС с толщиной пленок свыше  $10^{-6}$  м. Элементы толстопленочной интегральной микросхемы наносятся на подложку методами трафаретной печати (толстопленочной технологии) путем продавливания паст (проводящих, диэлектрических, резистивных) через специальный сетчатый трафарет. Нанесенные на подложку пасты высушиваются, а затем вжигаются в подложку.

*Гибридная интегральная микросхема* - интегральная микросхема, содержащая кроме элементов, компоненты и (или) кристаллы. Кристалл - часть полупроводниковой пластины, в объеме и на поверхности которой сформированы все элементы полупроводниковой интегральной микросхемы.

*Корпус интегральной микросхемы* - часть конструкции ИМС, предназначенная для защиты от внешних воздействий и для соединения с внешними электрическими цепями с помощью выводов.

*Подложка интегральной микросхемы* - заготовка, предназначенная для нанесения на нее элементов гибридных и пленочных ИМС, межэлементных и (или) межкомпонентных соединений, а также контактных площадок.

*Плата интегральной микросхемы* - часть подложки (подложка) гибридной (пленочной) ИМС, на поверхности которой сформированы все пленочные элементы, соединения и контактные площадки.

*Контактная площадка* - металлизированный участок на плате, служащий для соединения выводов элементов, компонентов, кристаллов, перемычек, а также для контроля электрических параметров и режимов функционирования.



*Бескорпусная интегральная микросхема* - кристалл полупроводниковой ИМС, предназначенный для монтажа в гибридную интегральную схему.

*Микросборка* - микросхема, состоящая из различных элементов и (или) интегральных микросхем, которые имеют отдельное конструктивное оформление и могут быть испытаны до сборки и монтажа в изделие.

Примечание. Элемент микросборки имеет внешние выводы, корпус, и рассматривается как отдельное изделие.

### Параметры интегральных микросхем

*Степень интеграции* интегральной микросхемы  $K$  - показатель степени сложности ИМС в зависимости от числа в ней элементов и (или) компонентов:

$$K = \lg N,$$

где:  $K$  - параметр, определяющий степень интеграции, значение которого округляют до ближайшего большего целого числа;

$N$  - количество элементов и компонентов ИМС.

В настоящее время существуют ИМС 1, 2, 3, 4, 5 и 6 степеней интеграции. ИМС первой степени содержат до 10 элементов и компонентов, второй - до ста и т.д.

*Интегральная плотность интегральной микросхемы* -  $w$  - характеризуется числом элементов и компонентов, приходящихся на единицу площади ИМС:

$$w = \frac{N}{S}$$

где  $S$  - площадь микросхемы.

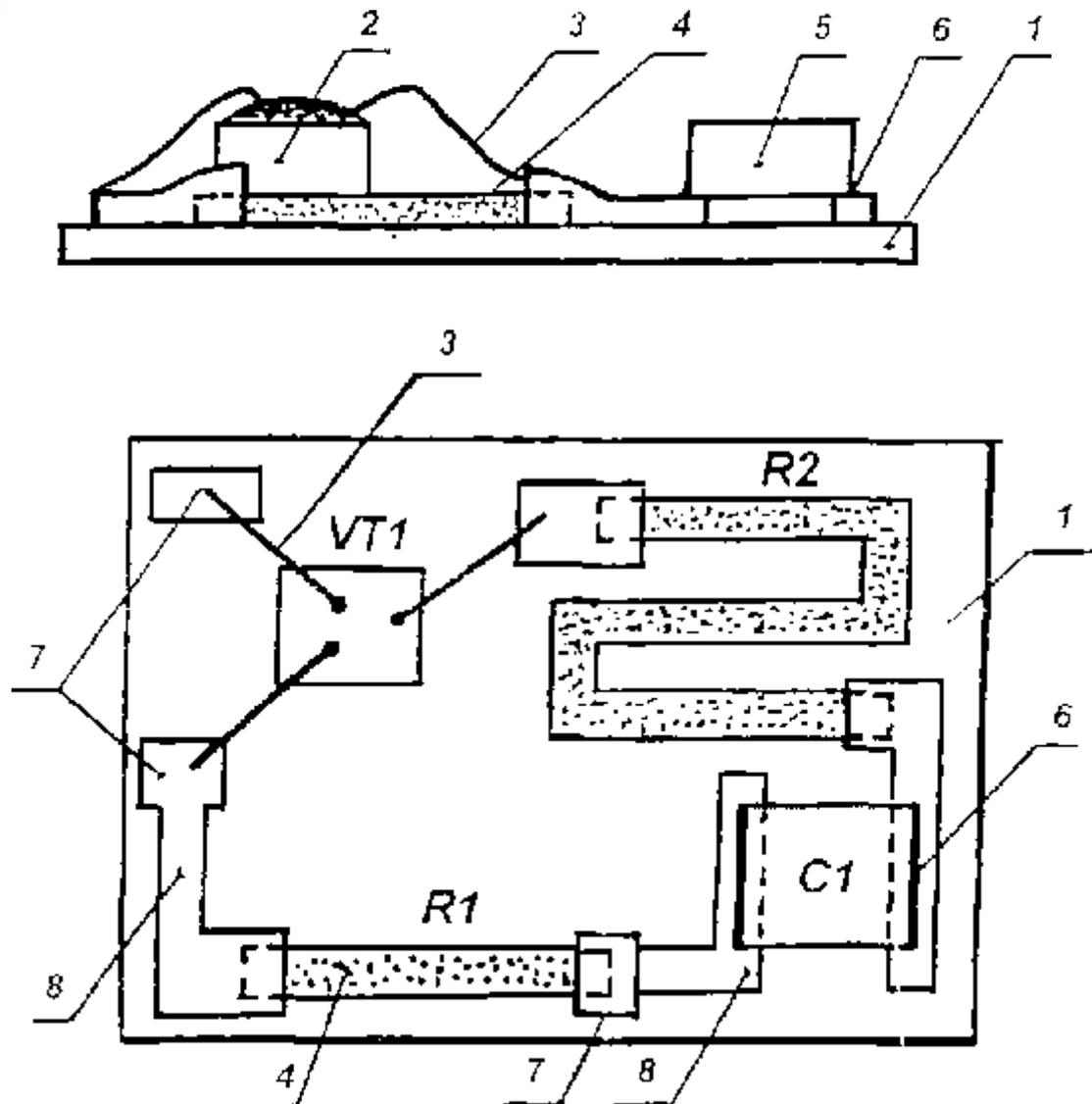


Рис.1. Тонкопленочная ГИС

- 1 - подложка; 2 - транзистор; 3 - проволочные проводники; 4 - резистор; 5 - конденсатор (навесной); 6 - паянный шов; 7 - контактные площадки;  
8 - пленочные проводники



*Интегральная плотность компонентов на подложке (кристалле):*

$w'$  - величина, характеризующаяся количеством элементов и компонентов, приходящихся на единицу площади подложки ( кристалла )

$$w' = \frac{N}{S'}$$

где  $S'$  - площадь подложки микросхемы.

### Классификация и система обозначений микросхем.

Интегральные микросхемы (ИМС ) являются элементной базой для разработки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) различного назначения: цифровой, аналоговой, и др. Для изготовления РЭА необходимы не отдельные микросхемы, а функционально полные системы (серии) микросхем.

*Серия интегральных микросхем* - совокупность интегральных микросхем, выполняющих различные функции, имеющих единую конструктивно-технологическую основу и предназначенных для совместного применения в радиоэлектронной аппаратуре.

Условное обозначение ИМС состоит из пяти элементов.

*Первый элемент* - цифра, обозначающая группу микросхем по конструктивно-технологическому исполнению. По этому признаку ИМС подразделяются на три группы, которые обозначаются: полупроводниковые - 1, 5, 7; гибридные - 2, 4, 6, 8; прочие ( пленочные, керамические. вакуумные и др.) - 3.

*Второй элемент* - две цифры, обозначающие порядковый номер разработки (регистрации ) данной серии.

Примечание. Первый и второй элемент (три или четыре цифры) обозначают серию ИМС. Для микропроцессорных ИМС могут быть 4 цифры.



*Третий элемент* - две буквы, обозначающие подгруппу и вид по функциональному назначению. По характеру выполнения электрических функций микросхемы подразделяются на подгруппы и виды.

*Четвертый элемент* - цифра, обозначающая порядковый номер разработки микросхемы по функциональному признаку в данной серии.

*Пятый элемент* - буква, обозначающая отличие по какому-либо параметру одинаковых микросхем (например, по номиналу источника питания).

Если микросхемы выпускают для широкого применения, в их условное обозначение добавляется индекс "К", который ставится в самом начале условного обозначения. Например, гибридная ИМС общего назначения 224 серии, выполняющая функции усилителя низкой частоты, обозначается К224УН1; полупроводниковая ИМС общего назначения 506 серии, выполняющая логические функции И-ИЛИ-НЕ, обозначается К506ЛР2А (при источнике питания 6 В) и К506ЛР2Б (при источнике питания 12В).

По обозначению, принятому до введения ГОСТ 17021-75, второй и третий элементы взаимно переставлены. При этом серию образуют первый и третий элементы. Значения и места остальных элементов сохраняются прежними. Например, гибридная микросхема 204 серии обозначается 2ТК041.

### Подложки ГИС

Для тонкопленочных ИМС наиболее широкое распространение получили ситалл и поликор, а также металлические подложки с изолирующим покрытием, гибкие подложки из полимерных материалов. Для толстопленочных схем наиболее часто применяют керамические подложки.



### Требования к подложкам

1. Высокая механическая прочность при малых толщинах.
2. Высокие объемное и поверхностное удельное электрическое сопротивление и малый тангенс угла диэлектрических потерь.
3. Температурные коэффициенты линейного расширения подложки и пленок должны быть предельно согласованы.
4. Химическая инертность к осаждаемым веществам и травителям.
5. Физическая и химическая стойкость при нагреве до высоких температур.
6. Незначительное газовыделение в вакууме.
7. Хорошая адгезия с осаждаемой пленкой.
8. Высокий коэффициент теплопроводности.
9. Хорошая полируемость.
10. Низкая стоимость.

В полной мере перечисленным требованиям не удовлетворяет ни одна подложка.

Некоторые требования находятся в противоречии друг к другу, например, низкая стоимость и чистота обработки поверхности подложки, поэтому выбор подложки основан на компромиссном решении.

Основные параметры подложек ГИС приведены в таблице 1.

Габаритные размеры тонкопленочных подложек стандартизированы. Обычно на стандартной подложке групповым методом изготавливают несколько плат ГИС. Безотходное деление исходной подложки 96x60 на части, кратные двум и трем, позволяет получить большое количество плат из одной подложки. Размеры подложек



толсто пленочных ГИС не стандартизированы. На одной подложке изготавливают, как правило, одну схему.

Таблица 1.

Параметры подложек микросхем.

Материал подложки	$\epsilon$ ( $f=10^{10}$ Гц, $T=20^{\circ}\text{C}$ )	$\text{tg } \sigma, \times 10^4$ ( $10^{10}$ Гц, $20^{\circ}\text{C}$ )	Коэффициент теп- лопроводности $\lambda \times 10^{-2}$ Вт / (м-град)	ТКЛР, $\times 10^{-7}$ (град $^{-1}$ )
1	2	3	4	5
Ситалл СТ-38-1	7,3-8,0	15	0,038	38
Сапфир	9,9	1	0,251	50-67
Поликор (99,8%)	9,8	1	0,251	75
А-995(99,8%)	9,65	1	0,167	62
ГМ (99,6%)	9,8	1	0,167-0,251	80
Сапфирит (98%)	9,3-9,6	1	0,209-0,251	—
22ХС (94,4%)	9,3	10	0,134	61
Брокерит (97%)	6,8	6	1,67	75-92
Кварц	3,78	1	0,059 - 0,096	5,5

Рассмотрим материалы подложек ГИС.

*Подложки из ситалла* широко применяются при изготовлении тонкопленочных и тонкопленочных гибридных ИМС. Ситалл - продукт кристаллизации стекла с мелкими (0,01 - 1 мкм) кристаллитами. Ситаллы занимают промежуточное положение между стеклами и керамикой. Ситаллы различных марок содержат оксиды кремния (30-90%), а также оксиды титана, магния, бора и др. Благодаря наличию мелкокри-



сталической фазы, ситаллы обладают более высокой механической прочностью по сравнению со стеклами (примерно в два раза), что весьма важно, так как при малых толщинах подложек (0,5-1,0 мм) последние подвергаются значительным механическим (при обработке, монтаже) и термическим (при напылении) напряжениям. Ситалл хорошо обрабатывается, полируется, он обладает малой газопроницаемостью и выдерживает большие перепады температур.

*Подложки из поликора* применяются преимущественно при изготовлении тонкопленочных и тонкопленочных гибридных СВЧ ИМС.

Поликор изготавливают из корундовой керамики, содержащей около 99,8% оксида алюминия. В поликоре удачно сочетаются относительно высокая диэлектрическая проницаемость с малыми диэлектрическими потерями на СВЧ.

*Подложки из керамики* на основе оксида алюминия широко применяются при изготовлении различных микросхем, преимущественно толстопленочных ГИС.

Керамические подложки сравнительно дешевы, имеют низкие потери, относительно высокую диэлектрическую проницаемость, малые температурные изменения электрофизических параметров, высокую теплопроводность, что позволяет изготавливать мощные схемы. К недостаткам керамических подложек следует отнести трудности, связанные с их полировкой - поверхность керамики после спекания всегда шероховатая, и вследствие этого шумы выше, чем у ситалла или поликора, а также относительно низкую механическую прочность.

Наибольшее распространение получили две группы керамики, отличающиеся содержанием оксида алюминия. В первую группу, для которой содержание оксида алюминия составляет 98-99%, входят такие керамики, как А-995, ГМ, сапфирит и др. Керамики первой группы применяются преимущественно для подложек СВЧ микросхем.



Во вторую группу, для которой содержание оксида алюминия составляет 93-96%, входят такие керамики, как 22ХС, ВВХ и др. Керамики второй группы применяются преимущественно для подложек толстопленочных ИМС. Шероховатая поверхность керамики способствует повышению адгезии при вжигании проводящих, резистивных и диэлектрических паст толстопленочных микросхем.

Керамические подложки на основе окиси бериллия (брокерит) используют для мощных ГИС, так как они имеют теплопроводность на порядок выше, чем обычные керамики на основе оксида алюминия. Однако, при обработке и получении бериллиевой керамики выделяется токсичная пыль, поэтому необходимо принимать специальные меры предосторожности, усложняющие производство и ограничивающие применение брокерита.

*Подложки из кварца* применяются для создания в микросхемах стабильных фильтров, генераторов и других активных элементов на основе пьезоэлектрических свойств.

*Металлические подложки* - титановые, алюминиевые, покрытые слоем диэлектрика толщиной в несколько десятков мкм (40-60 мкм) или эмалированные стальные. Применяются для изготовления тонкопленочных гибридных ИМС в случаях, когда требуется обеспечить хороший теплоотвод, высокую механическую прочность и жесткость конструкции. Металлические подложки, также как и керамические, могут являться элементом корпуса ИМС.

*Гибкие подложки из полимерных материалов* используются для создания тонкопленочных гибридных ИМС, БИС и микросборок. Наибольшее распространение получили полиимидные пленки толщиной 40-50 мкм (до 100 мкм). Полиимид - класс термостойких полимеров, природа молекул которых определяет высокую прочность, химическую стойкость, тугоплавкость. Полиимидная пленка работоспособна при температуре 200°C в течение нескольких лет. Она легко подвергается



травлению в концентрированных щелочах, что позволяет создавать в ней сквозные отверстия и получать электрические переходы при формировании многослойной металлической разводки, допускает 2-х стороннюю обработку, вакуумное нанесение пленочных материалов. Имеет малые толщину и массу, высокую ударопрочность и изгибистость. Недостатком является сравнительно высокое влагопоглощение (1-3% за 30 суток), поэтому полиимидная пленка нуждается в технологической сушке и защите.

*Подложки из сапфира* являются перспективными для применения в различных типах микросхем, как тонкопленочных гибридных, так и полупроводниковых, преимущественно ВЧ и СВЧ - диапазонов. Сапфир представляет собой монокристаллический оксид алюминия. Он обладает весьма малыми диэлектрическими потерями на СВЧ, высокой теплопроводностью, механической прочностью, устойчивостью к воздействию высокой температуры, влаги, излучений. Сапфир хорошо полируется до 14 класса чистоты.

На сапфире возможно осаждение кремния, арсенида галлия и др. с целью создания активных элементов и формирования на подложке микросхем типа "кремний на сапфире". Широкое применение сапфировых подложек ограничивается трудностями его изготовления и высокой стоимостью.

### Элементы ГИС

Основными пассивными элементами ГИС являются пленочные резисторы, конденсаторы, спирали индуктивностей, проводники и контактные площадки.

#### *Резисторы.*

На рис. 2, 3 приведены типичные конструкции резисторов. Наиболее распространены резисторы прямоугольной формы как самые простые в изготовлении.

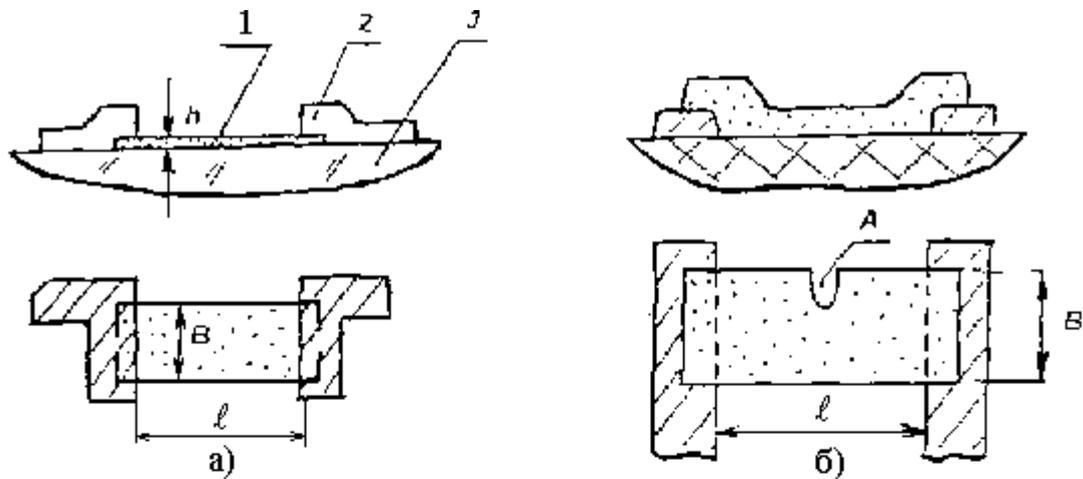


Рис. 2. Конструкции прямоугольных резисторов:  
тонкопленочного (а) и толстопленочного (б). 1 - резистор;  
2 - контактная площадка; 3 - подложка; А - участок подгонки

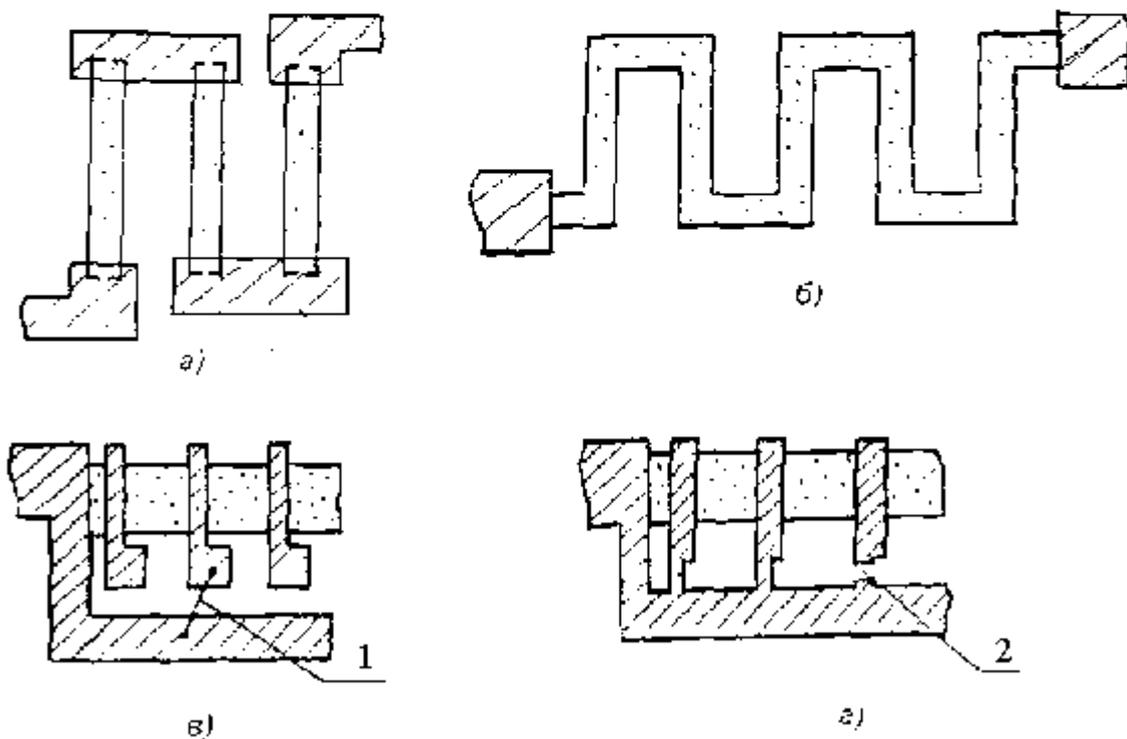


Рис. 3. Конструкция тонкопленочных резисторов сложной  
формы: а) составные полоски; б) меандр; в,г) - подстроечные;  
1 - проволочная перемычка; 2 - участок реза



Тонкопленочные резисторы с большим номинальным сопротивлением (резисторы большой длины) изготавливают в виде меандра (рис. 3б) или составных полосок (рис. 3а) в зависимости от метода формирования конфигураций элементов. Наиболее простые по форме - толстопленочные резисторы, но они в процессе изготовления для получения заданной точности требуют лазерной подгонки. Они формируются в последнюю очередь и располагаются поверх контактных площадок в отличие от тонкопленочных резисторов (сравн. рис. 2а и 2б). Толщина тонкопленочных резисторов много меньше, чем проводников. Кроме того, резистивные пленки являются адгезионным подслоем для контактных площадок.

Для определения сопротивления пленочного резистора вводится понятие — поверхностное сопротивление квадрата резистивной пленки  $p_{\text{п}}$ . Оно связано с удельным объемным сопротивлением  $p_v$  следующим образом:

$$R = p_v \frac{l}{h \cdot b}$$

где:  $R$  - сопротивление резистора, Ом;

$p_v$  - удельное объемное сопротивление, Ом·см;

$l, b$  - длина и ширина резистора, см.

Обозначим  $K_{\phi}$  - коэффициент формы резистора

$$K_{\phi} = \frac{l}{b}$$

Сопротивление резистора квадратной формы ( $l = b$ ) толщиной  $h$  равно

$$R = \frac{p_v}{h} = p_n \quad \text{Ом/м}$$

где  $p_n$  - поверхностное сопротивление квадратного резистора определенной толщины пленки.



Тогда сопротивление любого пленочного резистора

$$R = \rho_n \cdot K_{\phi}, \text{ Ом}$$

Действительно, для двух пленочных резисторов, изготовленных из одного материала, имеем (рис. 4)

$$R_1 = \rho_n \cdot K_{\phi 1};$$

$$R_2 = \rho_n \cdot K_{\phi 2};$$

$$K_{\phi 1} = K_{\phi 2} = 5;$$

Тогда  $R_1 = R_2$

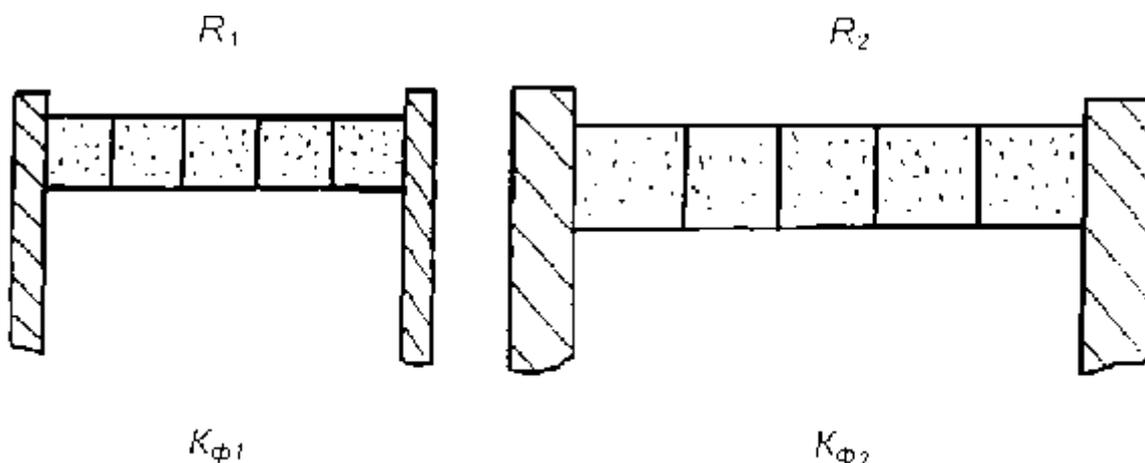


Рис. 4. Сопротивления пленочных резисторов не зависят от геометрических размеров при одинаковых размерах  $\rho_n$  и  $K_{\phi}$ .

Т. е. сопротивление резистора определяется материалом пленки, его толщиной, коэффициентом формы и не зависит от размеров квадрата.

**Конденсаторы.** Конструкции пленочных конденсаторов приведены на рис. 3. Емкость пленочного конденсатора  $C$  определяется по формуле:

$$C = \frac{0,0885\epsilon}{d} \cdot S, \text{ пФ}$$

где:  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость материала диэлектрика;

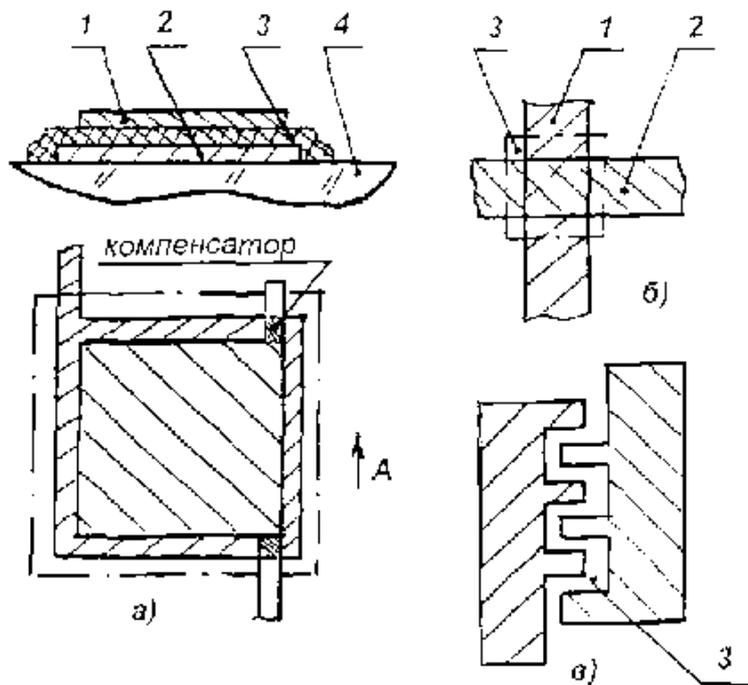


Рис. 5. Конструкции пленочных конденсаторов с площадью верхней обкладки более 1 мм<sup>2</sup> (а); с площадью верхней обкладки до 1 мм<sup>2</sup> (б); гребенчатый (в). 1,2 - верхняя и нижняя обкладки; 3 - диэлектрик; 4 - подложка; 5 - вывод верхней обкладки

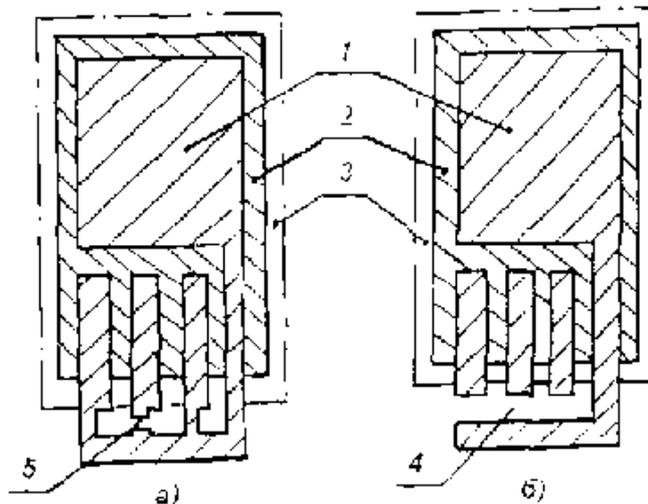


Рис. 6. Конструкции пленочных конденсаторов с разрезаемыми (а) и привариваемыми (б) перемычками: 1,2 - верхняя и нижняя обкладки; 3 - диэлектрик; 4 - перемычка; 5 - область реза



$d$  - толщина диэлектрика, см;  $S$  - площадь перекрытия обкладок, см.

Удельная емкость:

$$C_0 = \frac{0,0885\epsilon}{d}$$

Тогда емкость конденсатора:

$$C = C_0 \cdot S.$$

Для устранения погрешности совмещения служит компенсатор, который располагают против вывода верхней обкладки. При смещении верхней обкладки в направлении стрелки  $A$  площадь перекрытия под пленочным проводником (показана мелкой штриховкой) увеличится, а под компенсатором - настолько же уменьшится. В результате общая площадь перекрытия, а, следовательно, и емкость конденсатора останутся без изменений. При смещении верхней обкладки в направлении, противоположном стрелке  $A$ , емкость также останется без изменений. При большой площади верхней обкладки эта погрешность мала и компенсатор не применяют.

На рис.5 б приведена конструкция конденсатора с площадью обкладки менее  $1 \text{ мм}^2$ . Емкость такого конденсатора определяется площадью перекрытия обкладок, смещение которых не влияет на его емкость.

В гребенчатых конденсаторах емкость определяется диэлектрическим зазором между зубьями гребенок (рис.5 в). Гребенчатые конденсаторы имеют малую емкость.

Конструкции подстроечных конденсаторов представлены на рис.6. Подстройка таких конденсаторов аналогична подстройке резисторов (см.рис. 3 в, г).

Подгонка пленочных конденсаторов осуществляется надрезанием верхней обкладки лучом лазера.

*Индуктивные элементы.* Конструкции пленочных индуктивных элементов в виде круглой и прямоугольной спиралей приведены на рис.7. Прямоугольная форма



спирали предпочтительней как более технологичная и обеспечивающая более высокую интегральную плотность.

Пленочные индуктивные элементы характеризуются следующими параметрами:  $L$ ,  $Q$ .

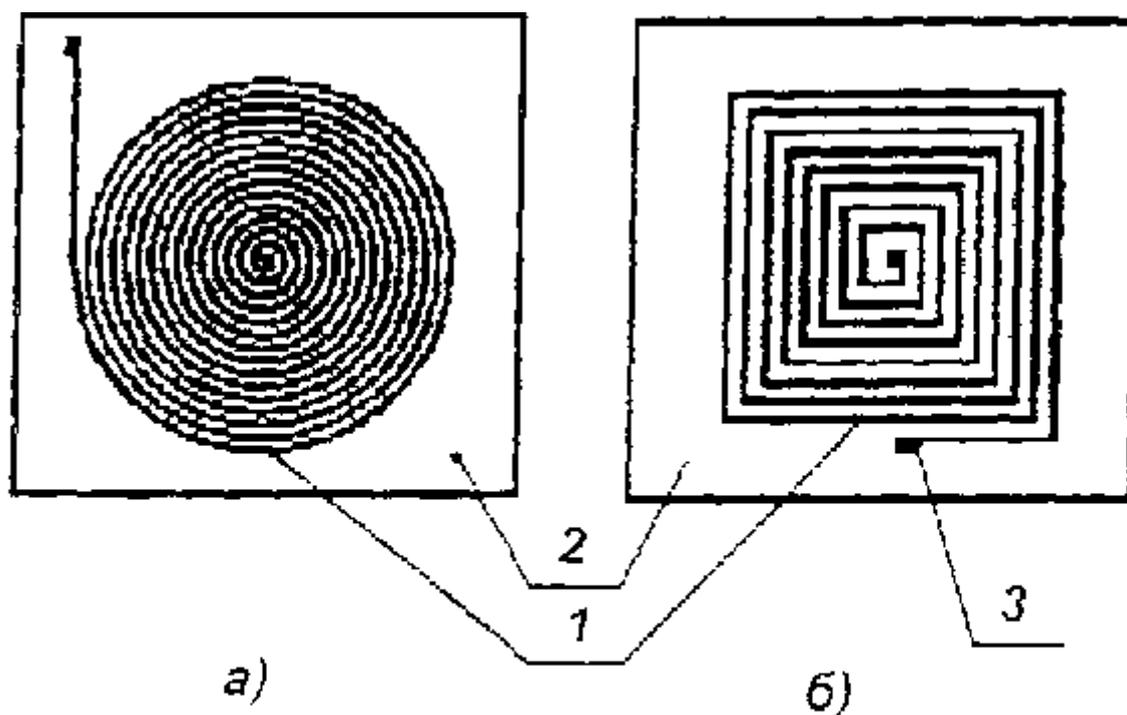


Рис. 7. Конструкции пленочных индуктивных элементов в виде круглой (а) и прямоугольной (б) спиралей: 1 - пленочный проводник; 2 - подложка; 3 - контактная площадка

Индуктивность численно равна магнитному потоку, охватываемому контуром (пленочной спиралью) при силе тока в контуре, равной единице

$$L = \frac{\Phi}{J}$$

где:  $\Phi$  - магнитный поток;  $J$  - сила тока



Добротность - отношение реактивного сопротивления пленочной спирали к ее активному сопротивлению

$$Q = \frac{\omega \cdot L}{R}$$

где  $\omega$  - круговая частота;  $R$  - активное сопротивление.

Пленочные индуктивные элементы имеют индуктивность  $L = 0,1-10$  мкГн и добротность  $Q = 50-200$ .

Малая индуктивность объясняется плоской конструкцией пленочной спирали, в которой трудно сконцентрировать магнитный поток, а низкая добротность - относительно высоким сопротивлением пленочного проводника спирали.

В ГИС не всегда целесообразно, а иногда и невозможно изготовить пленочные пассивные элементы с заданными параметрами. В таких случаях применяют резисторы, конденсаторы и спирали индуктивностей в виде компонентов.

### Компоненты ГИС

В качестве компонентов ГИС применяют диоды и диодные матрицы, транзисторы и транзисторные матрицы, полупроводниковые ИМС, конденсаторы, наборы прецизионных резисторов и конденсаторов, индуктивности, дроссели, трансформаторы. Компоненты могут иметь жесткие и гибкие выводы.

Способ монтажа компонентов на плату должен обеспечить фиксацию положения компонента и выводов, сохранение его целостности, параметров и свойств, а также отвод теплоты, сохранение целостности ГИС при термоциклировании, стойкость к вибрациям и ударам. На рис.8 показаны способы установки, крепления и присоединения выводов компонентов ГИС.

Монтаж компонентов с гибкими выводами наиболее прост, так как уменьшается количество пересечений пленочных проводников, ведь гибкие выводы могут ид-



ти поверх защищенной пленочной разводки. Недостатки метода - высокая трудоемкость операций монтажа, так как каждый вывод припаивается (приваривается) отдельно и, как следствие, низкая надежность, трудность автоматизации. Монтаж компонентов с жесткими выводами, напротив, позволяет автоматизировать процесс, снизить трудоемкость монтажа, повысить надежность, но при этом усложняется топология проводников и межсоединений, да и изготовление жестких выводов технологически намного сложнее, чем гибких.

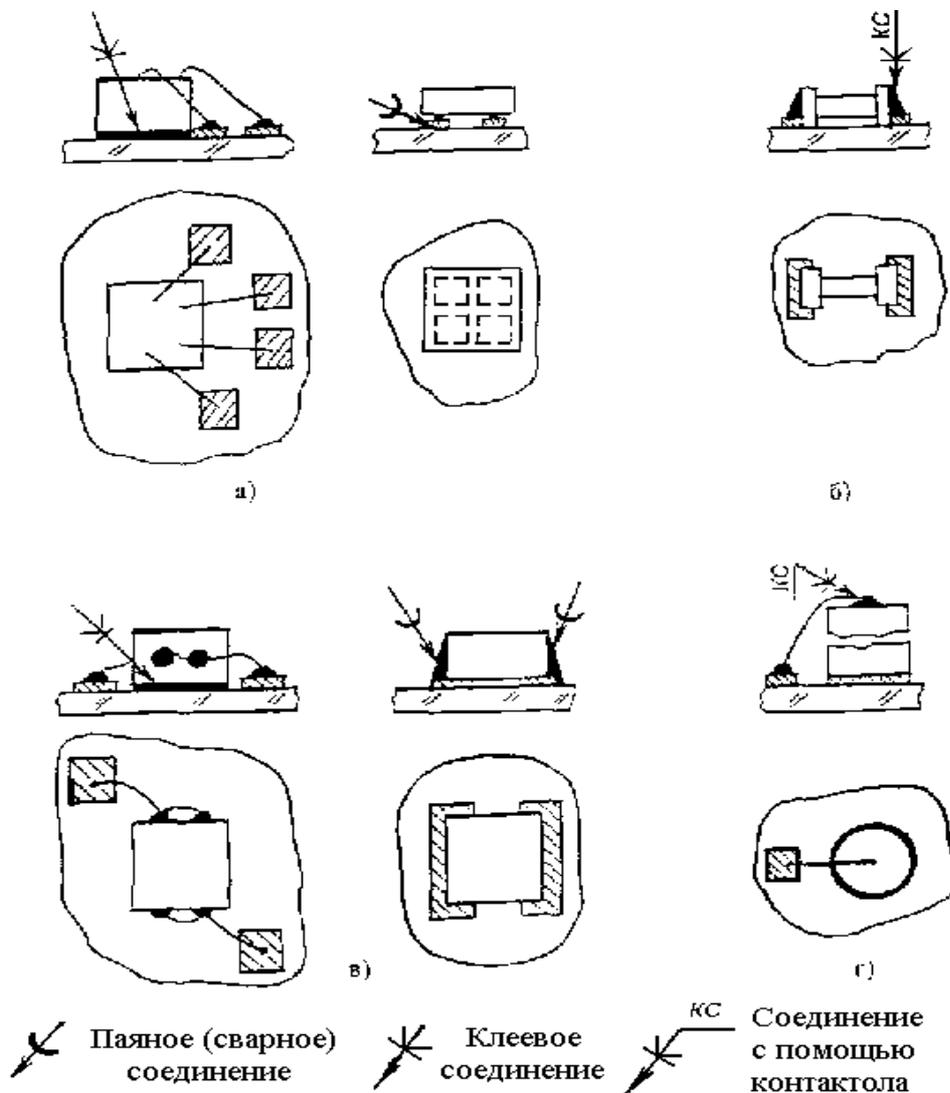


Рис. 8. Способы крепления компонентов ГИС и присоединения их выводов: а) транзисторов и диодов; б) резисторов; в) конденсаторов; г) катушек индуктивности и др. компонентов



### Корпусные и бескорпусные ГИС

Корпусные и бескорпусные ГИС характеризуются различной ненадежностью, помехозащищенностью, технологичностью, что определяет их стоимость и область применения. Бескорпусные ГИС проще по конструкции, более технологичны и дешевы, но имеют меньшую помехозащищенность и надежность по сравнению с корпусными ГИС. В качестве защитных покрытий бескорпусных ГИС используют лаки, смолы, легкоплавкие стекла, эмали, компаунды и проч.

Платы корпусных ГИС крепят к основанию корпуса клеем или специальной клеевой пленкой с перфорацией для растекания клея в процессе термообработки при сушке. Платы СВЧ микросхем имеют металлизированную обратную сторону подложки. Их крепят к основанию корпуса пайкой или сваркой. Возможно механическое крепление платы к основанию корпуса, а также заливка стеклоэмалью.

### Топология ГИС

Под топологией понимается взаимное размещение и соединение элементов микросхемы. Примеры топологии ГИС приведены на рис. 9-11.

Исходными данными для разработки топологии являются:

1. технология изготовления (тонкопленочная, толстопленочная и др.), принятая для микросхем данной серии;
2. принципиальная электрическая схема;
3. принятый способ защиты (корпусная, бескорпусная) микросхема данной серии.

При разработке топологии учитываются технологические, схематические и конструктивные требования и ограничения.

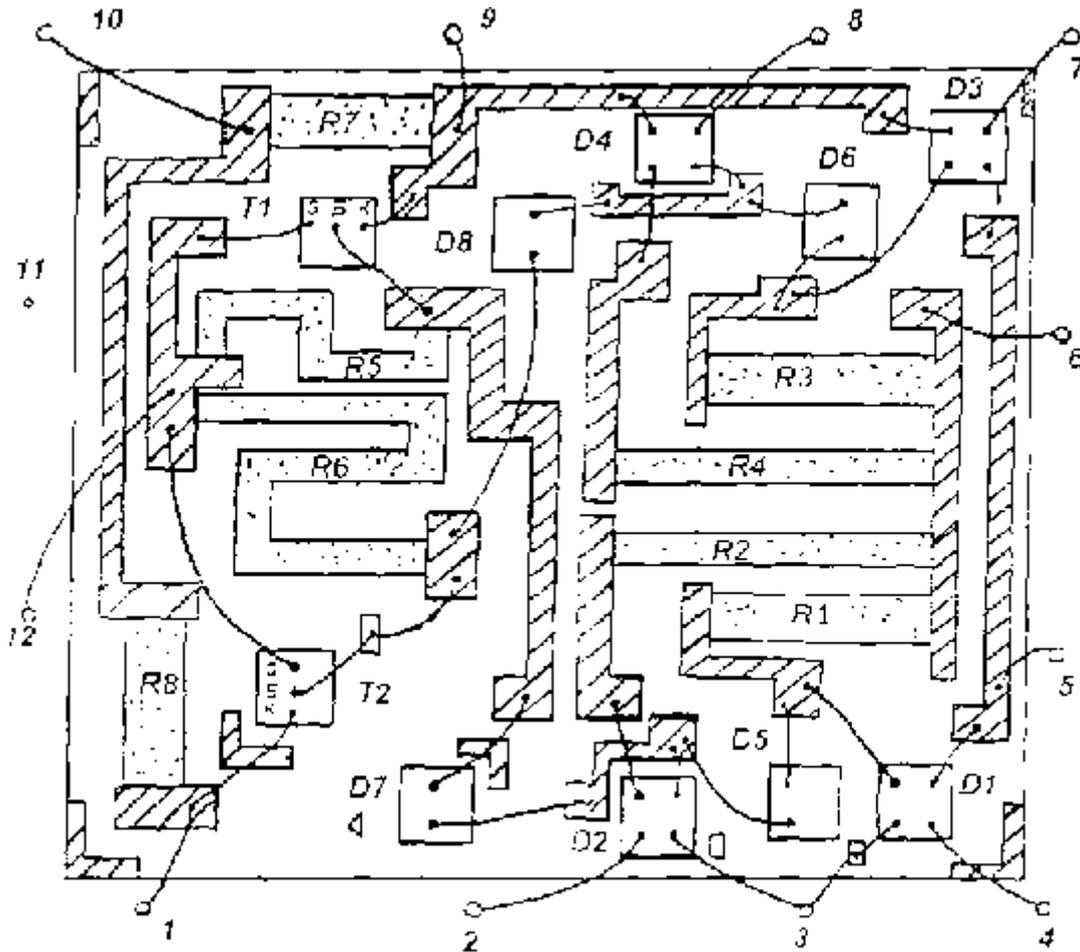


Рис. 9. Топология тонкопленочной ГИС.

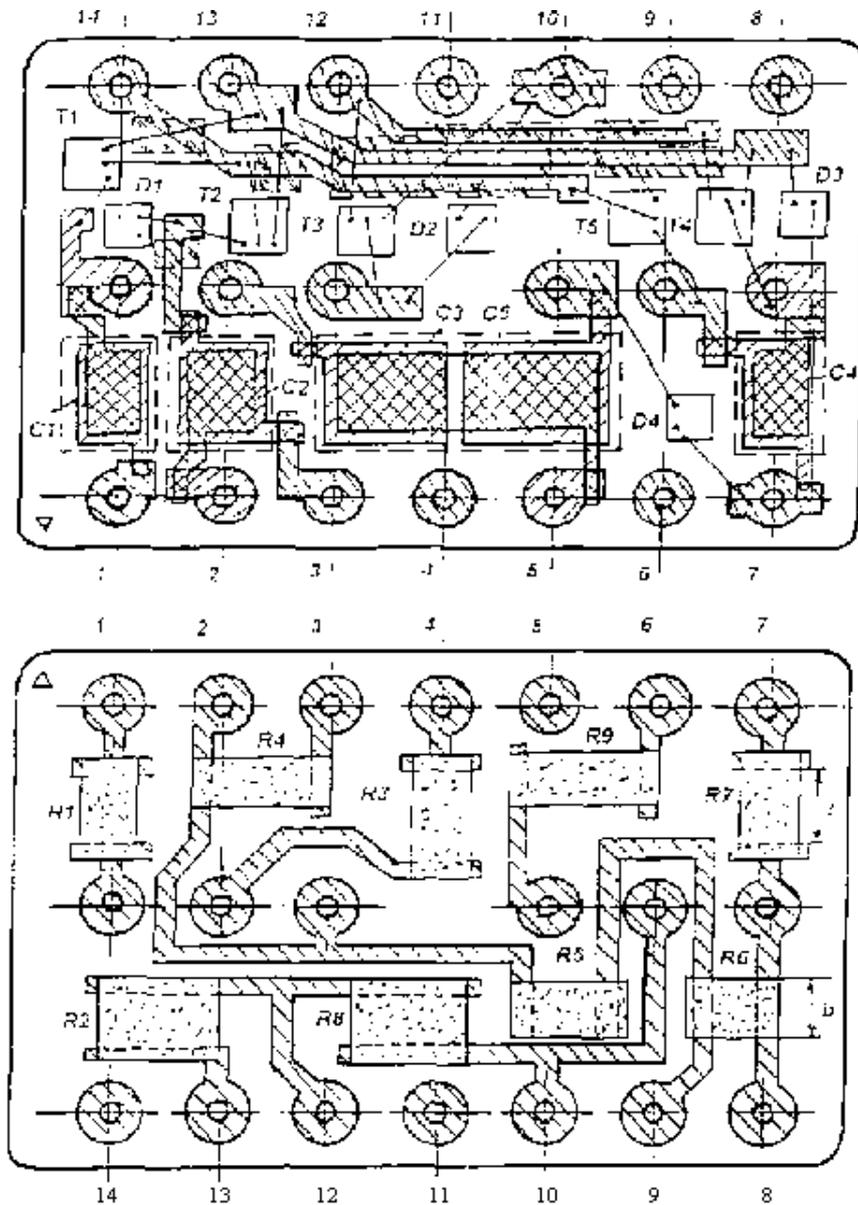
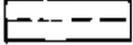
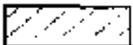
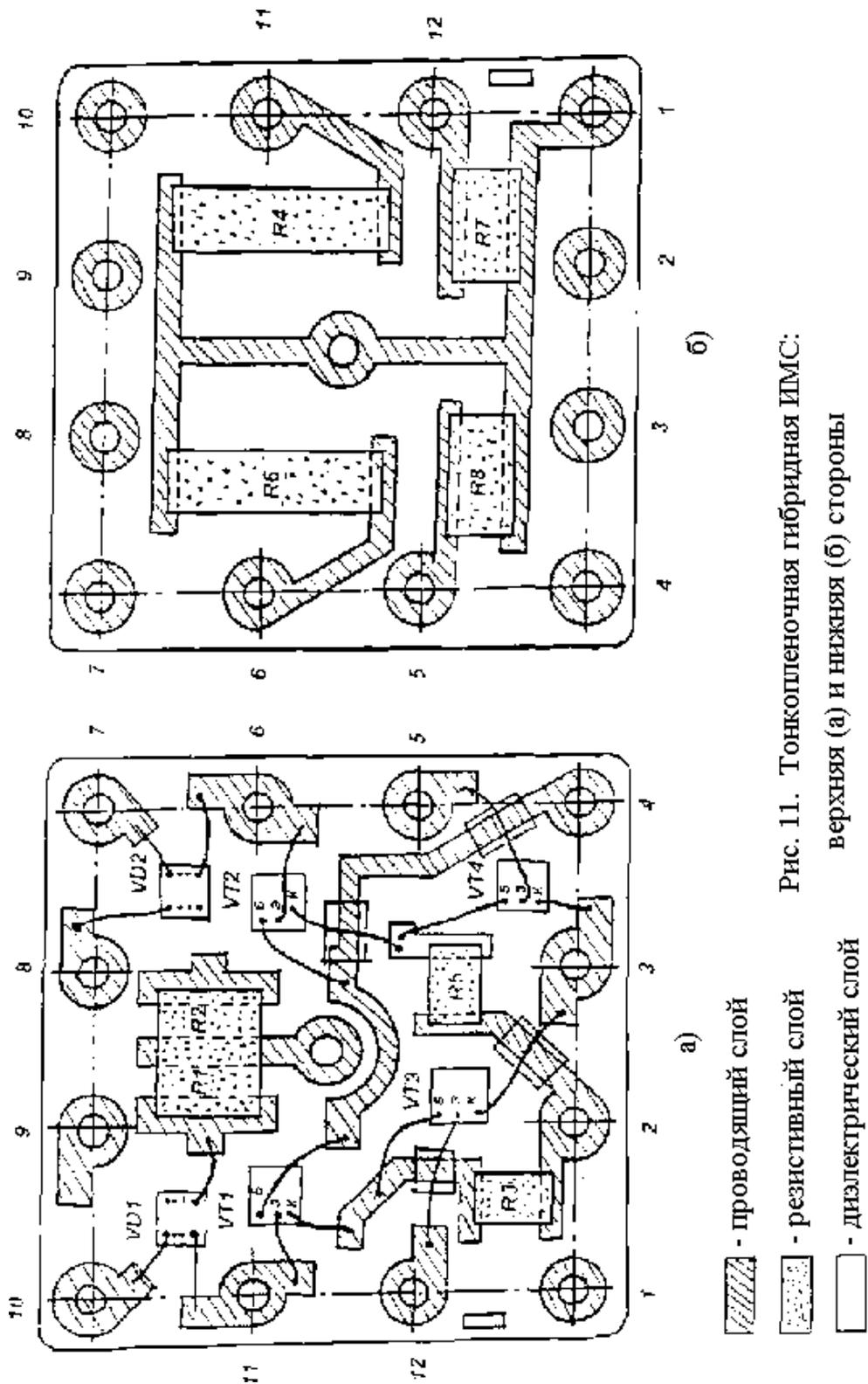


Рис. 10. Толстопленочная ГИС.

- |   |   |
|---|---|
|  - резистивный слой                                |  - диэлектрик конденсатора |
|  - верхняя обкладка конденсатора и проводящий слой |  - защитный слой           |
|  - нижняя обкладка конденсатора и проводящий слой  |   |





### Технологические требования и ограничения

1. Минимальная ширина пленочных проводников:

- 100 мкм при масочном способе;
- 50 мкм при фотолитографическом способе.

2. Минимально допустимое расстояние между пленочными элементами:

- 300 мкм при масочном способе
- 100 мкм при фотолитографическом способе.

3. Не допускается установка навесных компонентов на пленочные конденсаторы, спирали индуктивностей и пересечения пленочных проводников. Допускается установка навесных компонентов на пленочные проводники и резисторы, защищенные диэлектриком.

4. Минимальные расстояния между навесными компонентами - 0,4 мкм.

5. Максимальная длина гибкого вывода без дополнительного закрепления - 3,0 мм.

Примечание. Дополнительное закрепление производится точечным приклеиванием гибкого вывода к подложке.

6. Топологические чертежи должны выполняться в прямоугольной системе координат. Применение наклонных линий не рекомендуется. Наклонные линии допускаются только в тех случаях, когда их использование приводит к существенному упрощению формы пленочного элемента.



### Схемотехнические требования и ограничения

1. Входная и выходная цепи микросхемы должны быть максимально разнесены на плате для минимизации паразитных обратных связей между входом и выходом.

2. Компоненты (элементы) большой мощности необходимо располагать в центре платы для улучшения теплоотвода.

К схемотехническим относятся также ограничения по мощности, частоте, помехозащищенности и др.

### Конструктивные требования и ограничения

1. Для всех микросхем данной серии необходимо использовать унифицированные (одинаковые) корпуса. Для бескорпусных микросхем следует применять унифицированное защитное покрытие.

2. Каждый корпус должен иметь ключ, обозначающий первый вывод микросхемы.

3. Каждая плата должна иметь ключ в виде нижней левой контактной площадки с вырезом или специального знака, например, в форме треугольника.

4. Контактные площадки рекомендуется располагать по периферии платы.

Приведенные технологические, схемотехнические и конструктивные требования и ограничения - это отдельные примеры, иллюстрирующие их сущность. Полное изложение требований и ограничений, учитываемых при разработке топологии, приводится в руководящих технических материалах предприятий, изготавливающих микросхемы, и в учебных пособиях [2].

Пленочная часть микросхемы (платы) состоит из нескольких слоев: резистивных, проводящих, диэлектрических.



### Последовательность нанесения слоев тонкопленочной гибридной микросхемы

- 1) резисторы;
- 2) проводники и контактные площадки;
- 3) межслойная изоляция;
- 4) проводники;
- 5) нижние обкладки конденсаторов;
- 6) диэлектрик конденсаторов;
- 7) верхние обкладки конденсаторов;
- 8) защитный слой.

В зависимости от номенклатуры элементов микросхемы и от ее сложности некоторые слои могут отсутствовать. Каждый пленочный слой микросхемы изготавливается с помощью масок или фотошаблонов.

### Последовательность нанесения слоев толстопленочной микросхемы

- 1) проводники, контактные площадки и нижние обкладки конденсаторов;
- 2) диэлектрик конденсаторов;
- 3) верхние обкладки конденсаторов;
- 4) резисторы;
- 5) защитный слой.



## Лабораторное задание

### Домашнее задание.

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Подготовить начальную часть отчета, содержащую титульный лист, цель работы и краткие теоретические сведения.
3. Подготовить форму табл. 1 и 2 приложения, расположив их вдоль широкой стороны листа.
4. Подготовить один лист миллиметровки формата А4 ( машинописный лист), карандаш, резинку.
5. Подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

### Работа в лаборатории.

1. Изучить подложки ГИС.
2. Изучить конструкции ГИС.



## Аппаратура

Для выполнения работы используется следующая аппаратура:

— Лабораторный макет, состоящий из кассеты с образцами, лупы и микроскопа.

Номер кассеты состоит из двух групп цифр: 1-ая цифра в 1-ой группе цифр обозначает номер лабораторной работы, 2-ая цифра обозначает номер кассеты в данной лабораторной работе; 1-ая цифра во второй группе цифр обозначает номер варианта, 2-ая цифра обозначает номер образца.

### *Внимание!*

Пластины с образцами очень хрупки. После рассмотрения пластин сразу же ставьте их в кассету.

При выполнении лабораторной работы недопустимо касаться поверхности микросхем. О замеченных неисправностях необходимо сообщить преподавателю.

## Порядок выполнения работы

### 1. Изучение подложек ГИС

В кассете представлены образцы подложек с номерами от 01 до 05:

- 01 - ситалл ( СТ 38-1 );
- 02 - поликор;
- 03 - керамика;
- 04 - металлическая (титалан );
- 05 -полиимид.



Запомните характерные признаки внешнего вида подложек ( матовая или зеркальная поверхность, цвет ).

Укажите область применения подложек, параметров и характеристики подложек, определяющие их применение (  $\epsilon$ ,  $tg \sigma$ , ТКЛР,  $\lambda$  ).

Необходимые данные по параметрам см. в табл.1. Результаты анализа занесите в форму таблицы 1 приложения.

## **2. Изучение конструкций ИМС**

Внимательно рассмотрите каждую микросхему.

Определите тип микросхемы — пленочная или гибридная, тонко или толстопленочная.

По обозначению ИМС определите номер серии. Функциональное назначение ИМС приведено в табл. 2.

Найдите на микросхеме ключ, пассивные, активные, технологические и конструктивные элементы. Определите количественные параметры ИМС — степень интеграции  $K$  и интегральную плотность  $\omega$  и  $\omega'$ . Для расчета используйте данные таблицы 2.

Результат занесите в форму таблицы 2 приложения.

Выполните эскиз топологии в варианте, указанном в таблице и обозначьте на топологии элементы принципиальной электрической схемы.



Таблица 2.

Функциональное назначение ИМС.

Обозначение Микросхемы	Выполняемая функ-	Общее коли- тво элемен-	Размеры под Ложки, ММ	Размеры Корпуса, мм
ЧИМ-1-012-С ЧИМ-6- 12.100М-В ЧИМ-1-009-У ЧИМ-7-22.91 ОМ-36 ЧИМ-1-013-У	Частотно- импульсный модулятор	49 64 56 66 56	32x20	39x29
230ИК	Цифровое устройство Комбинированное	30	34x23	36x24
221ЛР1	Логический элемент И-ИЛИ-НЕ	19	16x9	16,2x9,2
218ТК1	Триггер с комбини- рованным запуском	27	16x8	19,5x14,5
МЦ-Э-081-001	Видео усилитель	20	21x16	30x20
МЦ-Э-027 ГУ	Генератор универ-	20	22x16	30x20
МЦ-Э-081 -002	Ограничитель подне-	41	22x16	30x20
МЦ-Э-081-007	Модулятор звуковой	32	22x16	30x20
МЦ-Э-081-008	Усилитель	41	22x16	30x20

Топологию выполняйте на миллиметровке формата А4. Найдите на микросхеме ключ. На топологии он должен находиться в левом нижнем углу платы. Выберите масштаб 10:1. Размеры подложки приведены в табл.2. Точное соблюдение размеров элементов не требуется.

Для толсто пленочных микросхем необходимо выполнить топологию обеих сторон платы. Заштрихуйте элементы так, как это показано на примерах, приведенных на рис. 9-11.



Покажите результаты преподавателю. По его указанию определите отношение номиналов двух резисторов и емкостей конденсаторов.

### Требования к отчету

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) цель работы;
- 3) короткие теоретические сведения;
- 4) результаты выполнения п.1,2 задания, сведенные в табл. 1,2;
- 5) эскиз топологии микросхемы своего варианта с обозначенной на ней элементами принципиальной электрической схемы;
- 6) значения визуальной оценки отношения сопротивлений резисторов или емкостей конденсаторов микросхемы своего варианта.



### Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуются микросхемы?
2. Как обозначаются микросхемы?
3. Какие конструкции пленочных резисторов, конденсаторов и индуктивных элементов вам известны?
4. Какими параметрами характеризуются пленочные резисторы, конденсаторы и индуктивные элементы?
5. Что такое топология интегральной микросхемы?
6. Дать определение интегральной микросхемы.
7. Что такое активные и пассивные элементы ИМС?
8. Дать определение тонкопленочной и толстопленочной микросхемы. Характерные признаки этих микросхем.
9. Дать определение гибридной микросхемы. Характерные признаки гибридных микросхем.
10. Каким требованиям должны удовлетворять подложки микросхем? Каково назначение различных типов подложек?
11. Каким образом реализуется изоляция элементов в микросхемах?
12. Какими параметрами характеризуются ИМС? Как они определяются?
13. Дать определение серии ИМС.
14. Как обозначаются ИМС, каковы основные элементы обозначения?
15. Указать различие в определениях "плата" и "кристалл". К каким типам ИМС относятся эти понятия?
16. Что называется контактной площадкой и корпусом ИМС?  
Для чего они предназначены?



17. На каких исходных данных основывается разработка топологии интегральных микросхем?
18. Приведите примеры технологических требований и ограничений.
19. Приведите примеры схмотехнических требований и ограничений.
20. Приведите примеры конструктивных требований и ограничений.
21. Оцените сопротивление пленочного резистора, указанного преподавателем, при заданном поверхностном сопротивлении  $\rho$ .
22. Оцените отношение сопротивлений двух пленочных резисторов, указанных преподавателем на микросхеме.

### Литература

1. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. М., Радио и связь, 1989.
2. Конструирование и технология микросхем. М., Высшая школа, 1984. Под ред. Коледова Л.А.



## Приложения

Форма таблицы 1

### Подложки ГИС

№ п/п	Материал подложек	Характерные признаки внешнего вида	Область преимущественного применения (для каких типов ИМС)	Параметры и характеристики, определяющие область применения

Форма таблицы 2

### Характеристики и параметры ГИС

№ п/п	Обозначение микро-схемы	Тип микро-схемы	Выполняемая функция	Общее кол-во эл-тов	В том числе					Параметры			Способ монтажа компо-	
					Пленочные		навесные С	транзисторы и диоды	кристаллы	прочее	K	co   мм <sup>2</sup>		сч' мм <sup>2</sup>
					R	C								



Схемы электрические принципиальные

