

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

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

АНАЛИЗ И ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ  
МИКРОСБОРОК

Утверждено редакционным советом  
института в качестве методических  
указаний к лабораторной работе № 3

Куйбышев 1984

УДК 621.382.83

Описываются методы компоновки микросборок, коммутационные платы, методы монтажа микросборок. Изучается конструкция функциональной ячейки с микросборками, определяется метод получения пассивных элементов, метод формирования рисунка пассивной части микросборок. Предлагается определить плотность упаковки и степень интеграции микросборок и функциональной ячейки. Воспроизводятся схемы технологического процесса микросборок и функциональной ячейки.

Рекомендуется для студентов специальности 0705.

Составители: А.В.Волков, М.Н.Пиганов

Рецензенты: доц. В.Ф.Соколов, д-р Б.А.Рожков

Ц е л ь р а б о т ы – изучение конструкций микросборок (МСБ), методов их компоновки и технологических особенностей изготовления.

З а д а н и я :

1. Изучить конструкцию функциональной ячейки с микросборками. Определить размеры и материал печатной платы и плат МСБ.

2. Определить количество компонентов и кристаллов и метод их монтажа. Определить число и метод получения пассивных элементов, а также метод формирования рисунка пассивной части МСБ.

3. Подсчитать плотность упаковки и степень интеграции каждой МСБ и функциональной ячейки в целом. Определить метод компоновки МСБ.

4. Воспроизвести схему технологического процесса изготовления МСБ и функциональной ячейки.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

### 1.1. Методы компоновки микросборок

Микросборка (МСБ) – микроэлектронное изделие типа ГИМС или БГИМС, выполняющее определенную функцию и состоящее из элементов, компонентов, и (или) интегральных микросхем (корпусированных и бескорпусных) и других радиоэлементов в различных сочетаниях, разрабатываемое и изготавливаемое разработчиками конкретной аппаратуры для улучшения показателей ее миниатюризации.

Технология изготовления не отличается от технологии изготовления гибридных интегральных микросхем (ГИМС) или больших гибридных микросхем (БГИМС). Чаще, по степени интеграции и функциональной сложности микросборка соответствует БГИМС. Однако МСБ изготавливают специально для конкретной микроэлектронной аппаратуры (МЭА). Они являются изделиями частного применения, изготавливаются на уровне полуфабрикатов, в отличие от ГИМС и БГИМС, представляющих собой самостоятельные законченные изделия общего применения. В зависимости от степени интеграции микросборка может выполнять функции субблока, блока или всего устройства.

При изготовлении МСБ используют два метода компоновки: функциональный и интегрально-групповой. Ф у н к ц и о н а л ь н ы й (интегральный) метод используется при изготовлении МСБ с низким уровнем интеграции или с регулярной структурой. В этом случае последовательно формируются комплексы (группы) пассивных элементов (резисторов, конденсаторов) и коммутационных проводников на одной (общей) подложке, а затем осуществляется монтаж компонентов и полупроводниковых микросхем.

МСБ имеет подложку с многослойной коммутацией (как правило).

Интегрально-групповой метод компоновки (расчленение конструкции на составляющие) используют при изготовлении МСБ с высоким уровнем интеграции или с нерегулярной структурой, когда в ее состав входят самые разнообразные пассивные элементы, компоненты и полупроводниковые бескорпусные микросхемы. Отдельные элементы группируются в конструктивно (а не функционально) законченные составляющие общей конструкции микросборки по технологическому принципу. Эти составляющие компоуются в конструктивно и функционально законченный узел — м и к р о с х е м у. Так, например, микросборка может состоять из комплекса пленочных резисторов и коммутационных проводников, сформированных на одной подложке, комплекса пленочных конденсаторов и проводников, сформированных на другой подложке, которые совместно с компонентами и полупроводниковыми ИМС монтируются на общей подложке с однослойной или многослойной коммутацией.

Интегрально-групповой метод компоновки МСБ позволяет повысить выход годных изделий и снизить их стоимость, так как в процессе изготовления осуществляется контроль параметров элементов сравнительно простых комплексов, которые поступают на общую сборку. В этом случае возможно гибкое сочетание различных технологий, например, тонко- и толстопленочной, химической и др. Прецизионные пленочные элементы могут изготавливаться отдельно. Такая конструкция МСБ ремонтпригодна, так как возможна замена компонентов на этапе сборки или эксплуатации. Микросборка может содержать до 100 ИМС, следовательно, степень ее интеграции может быть на два порядка выше, чем у БИС.

Недостатком такой конструкции МСБ является повышение стоимости процесса сборки при большом количестве составляющих конструктивов. Стоимость монтажно-сборочных работ составляет более 50% полной стоимости МСБ.

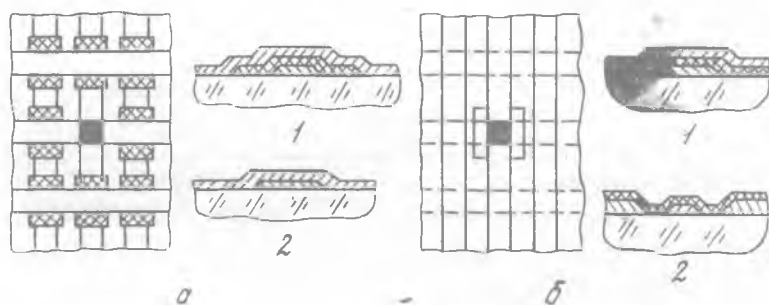
## 1.2. Коммутационные платы МСБ

В микросборках используют, как правило, многослойные коммутационные платы с несколькими слоями проводников. К таким платам предъявляют следующие требования: качественная межслойная изоляция (электрическая прочность межслойной изоляции не менее  $4 \cdot 10^7$  В/см, сопротивление изоляции не менее 1000 МОм); высокая плотность монтажа; малые значения сопротивлений проводников и паразитных емкостей (удельное сопротивление проводников не более 0,01 Ом·см, удельная

емкость между слоями не более  $5 \text{ пф}/\text{см}^2$  при площади пересечения  $0,5 \text{ мм}^2$ ; малое и постоянное во времени переходное сопротивление контактов в областях контактирования проводников разных слоев; высокая механическая прочность; эффективный перенос тепла от элементов, компонентов и кристаллов к теплопроводящим поверхностям; низкая стоимость.

Используются три разновидности многослойных плат: платы с тонкопленочной, толстопленочной или комбинированной коммутацией; многослойные керамические подложки; платы с пленкой-носителем коммутационных проводников.

На рис. I показаны два варианта коммутационных плат с двухслойной пленочной разводкой с изоляцией в областях пересечений провод-



Р и с. I. Варианты коммутационных многослойных плат:  
 а - изоляция в областях пересечения проводников ;  
 б - сплошной слой изоляции; 1 - область изолированного пересечения проводников; 2 - область контакта проводников

ников (а) и со сплошным слоем изоляции и окнами в областях контакта проводников различных слоев (б). Разводка и контактные окна в диэлектрике формируются методами фотолитографии.

Чтобы уменьшить паразитную емкость в областях пересечения коммутационных проводников, либо увеличивают толщину диэлектрического слоя, либо используют материал с малой величиной диэлектрической проницаемости. Первый путь ограничен, так как с ростом толщины изолирующего слоя увеличивается высота ступеньки и затрудняется получение однородного металлического слоя в области ступеньки.

Многослойные толсто пленочные коммутационные структуры получают последовательным нанесением и вжиганием проводящих и изолирующих слоев на керамическую подложку. Температурные коэффициенты линейного расширения подложки, проводящих и изолирующих слоев должны быть согласованы.

Для обеспечения высокого качества трафаретной печати при последовательном нанесении слоев необходимо соблюдать плоскостность, так как при толщинах слоев 20–25 мкм отклонение от плоскостности приводит к эффекту "распаханного поля", что снижает точность размеров рисунка.

В табл. I приведены конструктивно-технологические параметры толсто пленочных коммутационных плат. В процессе получения коммутационной платы можно формировать также толсто пленочные элементы (резисторы и конденсаторы).

Т а б л и ц а I

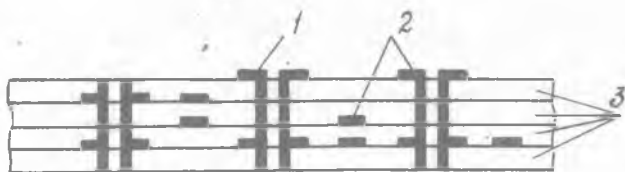
Конструктивно-технологические параметры толсто пленочных коммутационных плат

Наименование параметра	Значение параметра	
	рекомендуемое	предельное
Число слоев проводниковой коммутации	2	5
Минимальная ширина проводников, мм	0,25	0,15
Удельное сопротивление внутренних проводящих слоев, Ом/квадрат	0,03	-
Удельное сопротивление наружных проводящих слоев (после лужения), Ом/квадрат	0,005	-
Расстояние между центрами межслойных переходов, мм	I	0,6
Расстояние между центрами параллельных проводников, мм	0,5	0,3

Тонко пленочная технология позволяет достичь более высокой плотности проводников, чем толсто пленочная. Однако такая коммутация имеет меньшую надежность изоляции в местах пересечения проводников

и процент выхода годных. Тонкопленочная технология иногда используется для изготовления верхнего слоя металлизации в толстопленочных коммутационных платах. Это позволяет повысить плотность монтажа компонентов и полупроводниковых микросхем. Для уменьшения сопротивления коммутационных проводников на них гальваническим методом наращивают слой меди с последующим покрытием никеля.

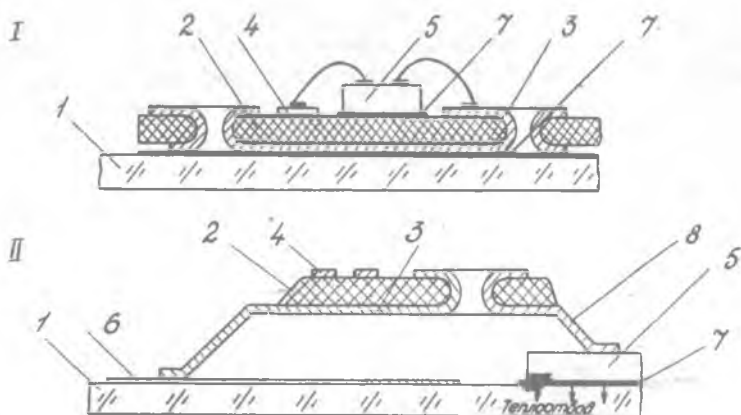
Коммутационные многослойные керамические подложки получают опрессовкой и обжигом нескольких соединенных слоев (рис.2). На поверхность каждого слоя керамики методом трафаретной печати наносят



Р и с. 2. Многослойная керамическая плата: 1 - металлизированное переходное отверстие; 2 - металлическая разводка; 3 - листы керамики

пасту для проводников. После опрессовки и обжига образуется монолитная структура, внутри и на поверхности которой выполнены проводники. Толщина каждого керамического слоя (листа) составляет примерно 100 мкм. Для изготовления плат используют эластичные керамические листы. Межслойные соединения получают покрытием боковых поверхностей отверстий в керамических слоях с помощью пасты или молибденовых столбиков. Паста наносится в процессе формирования рисунка коммутационных проводников. Молибденовые столбики вырубает из фольги и загоняют в подложку. Молибденовые перемычки выдерживают температуру обжига порядка 1400°С. Однако их целесообразно применять только при массовом производстве в связи с высокой стоимостью. Многослойная керамика позволяет увеличить число уровней разводки до шести.

На рис.3 показаны коммутационные платы с пленкой-носителем. В качестве носителя проводников здесь используют полиамидную пленку толщиной 50...60 мкм. Такая пленка изготавливается из термостойкого (до 400°С) высокомолекулярного соединения. Для улучшения адгезионных свойств поверхность полиамидной пленки подвергается активированию (без обработки полиимид слабо взаимодействует с наносимыми



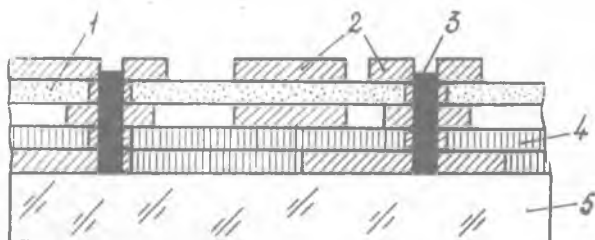
Р и с. 3. Многослойная коммутационная плата с пленкой-носителем: 1 - подложка; 2 - полиимидная пленка; 3 - нижний слой проводников; 4 - верхний слой проводников; 5 - кристалл; 6 - проводники питания; 7 - клей; 8 - консольные выводы

слоями вследствие насыщенности связей его молекул). При активировании в молекулах полимера происходит либо замещение инертного компонента на активную группу, либо разрыв длинной молекулы с образованием кислородосодержащих групп, например,  $\text{CO}$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  и др. Проводящим слоем служит структура  $\text{Cr}-\text{Cu}-\text{Cr}$  толщиной 1...2 мкм, получаемая вакуум-термическим осаждением (на обе стороны пленки) в установках с планетарным вращением подложек. На нее гальваническим методом наращивают слой  $\text{Cu}$  толщиной 20...30 мкм. Перед металлизацией пленку подвергают термообработке для выбора усадки. Затем проводят активационную химическую обработку.

В первом случае (рис.3) используется пленка-носитель, которая приклеивается к ситалловой подложке. Во втором случае (см.рис.3) используется керамическая плата-носитель с первым слоем для разводки питания и пленка с двумя слоями металлизации. Отверстия в пленке получают травлением. Специфическая параболическая форма сечения отверстий обеспечивает высокую надежность при металлизации. Коммутационные проводники полиимидной пленки соединяются с контактными площадками кристаллов и платы-основания с помощью консольных выводов. Для повышения эффективности теплоотвода кристаллы устанавливают непосредственно на плату.



На рис.4 показана плата с трехуровневой разводкой на основе полиамидной пленки-носителя, которая монтируется на ситалловую подложку с помощью столбиковых выводов. На подложке предварительно формируется первый уровень разводки. Для получения межслойных соединений часто используют медные столбики высотой 40-50 мкм, покрытые слоем сплава олово-висмут. Соединение осуществляется методом прямого контактирования под давлением с последующим разогревом системы до 180-200°C. При нагреве происходит оплавление слоев олово-висмут на столбиках и в переходных отверстиях, что обеспечивает получение надежного переходного соединения.



Р и с. 4. Плата с трехуровневой разводкой: 1 - полиамидная пленка; 2 - слой проводников; 3 - столбик; 4 - фоторезист; 5 - ситалловая подложка

В последнее время пленку-носитель устанавливают на анодированную алюминиевую подложку. Это позволяет повысить эффективность стока тепла от компонентов. Такая конструкция достаточно технологична.

В табл.2 дана сравнительная оценка различных типов коммутационных плат.

Т а б л и ц а 2

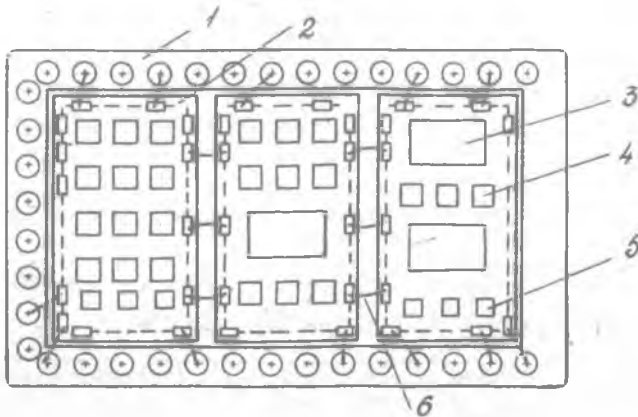
Характеристики многослойных коммутационных плат

Тип платы или технология	Плотность разводки, лин/мм	Число коммутационных слоев	Размер платы, мм	Руд. Вт/см <sup>2</sup>	Механическая прочность в отношении отдельных единиц	
					Ремонтоспособность	Механическая прочность
Толстопленочная технология	1...2	2...6	60x48	0,1	1,0	1,0

Тип платы или технология	Плотность разводки, лин/мм	Число коммутационных слоев	Размер платы, мм	Руд. Вт/см <sup>2</sup>	Механическая прочность в отнositельных единицах	Ремонтоспособность, в отнositельных единицах
Многослойные керамические платы	1...2	2...8	-	0,3	1,0	0,5
Тонкопленочная технология	3...5	2	60x48	0,05	0,5	1,0
Полиимидная пленка на анодированном алюминии	5	2...10	100x100	0,5	10	1,0

### 1.3. Монтаж микросборок

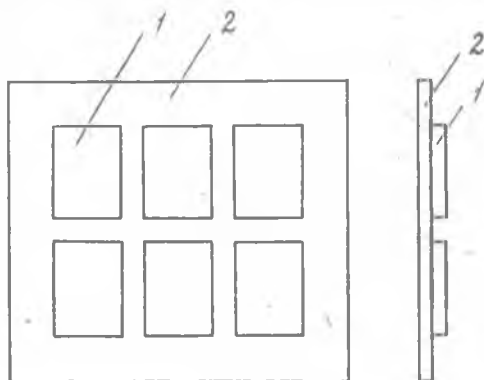
Микросборки устанавливают в корпусах (металлостеклянных), на печатных платах или на рамках ячеек. В первом случае (рис.5) МСБ имеют индивидуальную защиту. Эта конструкция обладает высокой механической прочностью. Безрамочная конструкция на печатной плате (рис.6) имеет низкую механическую прочность. Охлаждение в этом



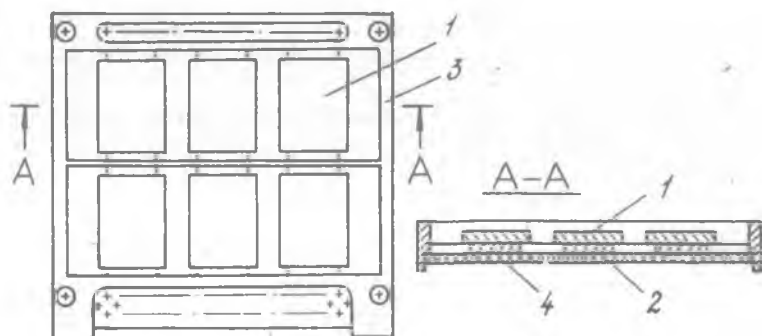
Р и с. 5. Монтаж микросборок в корпусе: 1 - корпус; 2 - микросборка; 3 - минимикросборка; 4 - корпусной компонент; 5 - бескорпусной компонент

случае осуществляется в основном за счет конвекции. Такая конструкция используется в малоэнергетической аппаратуре, которая не подвергается

воздействию значительных механических нагрузок. Рамочная конструкция (рис.7) имеет более высокую механическую прочность и хороший



Р и с. 6. Монтаж микросборок на печатную плату: 1 - микросборка; 2 - печатная плата



Р и с. 7. Монтаж микросборок на раму: 1 - микросборка; 2 - печатная плата; 3 - рама; 4 - планка рамки

теплоотвод. МСБ приклеивается к теплопроводящим планкам рамки. Для электрического соединения контактных площадок МСБ и печатной платы используют навесные проводники. Все МСБ защищают одним или несколькими слоями лака.

Во втором и третьем случаях полную защиту МСБ от внешних воздействий осуществляют на уровне блока.

## 2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит микроскоп МБС-9 (см. инструкцию) и набор функциональных ячеек с микросборками. Работа проводится в форме конструкторского практикума.

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с заданием.
2. Получить функциональную ячейку (ФЯ) с МСБ.
3. Изучить конструкцию ячейки и микросборок.
4. Произвести измерение габаритных размеров платы ФЯ, МСБ и кристаллов полупроводниковых микросхем.
5. Подсчитать число компонентов, кристаллов и пассивных элементов в каждой МСБ.
6. Определить метод монтажа компонентов и кристаллов.
7. По таблице используемых материалов определить метод получения пассивной части МСБ.
8. Замерить ширину пассивных элементов и проводников, определить минимальное значение. Определить метод формирования рисунка пассивной части МСБ.
9. Подсчитать плотность упаковки и степень интеграции каждой МСБ, ФЯ в целом.
10. Определить метод компоновки МСБ.
11. Зарисовать эскиз монтажа МСБ на печатную плату.
12. Определить тип и материал коммутационных плат МСБ.
13. Описать метод изготовления платы ФЯ.
14. Воспроизвести схему технологического процесса изготовления МСБ и ФЯ.
15. Сделать вывод о типе аппаратуры, для которой создана данная ФЯ, и условиях ее эксплуатации.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание конструкции ФЯ и всех МСБ.
3. Эскиз монтажа МСБ на печатной плате.
4. Таблица с конструктивно-технологическими данными всех МСБ.
5. Расчет плотности упаковки и определение степени интеграции.
6. Описание конструкции коммутационных плат МСБ.
7. Схемы технологического процесса изготовления МСБ и ФЯ.
8. Преимущества данного метода компоновки МСБ.
9. Выводы.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое МСБ? Чем она отличается от ГИМС?
2. Какие методы компоновки МСБ Вы знаете? Охарактеризуйте их.
3. В каких случаях целесообразно использовать интегрально-групповой метод компоновки?
4. Какие типы коммутационных плат используются в МСБ?
5. Требования к платам МСБ.
6. Нарисовать конструкции многослойной платы с пленкой носителем. Каковы преимущества и недостатки такой платы?
7. Методы монтажа МСБ. Преимущества и недостатки каждого.
8. Нарисовать схему технологического процесса изготовления: МСБ, ФЯ.

#### Л и т е р а т у р а

Конструирование и расчет больших гибридных интегральных схем, микросборок и аппаратуры на их основе: Учебное пособие для вузов./ Под ред. Б.Ф.Высоцкого.-М.:Радио и связь, 1981.-216 с.

Пономарев М.Ф. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА: Учебное пособие для вузов.-М.:Радио и связь, 1982.-288 с.

Бондарь Б.Г., Письменецкий В.А., Хорунжий В.А. Микроэлектроника: Учебное пособие для вузов.-Киев: Вища школа, 1981.-256 с.

## С о д е р ж а н и е

	стр.
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ .....	3
1.1. Методы компоновки микросборок.....	3
1.2. Коммутационные платы МСБ.....	4
1.3. Монтаж микросборок.....	10
2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	12
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	12
4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	13
Контрольные вопросы.....	13
Литература.....	13

Составители: Алексей Васильевич Волков,  
Михаил Николаевич Пиганов

АНАЛИЗ И ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ  
МИКРОСВОРОК

Методические указания к лабораторной работе № 3

Редактор Е.Д.А н т о н о в а  
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к  
Корректор С.С.Р у б а н

Подписано в печать 14.06.84. Формат 60x84 1/16  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 0,85. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 500 экз.  
Заказ № 4233 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.