

Государственный комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАЙКИ МИКРОСБОРОК

**Методические указания
к лабораторной работе**

Самара 1991

Составители: И.В.Д о ф и ц к и й, В.К.Б у я н о в,
М.Н.П и г а н о в

УДК 621.382

Исследование процесса пайки микросборок: Метод.указ.
к лаборатор.работе /Самар. авиац. ин-т; Сост.
И.В.Д о ф и ц к и й, В.К.Б у я н о в, М.Н.П и г а -
н о в. Самара, 1991. 8 с.

Рассматриваются различные способы пайки, используемые
в производстве микросборок, и особенности их реализации, даются
рекомендации по выбору припоя и флюса.

Рекомендуются студентам специальности 23.03. Составлены
на кафедре "Микроэлектроника и технология РЭА".

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Самарского ордена Трудового Красного Знамени
авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензент В.Ф.С о к о л о в

Ц е л ь р а б о т ы - исследование процесса пайки выводов компонентов микросборок.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Пайка широко используется в производстве микросборок и является одним из основных процессов, определяющим безотказную работу микросборок в целом. Согласно ГОСТ 17325-79 пайкой называется образование соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, смачивая их припоем, затекания припоя в зазор и последующей его кристаллизации.

В толстопленочных схемах большинство компонент и выводы крепятся при помощи обычных процессов пайки [1]. Сначала на проводники схемы наносится припой: либо проводники погружаются в припой, либо используется метод импульсного нанесения. Последний способ состоит в том, что взбалтываемый припой непрерывно течет через маленькую перемычку, в результате чего образуется волна припоя, подложка смывается этой волной и облуживается. Поскольку припой смачивает только металлы, корундовая подложка и резисторы не смачиваются, а все нанесенные проводники смачиваются. Хотя резисторы и могут содержать металлические частицы, их концентрация недостаточна для того, чтобы образовать металлическую пленку на поверхности, поэтому смачиваемость отсутствует. В то же время в проводниках содержание металла очень высокое, а стекло, которое в них присутствует, лежит под поверхностью, где оно выполняет очень важную функцию связи проводника с подложкой. Далее приведем параметры, которые следует учитывать при выборе припоя и флюса для каждого конкретного случая.

Припой, используемые для пайки микросборок

В практике используют много типов припоя, притом $Au-Si$ и $Au-Ge$ используются для присоединения кристаллов в том случае,

когда применяются жесткие контакты, обычно позолоченные или плакированные ковром [2]. Золото-оловянный припой используется в тех же случаях, а также для герметизации корпуса схемы.

Основная проблема, которая возникает при работе с любым припоем, — это выщелачивание. Серебро и золото хорошо растворяются в $Pb-Sn$ -припоях. Проблемой является растворимость серебра и золота в олове. Следовательно, $Pb-Sn$ - припой может выщелачивать серебро и золото из паст с золотой и серебряной основой. Способ, с помощью которого можно избежать выщелачивания серебра, заключается в добавлении 3% серебра в $Pb-Sn$ - систему (Иср3-58). Такая добавка практически насыщает олово серебром и тем самым предотвращает утечку серебра из проводника (миграцию из проводника в олово). Добавление серебра к припою также препятствует выщелачиванию золота из золото-содержащих проводников. В этом случае, даже если все золото и не извлекается из проводников, оно растворяется в припое, делая его хрупким — и в результате контакт становится плохим.

Для толстопленочных схем наиболее часто используемым припоем является эвтектический свинцово-оловянный припой, который состоит приблизительно из 40% свинца и 60% олова [2]. Современные серебряно-палладиевые проводящие пасты хорошо удерживают серебро от выщелачивания именно из-за того, что оно находится в сплаве с палладием. В тех случаях, когда требуется дополнительная защита от выщелачивания серебра, используется эвтектическая $Sn-Pb-Ag$ -система. Оба упомянутых припоя плавятся приблизительно при $185^{\circ}C$. Работа ведется при температурах на $20...50^{\circ}C$ выше точки плавления. Если требуется провести более одной пайки, то первый шаг выполняется при довольно высокой температуре с помощью неэвтектической композиции. Эта температура может превышать $300^{\circ}C$. Последующие операции пайки проводятся при более низких температурах, чтобы не расплавился припой, использованный в предыдущих операциях. Другими параметрами, которые следует рассматривать при выборе припоя, будут силы связи, пластичность и температурное расширение.

Выбор подходящего паяльного флюса так же важен, как и выбор самого припоя. Флюс применяют для удаления с поверхности металла окислов и тусклого налета (тусклый налет — это химические вещества, осевшие на поверхности металла и обычно вызывающие ее обесцвечивание). Причина, по которой окислы и налет должны быть удалены, состоит в том, что припой должен смачивать поверхность. Смачивание — это просто удобный способ взаимодействия поверхностного натяжения жидкого припоя и сил адгезии материала поверхности.

Если поверхностное натяжение припоя превосходит силы адгезии пасты к поверхности, то имеет место плохое смачивание. Если они близки друг к другу, то смачивание умеренное или хорошее, а если силы адгезии значительно выше, чем поверхностное натяжение припоя, то смачивание очень сильное. На рис. I показаны различные случаи смачивания



Р и с. I. Смачивание металла припоем

поверхности. Когда угол смачивания близок к 180° , вокруг элемента помещается паяльная перемычка, чтобы припой не растекался тонкой пленкой и контакт, образованный при этом, не был слабым.

Окислы и налет на поверхности уменьшают силы сцепления между припоем и металлом, а поверхностное натяжение приводит к тому, что поверхность припоя принимает форму сферы (условие минимума энергии), несколько сплюсненной действием силы тяжести. Чем больше смачивание, тем теснее контакт между металлом и припоем и тем сильнее связь. Вещества, отличные от окислов и тусклого налета, нужно удалять перед пайкой другими методами. Толстопленочный паяльный флюс обычно удаляется такими органическими растворителями, как ацетон, метил или этилкетон. Иногда используют активированные флюсы. Такие флюсы содержат добавки, которые претерпевают химические изменения при повышении температуры и оказывают химическое воздействие на поверхность. Предполагается, что активирующий компонент безвреден после охлаждения, но химическое разложение не всегда полное, так что необходима тщательная очистка. Добавки могут вредно влиять на свойства резисторов.

Способы пайки

В последние годы к традиционно используемым способам пайки по источнику нагрева (паяльником, горелкой, электросопротивлением, в печи, погружением в расплавленный припой, электролитному, индукционному), добавились новые с использованием источников нагрева в виде све-

та, лазера, теплоты химических реакций, инфракрасного излучения и др. [3].

В настоящее время способы пайки можно классифицировать следующим образом:

1. По температуре различают низко- и высокотемпературную пайку. За граничную температуру этих способов принята температура 450°C .

2. По одновременности выполнения паяных соединений способы пайки делятся на ступенчатую пайку и одновременную (групповую).

Рассмотрим более подробно несколько способов пайки.

Пайка паяльником. Размеры паемых деталей: проволока диаметром $d = 0,2 \dots 2$ мм. Материал: сталь, медь, латунь, цинк, алюминий. Область использования: ручная и машинная пайка массовых деталей в электротехнике и электронике, пайка при ремонтных работах в электронике, пайка при монтажных работах. Параметры пайки: мощность нагрева - $15 \dots 2000$ Вт, температура паяльника - $200 \dots 600^{\circ}\text{C}$, продолжительность пайки $10 \dots 60$ с. Конфигурация: пайка по зазору, пайка без зазора, напайка (лужение). Оборудование: паяльники с электронагревом: миниатюрный паяльник (20 Вт); паяльник для тонкой пайки (40 Вт); универсальный паяльник (60 Вт); устройство для микропайки (60 Вт) - тончайшая пайка проволок диаметром $0,05 \dots 0,6$ мм используется для пайки ИС и МСБ. Припой: олово, медь, мягкие алюминиевые припои.

Пайка мягким припоем погружением в ванну. Размеры: нагреваемая масса < 1000 г. Материалы: сталь, медь, никель и его сплавы. Область использования: поточное производство электронной и радиотехнической промышленности (изготовление печатных плат, лужение проводников толстопленочных микросборок). Параметры пайки: температура ванны на $60 \dots 100^{\circ}\text{C}$ выше свойственной припою; надежная пайка проводников при зазоре $0,1$ мм и линий проводников при зазоре $0,1$ мм без образования перемычек (пайка волной припоя); продолжительность пайки $20 \dots 60$ с. Оборудование: ванны, разогреваемые газом, мазутом и электрическим током; машины для пайки волной припоя. Припой: специальные мягкие припои.

Ультразвуковая пайка. Ультразвуковая пайка, как бесфлюсовая, применяется при пайке микросборок. Это двухэтапный процесс, состоящий из предварительного лужения паемых поверхностей и собственно пайки. Ультразвуковое лужение выполняют с помощью ультразвуковых паяльников или в специальных ультразвуковых ваннах. При

лужении в ультразвуковой ванне оксидная пленка одновременно удаляется по всей поверхности изделия, соприкасающейся с жидким припоем. Ультразвуковая пайка и лужение возможны для многих высокоокисляемых и труднопаяемых металлов и сплавов, в том числе никеля, кобальта, алюминия и др.

Перед лужением в ультразвуковой ванне часть поверхности детали (МСБ), не подвергаемую пайке, защищают от лужения анодированием; места детали, предназначенные для лужения, перед анодированием могут быть защищены слоем лака, который после лужения удаляют промывкой ацетоном. Перед погружением детали в ультразвуковую ванну с поверхности жидкого припоя снимают шлак и включают ультразвуковой контур. Длительность погружения детали в ванну может достигнуть 5...30 с в зависимости от размера и массы детали. Излишки припоя стирают с детали или стирают ветошью. Луженая поверхность при нормальном режиме пайки после стирания припоя блестящая, слегка шероховатая. Паять МСБ после лужения ультразвуковым способом следует не позднее, чем через 15 дней с момента лужения. Высокое качество паяных соединений обеспечивается при амплитуде ультразвуковых колебаний 8...9 мкм.

Процесс ультразвуковой пайки может быть автоматизирован. Толщина слоя полуды (паяного шва) может быть задана.

При ультразвуковой пайке исключается образование оксидных пленок, уменьшается время пайки.

П а й к а в в а к у у м н о й п е ч и . Размеры: $S = 0,5 \dots 10$ мм, масса ~ 1 г. Материалы: стали, титан, тантал, молибден, медь, никель, ниобий. Область использования: бесфлюсовая пайка при высоких требованиях к качеству исполнения, электроника, космическая техника. Параметры пайки: вакуум $10^{-2} \dots 10^{-4}$ мм рт.ст., мощность нагревателя 0,05...50 кВт; время пайки 5...30 с.

Стандарты на пайку

ГОСТ 17349-79 – Пайка. Классификация способов.

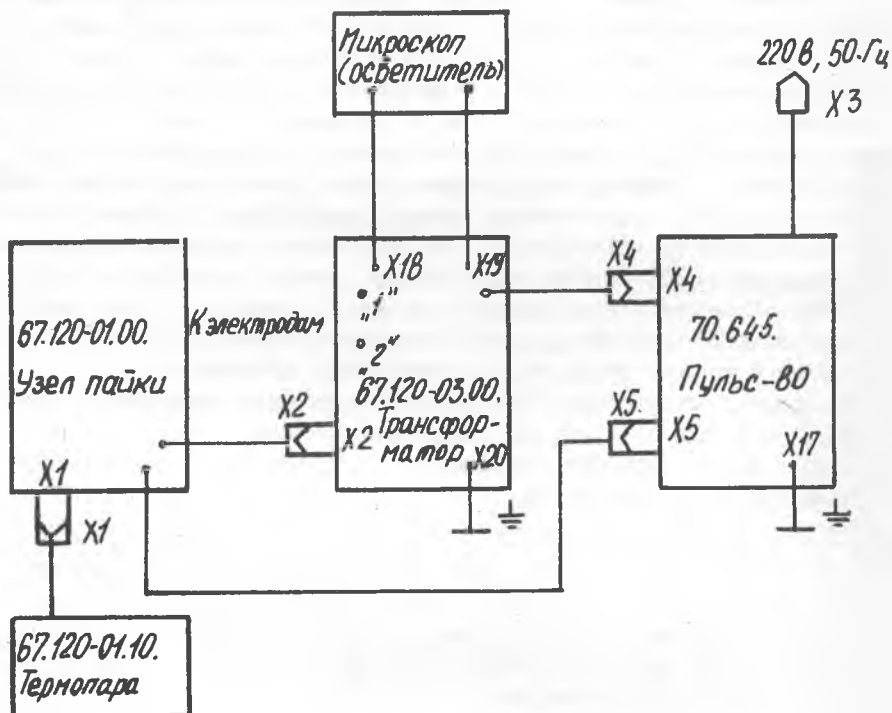
ГОСТ 17325-79 – Пайка и лужение.

ОСТ 4 ГО.054.291-83 – Пайка бессеребряными припоями. Типовые техпроцессы.

ОСТ ГО.054.077 – Пайка в производстве РЭА. Типовые техпроцессы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В лабораторной работе исследуется процесс пайки выводов бескорпусных элементов на толстопленочную коммутационную плату. Пайка осуществляется на установке "Пульс-80" (рис.2).



Р и с. 2. Установка пайки "Пульс-80" (схема электрических соединений)

Технические характеристики установки пайки "Пульс-80"

Напряжение питания переменного тока
однофазное, 50 Гц по ГОСТ 13109-67, В
Способ регулирования мощности
Режимы работы:

220±22
Фазовый

режим I

Режим постоянной
температуры

| режим II | Режим постоянной мощности |
|--|--|
| Диапазон регулирования температуры в режиме I, °C | 150...550 |
| Регулировка длительности выходного импульса — ступенчатая, с рядом значений, с | 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 3,5; 5,0; 7,5; 10,0 |
| Погрешность установки длительности импульса, % | ±15% |
| Диапазон регулировки нагружения электрода, гC | 60...1000 |

Процесс пайки на установке "Пульс-80" происходит за счет того, что нагретый до определенной температуры электрод с необходимым усилием прижимает вывод бескорпусного элемента к луженой контактной площадке на коммутационной плате, причем нагрев электрода продолжается заданное время.

Если применяется электрод с термопарой, то задается температура электрода и продолжительность импульса, если электрод без термопары, то мощность импульса и его продолжительность.

Практическая часть работы

1. Изучить инструкцию по эксплуатации установки пайки "Пульс-80".
2. Получить у преподавателя коммутационные платы и проводники (медь, алюминий, серебро) различных диаметров.
3. Произвести пайку образцов на коммутационных платах (в режимах I и II).
4. Определить усилия на отрыв под углом 90° для каждого проводника и построить график зависимости P от d , где P — усилие на отрыв; d — диаметр проводника, мкм.
5. С помощью двойного реохордного моста определить контактное сопротивление для всех проводников в диапазоне температур от 30 до 150°C и построить соответствующие зависимости.
6. Выбрать оптимальные режимы для пайки проводников, отвечающие максимальной прочности и минимальному контактному сопротивлению.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель лабораторной работы.
2. Структурная схема установки пайки "Пульс-80".
3. Графики полученных значений.
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое выщелачивание? Как решается эта проблема?
2. По каким параметрам проводят выбор припоя и флюса?
3. От чего зависит смачиваемость поверхности металла?
4. В чем преимущества ультразвуковой пайки перед другими способами?
5. Какие технологические факторы влияют на качество паяных соединений (на примере проведенных исследований)?
6. Каким способом можно защитить часть поверхности детали, не подвергаемую лужению в ультразвуковой ванне?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные схемы: Материалы, приборы, изготовление: Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
2. Справочник по пайке /Под ред. С.Н.Лоцмакова, И.Е.Петрунина, В.П.Фролова. М.:Машиностроение, 1975.
3. Ляшко С.В., Ляшко Н.Ф. Пайка металлов. М.:Машиностроение, 1988.
4. Максимихин Б.А. Технологические процессы пайки электромонтажных соединений. Л.:Энергия, 1980.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАЙКИ МИКРОСБОРОК

Составители: Л о ф ц к и й Игорь Вадимович,
Б у я н о в Виктор Константинович,
И г а н о в Михаил Николаевич

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Т.П.Ж б а н н и к о в а

Подписано в печать 22.10.91. Формат 60x84^I/16.
Бумага оберточная. Печать оперативная. Усл.печ.л. 0,5.
Усл.кр.-отт. 0,6. Уч.-изд.л. 0,45. Тираж 300 экз.
Заказ 4442 Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип.им.В.П.Мяги Самарского полиграфического
объединения. 443099 Самара, ул.Венцека,60.