

М. М. КОЗЮБА, к. т. н. Л. Т. АКУЛОВА

Украина, Войсковая часть Р-9020

Дата поступления в редакцию
11.12 2000 г.

Оппоненты С. Н. ДЕМЕНИН,
к. ф.-м. н. И. А. РАДЗИЕВСКИЙ

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ТРАФАРЕТА ДЛЯ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ С ПОВЕРХНОСТНО-МОНТИРУЕМЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Приведены рекомендации по изготовлению металлических трафаретов для технологии поверхностного монтажа с использованием отечественного оборудования.

Уменьшение массогабаритных показателей изделий и переход в более высокочастотную область сигналов требуют не только повышения плотности монтажа (более 10 элементов на см² площади платы), но и уменьшения толщины платы (до 0,5 мм и менее) или перехода на гибкие носители. Сборка таких плат методами традиционного монтажа невозможна и требует применения технологии поверхностного монтажа (ПМ).

Применение ПМ позволяет не только уменьшить габариты и массу изделия в 2–6 раз (см. табл. 1 и 2), повысить их надежность, качество и быстродействие, но и снизить трудоемкость сборочных операций в 1,5–3 раза, т. е., в конечном счете, добиться удешевления продукции.

По мере повышения плотности монтажа происходит переход от традиционных корпусов типа

Таблица 1
Количество паяных соединений на 1 см² поверхности печатной платы по мере внедрения технологии ПМ (фирма «Philips»)

Годы	1965	1970–1980	1980–1990	1990–2000	2000–2010
Количество соединений	0,6	3,0	25	40	100

Таблица 2
Параметры печатной платы для ПМ-элементов (фирма «Philips»)

Годы	1990	1995	1997	2000	2005
Ширина дорожек на плате, мкм	150	100	75	50	25
Плотность расположения элементов, ед./см ²	10	15	20	35	50
Расстояние между выводами, мкм	300	200	150	100	50

Р-DIP, SO, TO к корпусам повышенной плотности выводов типа PGA, PBGA, CBGA, CCGA, а также к установке бескорпусных кристаллов на ленточном носителе или в исполнении «flip chip» непосредственно на поверхность печатной платы [1–3]. В настоящее время ведущие западные фирмы при выпуске малогабаритных изделий используют многослойные (8–10 слоев) гибкие платы и микросхемы с шагом выводов 0,2 мм и плотностью монтажа 35 паяных соединений на 1 см².

Если пять лет назад переход на ПМ сдерживался более высокой (до 2,5 раз) стоимостью поверхностно-монтируемых компонентов (ПМК), то в настоящее время наблюдается паритет цен, а отдельные ПМК стали дешевле компонентов, монтируемых в отверстия. Кроме того, применение ПМК создает условия для полной автоматизации сборочно-монтажных работ, составляющих до 40% трудоемкости изделий.

В зависимости от плотности ПМ используются две его разновидности:

- метод индивидуального монтажа каждого компонента платы при помощи паяльника (характерен для 0,6–3,0 паяных соединений на 1 см²);
- групповой метод, включающий следующие основные операции: нанесение паяльной пасты на поверхность платы, установку компонентов, пайку компонентов оплавлением паяльной пасты.

В данной статье рассмотрены особенности нанесения паяльной пасты на поверхность плат. Для надежной пайки ПМК к несущей поверхности изделий (плате, подложке, ленте и т. п.) в месте пайки должно присутствовать достаточное количество припоя (паяльной пасты) – для полного смачивания вывода элемента и металлизированной дорожки основания. Паста может наноситься дозатором или трафаретной печатью. При нанесении пасты дозатором трудно получить четкие контуры отпечатков (т. к. паста для дозатора содержит до 20% органического связующего) и их равномерность по всей плате (из-за растекания пасты). Кроме того, этот метод нанесения требует некоторого промежутка времени для его осуществления (незначительного – при программируемом ЭВМ нанесении и значительного – при ручном). Указанных недостатков лишен метод трафаретной печати, обеспечивающий одновременное попадание пасты на все подлежащие пайке участки платы. При трафаретной печати доза пасты регулируется толщиной трафарета и геометрическими размерами «окон» его рисунка.

Из практического опыта установлено, что наилучшим трафаретом для нанесения паяльной пасты является металлический трафарет-маска, не содержащий сетчатого носителя в «окнах» рисунка (сетка при каждом нанесении пасты вытягивается и, таким образом, искажает получаемый рисунок).

Для получения металлических трафаретов существует несколько методов: штамповка «окон» в заготовке металла, электроискровая резка, фрезерование набором фрез разного диаметра, химическое травление, лазерная резка.

Первые три из перечисленных методов очень трудоемки и требуют значительных предварительных затрат, поэтому они используются крайне редко.

В настоящее время наиболее широко для изготовления трафаретов используется метод химического травления. Однако для его осуществления необходимо присутствие фотошаблона предполагаемого рисунка, а лучше — двух (прямого и зеркального) для проведения двухстороннего травления исходной заготовки, обеспечивающего более высокое качество трафарета (меньше растрав, отсутствие «конусности» окон). Получение фотошаблонов, несмотря на обилие технических средств, остается очень сложной задачей, т. к. пленочные носители склонны к изменению своих линейных размеров в зависимости от температуры и влажности окружающей среды, что накладывает существенные ограничения на точность изготовления, особенно для плат 4–5 класса и применения микросхем с шагом выводов 0,5–0,3 мм.

Кроме того, при уменьшении размеров линий фотошаблона до 100 мкм и менее повышаются требования к чистоте помещений и культуре производства, поскольку дефекты, образующиеся при попадании пылинок на изготавливаемые фотошаблоны с размером линий 50 мкм, устранить практически невозможно.

В связи с этим актуальным становится изготовление трафаретов путем прямого формирования рисунка, минуя изготовление фотошаблонов, что позволяет пятый из перечисленных методов — лазерный. Среди его преимуществ — простота изготовления изделия: от машинного проектирования до машинного изготовления трафарета по одной и той же исходной информации.

Для изготовления трафаретов использовалась установка лазерной резки ЛК-150 ЛТКЗ.00.00.00.00 (производство г. Черкас) и латунная лента (латунь Л-63) толщиной 0,05–0,4 мм (шаг 0,05 мм). При помощи изготовленных трафаретов паяльная паста наносилась для установки конденсаторов, транзисторов и индуктивностей типоразмеров 0603, 0805, 1206, 1210, а также активных элементов в корпусах SO, SOT, SOD, P-DSO с шагом выводов 1,25 и 0,65 мм. Размер «окон» под пайку компонентов для площадок 1,0×1,0 мм составлял 0,7×0,7 мм, 0,8×0,8 мм, 0,9×0,9 мм, 1,0×1,0 мм, 1,1×1,1 мм, 1,2×1,2 мм.

Проверка эффективности трафаретов осуществлялась на паяльных пастах на основе свинцово-оловянных припоев без добавок драгметаллов — ПЛ-112 АУК 0.029.009 ТУ (производство г. Одессы), ПШ-180 ТУ107-85 АУЕ 0.033.012 ТУ (производство г. Львова) — и с добавками серебра (2%): РМ-98 (Sn-62) ААS 90 (фирмы «Мультикор Сол-

дерс»). Пасты наносились на платы из стеклотекстолита марки FR-4 толщиной 0,5, 1,0 и 1,5 мм. Компоненты устанавливались и присоединялись посредством оплавления пасты. Качество паяных соединений проверялось на соответствие требованиям ОСТ 107.480091.004–88.

Экспериментально установлено, что качество паяного соединения не зависит от типа пасты и определяется только ее количеством.

В результате проведенных экспериментов установлено, что для получения надежной «скелетной» (без наплывов припоя) пайки ПМК оптимальной является толщина трафарета 200 мкм. Размеры «окон» для пайки выводов активных элементов должны точно (1:1) повторять размеры контактных площадок, рекомендуемых фирмами — изготовителями элементов. Исключение составляют элементы с шагом выводов 0,625 мм, для которых при размерах контактной площадки 0,3×0,8 мм рекомендуется «окно» для паяльной пасты 0,3×0,9 мм, в котором 0,1 мм добавляется с наружной стороны контактной площадки (на сторону, противоположную корпусу элемента).

Размеры «окон» для пайки электролитических конденсаторов, резисторов, варикапов должны составлять 0,8×0,8 мм при величине контактной площадки 1×1 мм. Размеры «окон» для пайки обычных конденсаторов должны быть 1,1×1,1 мм при величине контактной площадки 1×1 мм.

Приведенные значения справедливы как для отечественной элементной базы, так и для импортных ПМК.

Тражеустойчивость трафарета с приведенными размерами «окон» для термостабилизированной латунной ленты составляет не менее 7000 отпечатков.

Проведенные экспериментальные исследования позволили также установить следующее.

1. Трафареты, изготовленные из латунной ленты Л-63 толщиной 0,2 мм, имеют «вертикальные» стенки «окон».

2. Минимальный размер «окна» трафарета, который можно получить на установке лазерной резки ЛК-150 ЛТКЗ.00.00.00.00, составляет величину 0,2×0,2 мм.

3. Установка лазерной резки ЛТК-150 ЛТКЗ.00.00.00.00 может быть использована при изготовлении металлических трафаретов в технологии поверхностного монтажа для печатных плат 3–4 класса точности.

4. Из рассмотренных типов трафаретов только металлические позволяют осуществлять оптимальное нанесение паяльных паст, обеспечивающее высокое качество сборки и надежность работы изделия.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Григорьев В. ТМП корпуса интегральных схем и дискретных компонентов — состояние и перспективы развития // Электронные компоненты. — 1997. — № 1–2. — С. 12–17.

2. Григорьев В. Матричные корпуса ИС. Минимальные размеры, максимальная эффективность // Электронные компоненты. — 1997. — № 5–6. — С. 20–23.

3. Ермолович А. Корпуса микросхем и некоторые особенности их монтажа // Электронные компоненты и системы. — 1998. — № 4. — С. 33–41.