

Контроль паяных соединений при поверхностном монтаже СБИС

При поверхностном монтаже СБИС типа QFP возникают проблемы, связанные с образованием большого числа дефектных паяных соединений. Методом лазерной фотоакустической диагностики определены типичные дефекты паяных соединений и причины их возникновения.

Владимир Ланин

vlanin@bsuir.by

Сергей Волкенштейн

wolkenstein@kbtm.by

Причины возникновения дефектов при монтаже СБИС

Для поверхностного монтажа СБИС в одном технологическом цикле с другими электронными компонентами на плате в ряде случаев применяют пайку двойной волной припоя. Цикл пайки включает использование на первом этапе турбулентной волны припоя, которая обеспечивает смачивание всех соединений, а на втором этапе — ламинарной волны, которая удаляет избыточный припой и устраняет перемычки припоя [1]. Однако при монтаже СБИС в большей мере проявляется теневой эффект, когда корпус компонента препятствует волне припоя достичь контактных площадок и обеспечить смачивание выводов (рис. 1).

Нарушением правил проектирования топологии посадочного места компонентов (знакоместа) является случай, когда ширина припойных площадок равняется ширине внешних выводов СБИС. Для улучшения смачиваемости припоем мест контактирования при пайке волной припоя нужны знакоместа увеличенных размеров. Для формирования надежного соединения необходимо, чтобы припойная площадка выступала из-под внешнего вывода на определенное расстояние, то есть смачиваемые припоем поверхности должны иметь достаточную пло-

щадь для образования мениска припоя. Согласно стандарту IPC-A-610С припой должен смачивать торцевые стороны внешних выводов компонента на высоту не менее 75% их толщины.

Ориентация компонентов не менее важна для эффективной пайки волной припоя СБИС. Лучшие результаты наблюдаются в том случае, когда продольная ось корпуса параллельна или перпендикулярна направлению движения платы при пайке. Такая ориентация способствует уменьшению вероятности образования перемычек припоя. Этому также способствует создание дополнительной, неиспользуемой пары площадок на конце посадочного места корпуса компонента в направлении движения платы. Эти площадки действуют как «ловушки припоя», препятствующие его накоплению на концевых площадках посадочного места компонента. Топология с закругленными припойными площадками снижает вероятность образования перемычек припоя.

Диагональная компоновка корпуса QFP-128, по всей видимости выбранная из соображений ослабления эффекта затенения, вызывает появление перемычек припоя, хотя эффект затенения проявляется, возможно, в большей степени (рис. 2). Ортого-

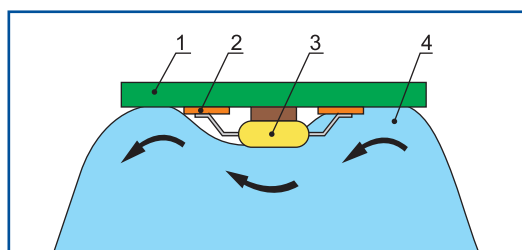


Рис. 1. Теневой эффект при пайке волной припоя:
1 — плата; 2 — контактная площадка;
3 — электронный компонент; 4 — припой

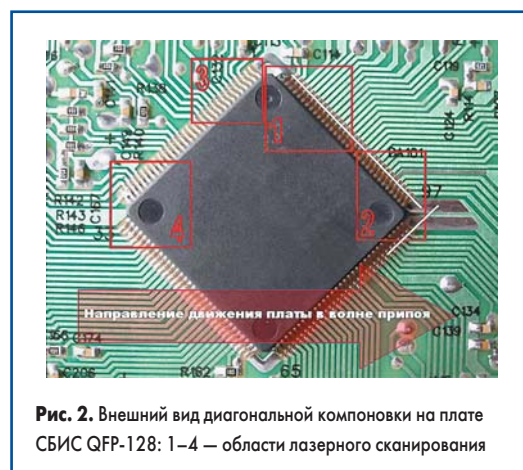


Рис. 2. Внешний вид диагональной компоновки на плате СБИС QFP-128: 1–4 — области лазерного сканирования

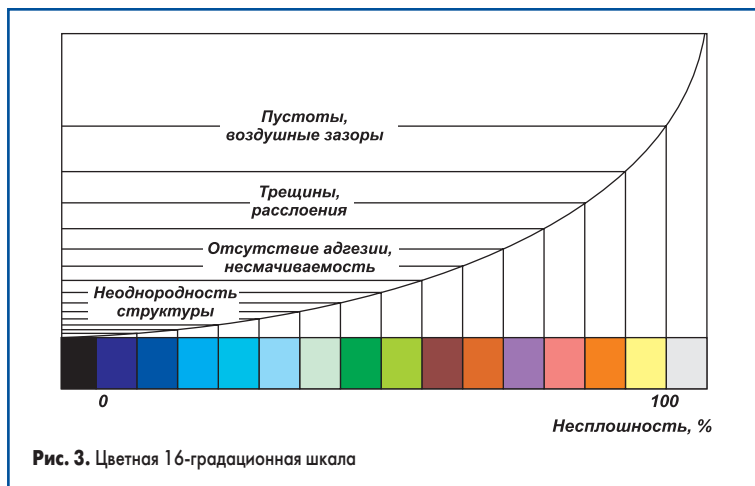


Рис. 3. Цветная 16-градационная шкала

нальность расположения корпуса в совокупности с увеличением топологических размеров знакомест компонента QFP-128 в направлении движения платы через ванну с припоем будет способствовать уменьшению затенения, поскольку при этом возрастает вероятность контактирования металлизированных участков платы и припоя.

Для создания надежных паяных соединений непосредственно перед операцией монтажа необходима качественная подготовка плат: очистка от оксидов в обезжиривающих растворителях или специальных флюсах. Остатки используемых растворов и продукты реакций смываются в потоке деионизированной воды, после этого изделие просушивается, по возможности с использованием сжатого осушенного азота. Для разрушения перемычек из припоя рекомендуется применять дешунтирующий воздушный нож.

Весь комплекс этих мер необходимо сопровождать контролем качества паяных соединений различными методами (рентгеновский, лазерный фотоакустический и др.) для оптимизации технологического процесса монтажа многовыводных СБИС, а также для сравнения эффективности того или иного метода контроля и взаимного дополнения результатов.

Перечисленные меры являются паллиативными, поскольку невозможно совместить электронные модули, собранные по технологии поверхностного монтажа компонентов (смешанно-разнесенный вариант, пайка в волне припоя), с компонентами более высокого уровня конструктивной сложности [2]. С помощью данного метода практически невозможно пропаять поверхностно монтируемые компоненты с четырехсторонней разводкой выводов (например, кристаллоносители с выводами) [3].

Контроль качества паяных соединений

Для контроля качества паяных соединений СБИС использовался метод лазерной фотоакустической (ЛФА) диагностики [4], который заключается в импульсном лазерном сканирующем зондировании поверхности объекта с последующей визуализацией его внутренней структуры на 16-градационном цветном 2D-изображении (ЛФА-топограмма), где уро-



Рис. 4. Внешний вид приспособления для точного размещения платы на столике акустоэлектронного преобразователя

вень максимальной сплошности соответствует черному цвету, а по мере увеличения несплошности цветовая гамма меняется вплоть до белого цвета, проходя все цветовые оттенки, показанные на шкале (рис. 3).

Из-за больших габаритов (320×250×100 мм), массивности и смешанно-разнесенного монтажа печатной платы применявшееся ранее свободное расположение контролируемого образца на столике (Ø12 мм) акустоэлектронного преобразователя оказалось неприемлемым. Для выхода из создавшегося положения с целью уменьшения размеров и снижения паразитных электромагнитных наводок доработан экранирующий корпус (1) акустоэлектронного преобразователя (рис. 4) с последующим размещением на подставке (2) с регулировкой горизонтальности и высоты. Плата (3) подвигалась к поверхности столика акустоэлектронного преобразователя до полного контакта с помощью регулируемого по высоте штатива (4).

Для обеспечения приемлемого разрешения сканирование проводилось с шагом регистрации равным 5 мкм, что обусловило фрагментарность сканирования из-за размера поля — 1280×1280 мкм максимально.

Лазерные фотоакустические топограммы были получены с помощью фотоакустического микроскопа ФМ-3М (рис. 5).

Анализ ЛФА-топограммы (рис. 6а) позволяет сделать вывод о тенденции ухудшения



Рис. 5. Фотоакустический микроскоп ФМ-3М

качества паяк (по критерию сцепления припоя с поверхностями внешнего вывода компонента и припойной площадки) в середине каждого ряда внешних выводов микросхемы. На фрагменте топограммы (рис. 6б) видны паяные соединения внешних выводов 123, 124, 125, 126 с различной степенью сплошности.

Идеальным по 100% сплошности паяного соединения поверхностей внешнего вывода и припойной площадки является вывод 125 (синий цвет — область омического контакта Ω). Необходимо также отметить высокое качество соединения припоя с поверхностями внешнего вывода и припойной площадки (лужение): это области зеленых оттенков и бирюзового цвета — оксидные пленки.

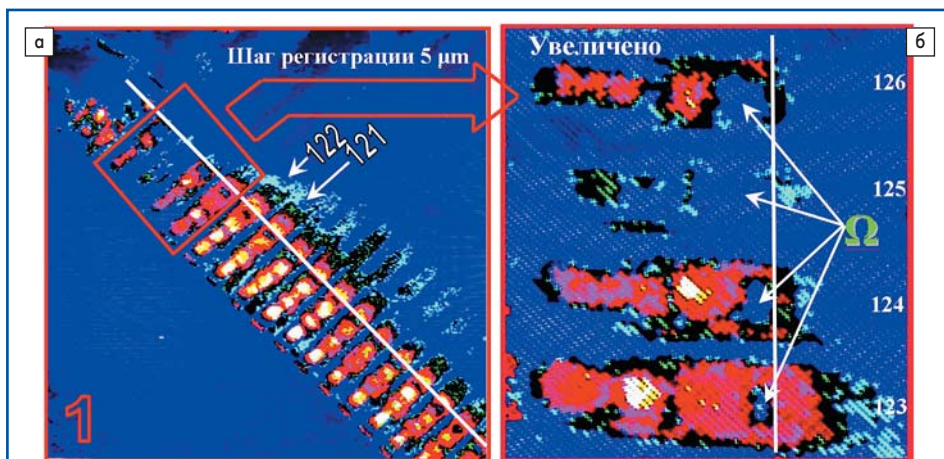


Рис. 6. ЛФА-топограмма:

а) области сканирования 1 на рис. 2; б) увеличенный участок, захватывающий внешние выводы 123–126

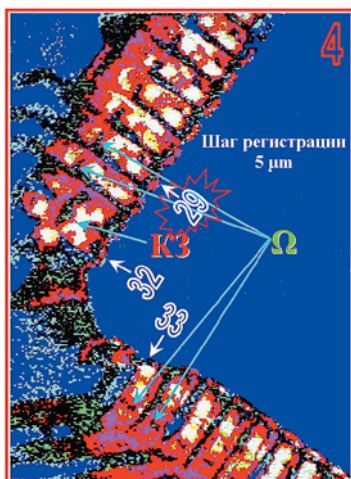


Рис. 7. ЛФА-топограмма области сканирования затененного участка СБИС QFP-128:
КЗ — перемычка из припоя

Качественным можно назвать паяное соединение внешнего вывода 126 с ~100%-ной сплошностью паяного соединения контактных поверхностей вывода и припойной площадки. Условно удовлетворительным является паяное соединение внешнего вывода 124, поскольку согласно промышленному стандарту IPC-A-610C минимальная ширина визуально наблюдаемого паяного соединения вдоль вывода компонента для всех классов должна равняться ширине вывода компонента. На ЛФА-топограмме синяя область омического контакта данного вывода в верхней части сужается до <1/2 его ширины.

Некачественным и ненадежным является паяное соединение внешнего вывода 123, минимальная зона сцепления контактирующих поверхностей которого создает омический контакт и небольшой запас механической прочности, что достаточно для прохождения тестов по электрическим параметрам, механических испытаний и признания годности изделия, но эксплуатационная надежность такого изделия вызывает сомнение. Соединения такого рода потенциально могут приводить к ускоренным деградационным процессам, инициируемым термоциклированием. Это замечание в равной степени относится и к остальным выводам (122, 121, ... 112), вошедшим в область сканирования 1.

На ЛФА-топограмме (рис. 7), соответствующей области сканирования 4 (рис. 2), отсутствуют качественные паяные соединения. Это связано с эффектом затенения при пайке волной припоя, который проявляется при наличии компонентов в высоких корпусах, усугубляется ограниченным поверхностным натяжением припоя и приводит к тому, что припой не попадает на контактные площадки и образуются непропаи. Кроме того, из-за неортогонального расположения корпуса QFP-128 возникает вероятность возникновения перемычек припоя, что и наблюдается в данном случае между внешними выводами 31 и 32 компонента.

Для верификации заключения о дефектности паяных соединений был проведен экспе-

римент. Затененный участок СБИС QFP-128, соответствующий области 4, сканировался повторно после прогрева ряда внешних выводов компонента (33–37) микропаяльником до момента расплавления припоя. Другой ряд внешних выводов компонента (25–32) оставался неизменным. На ЛФА-топограмме (рис. 8а) зарегистрированы появившиеся качественные паяные соединения прогретых паяльником внешних выводов 34, 35, 36, 37. Выводы 25–32 по-прежнему можно отнести к разряду некачественных и ненадежных.

Продолжение эксперимента заключалось в том, что внешние выводы компонента 31–37 были пропаяны микропаяльником в течение примерно 1,5 секунд с применением флюса марки Ф36Н, а затем была осуществлена двойная промывка зоны пайки техническим спиртом. После сканирования на ЛФА-топограмме (рис. 8б) зарегистрированы появившиеся идеальные паяные соединения внешних выводов 31–37. Перемычка из припоя не удалена, но уменьшилась в размере. Паяное соединение внешнего вывода 30 улучшилось за счет попутного нагрева и воздействия флюса при пайке вывода 31.

На всех трех ЛФА-топограммах (рис. 7, 8а, б) присутствует в принципиально неизменном виде некачественное паяное соединение-свидетель внешнего вывода 29 компонента QFP-128. Это доказывает специфичность ЛФА-метода и объективность заключений по результатам проведенного контроля качества поверхностного монтажа внешних выводов СБИС QFP-128.

Заключение

Высшим приоритетом при производстве сложной бытовой техники длительного пользования является эксплуатационная надежность паяных соединений. Выявленный эффект затенения при пайке многовыводных СБИС волной припоя усугубляется ограниченным поверхностным натяжением припоя и приводит к тому, что припой не попадает на контактные площадки и образуются непропаи. Выхо-

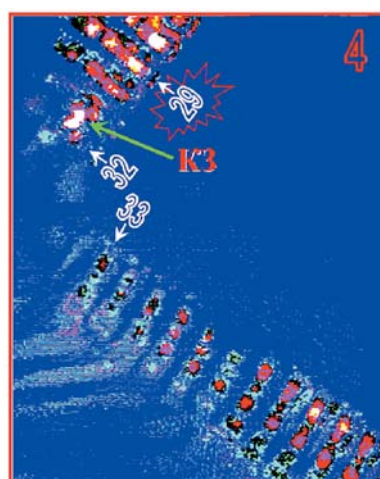


Рис. 8. ЛФА-топограмма области сканирования затененного участка СБИС QFP-128:
а) после прогрева микропаяльником внешних выводов 33–37;
б) после пайки микропаяльником в течение 1,5 с с применением флюса внешних выводов 31–37

дом из данной ситуации может служить комбинированная технология: пайка выводных и простых компонентов поверхностного монтажа в волне припоя, а СБИС QFP-128 — с помощью более эффективного метода (пайка с применением нагретого приспособления, ИК-пайка, пайка расплавлением дозированной припоя и др.).

Переход к бессвинцовым технологиям актуален сегодня для всех предприятий, связанных с производством печатных узлов. Если еще недавно технологом считали, что их это не касается («поставка продукции, выпускаемой нашим предприятием, на европейский рынок не планируется»), то теперь их мнение изменилось, поскольку на предприятия начали поступать электронные компоненты с бессвинцовыми покрытиями выводов. А это повлекло за собой проблемы с качеством паяных соединений [5]. Они связаны с фундаментальными физическими и химическими изменениями, вносимыми в процесс оплавления, которые затрагивают не только процесс пайки, но и операции контроля качества паяных соединений.

Литература

1. Джюд М., Бриндли К. Пайка при сборке электронных модулей. М.: ИД «Технологии», 2006.
2. Кундас С. П., Достанко А. П., Ануфриев Л. П. и др. Технология поверхностного монтажа. Минск: Армита — Маркетинг, Менеджмент, 2000.
3. Мэнгин Ч.-Г., Макклеланд С. Технология поверхностного монтажа / Пер. с англ. М.: Мир, 1990.
4. Волкенштейн С. С., Ланин В. Л., Хмыль А. А. Лазерная фотоакустическая диагностика скрытых дефектов в изделиях электроники // Компоненты и технологии. 2007. № 11.
5. Гафт С., Матов Е. Печатный монтаж. Стратегия контроля качества при переходе к бессвинцовым технологиям // Электроника: НТБ. 2004. № 5.