

Пустоты в паяных соединениях.

Существует ли связь между покрытием контактных площадок и количеством пустот при бессвинцовой пайке?

Кит Брайант (Keith Bryant)

k.bryant@dage-group.com

Перевод: Ольга Зотова

OlgaZotova@dipaul.ru

Введение

Об изменении количества образуемых пустот при переходе со свинцовой на бессвинцовую пайку написано много. Такой переход обычно приводит к увеличению пустот в паяных соединениях. Существует множество предположений о причинах такого явления. После изучения огромного числа материалов можно смело утверждать, что:

- Количество образуемых пустот увеличивается, если используются сплавы олово/серебро/медь с более высокой точкой плавления.
- Усугубляет тенденцию образования пустот увеличение поверхностного натяжения этих материалов.
- Чем круче кривая роста температуры и выше точка плавления материалов, тем больше внимания нужно обращать на влагу, содержащуюся в печатных платах и компонентах.
- Во многих бессвинцовых паяльных пастах используются более агрессивные флюсы по сравнению со свинцовыми материалами, а это значит, что во время формирования паяного соединения высвобождается больше газа.
- На количество образуемых пустот и их положение существенно влияет температурный профиль и скорость охлаждения.

Даже сегодня существуют непонятные моменты относительно количества образуемых пустот в свинцово-оловянных паяных соединениях: «безопасный» уровень от общего количества пустот, максимально допустимый размер отдельной пустоты, безопасное положение пустот в паяном соединении. Их существование усугубляется появлением новых бессвинцовых припоев. Хотя в этой статье мы и не будем спорить с какими бы то ни было гипотезами, мы, тем не менее, приведем обзор результатов исследований бессвинцовых припоев и проведем аналогии с существующей информацией.

Условия проведения исследования

Частично эта статья написана на основании результатов исследований, проведенных организацией SMART Group (Великобритания, www.smartgroup.org), которая является торгово-промышленной ассоциацией, представляющей электронную промышленность. В 2003 году ассоциация провела специальную конференцию по бессвинцовой технологии, в ходе которой собирались печатные платы с различными покрытиями, при этом использовались абсолютно одинаковые паяльные материалы, компоненты



Рис. 1. Автоматическое определение пустот (первое число — диаметр шарикового вывода, второе — общее количество пустот в процентном выражении, третье — самая большая пустота)

и условия протекания процесса. Во время исследования для оплавления припоя применяли конвекционную систему и систему парофазной пайки. В этой статье мы рассмотрим результаты, относящиеся только к конвекционной системе оплавления припоя, чтобы сравнение было более наглядным. Исключение из данной статьи результатов оплавления припоя в системе парофазной пайки ни в коем случае не является следствием критики этой технологии.

В ходе исследования использовались печатные платы, произведенные одной и той же компанией и хранившиеся в одинаковых условиях. Другими словами, было сделано все возможное для создания одинаковых условий. Сразу же после завершения сборки корпуса с матричным расположением выводов проверялись качественной системой рентгеновского контроля с опцией автоматической проверки BGA и программным обеспечением для подсчета пустот в их выводах (рис. 1).

Кроме исследования, проводимого SMART Group, в этой статье также приведены результаты исследований некоторых компаний, которые попросили не публиковать названия их организаций в прессе.

Покрывания контактных площадок печатных плат

На рынке существует огромное количество различных покрытий, многие из которых отличаются только по названию. Для проведения исследования были выбраны самые распространенные типы по-

крытий, и, как мы увидим позже, некоторые оказались более пригодны к бессвинцовой пайке, чем другие.

Пять перечисленных ниже типов покрытий — это так сказать срез имеющихся сегодня на рынке технологий. Они представляют собой хороший материал для проведения исследований.

Органическое покрытие — OSP

Органическое покрытие OSP наносится на чистые медные контактные площадки, чтобы предотвратить их окисление. Во время оплавления припоя материал выгорает, и открывается паяемая медная поверхность. Можно выделить следующие особенности этих покрытий:

- Открытая медь из-за плохой смачиваемости бессвинцовых паяльных паст.
- Непригодность к повторному длительному нагреву (это свойственно многим покрытиям OSP, но не всем).
- Поврежденное покрытие можно быстро восстановить.
- Самое недорогое покрытие.

Иммерсионное олово

После удаления окислов с медных контактных площадок и химической обработки печатных плат на контактные площадки наносится слой олова путем химического осаждения. Так как при свинцово-оловянной пайке в сплаве присутствует значительное количество олова, то совместимость металлов хорошая. Тем не менее, некоторые производители опасаются появления оловянных «усов», которые, как предполагают, возникают, когда на олово воздействует какая-то нагрузка, эти «усы» могут привести к коротким замыканиям на плате. Сейчас этот вопрос активно обсуждается.

Иммерсионное серебро

Иммерсионное серебро наносится осаждением. Сейчас это покрытие поддерживают многие компании из-за опасений появления оловянных «усов». Стоимость этого покрытия сопоставима со стоимостью иммерсионного олова.

Иммерсионное золочение по подслою никеля (ENIG)

При иммерсионном золочении по подслою никеля (ENIG) процедура слегка отличается. Золото становится барьером, препятствующим окислению никеля в воздухе. Во время оплавления припоя паяное соединение формируется на границе с никелем, а не у медной площадки. ENIG — это самое дорогое покрытие, но оно позволяет получить ровную и хорошо паяемую поверхность. Однако у него есть один большой недостаток — необходимость контролировать химический состав покрытия (в противном случае может возникнуть дефект, известный как «черная площадка», или black pad).

Горячее лужение (HASL)

Горячее лужение (HASL) было самым популярным финишным покрытием в течение многих лет. Интерес к нему стал снижаться

с уменьшением шага выводов таких компонентов, как QFP, и других многовыводных микросхем. Производители печатных плат не могли больше создавать абсолютно ровную поверхность для монтажа таких компонентов. Сегодня эта технология существенно улучшилась и дает более «ровные» результаты. Но из-за повышения температур, необходимых для работы с бессвинцовыми припоями, переход со свинцово-содержащего на бессвинцовое покрытие HASL может привести к появлению дополнительных сил, действующих на платы. Эти силы могут привести к усугублению тенденции коробления плат или, в крайнем случае, отслаиванию материалов. При этом HASL отличается низкой стоимостью, а также отсутствием угрозы несовместимости металлов.

Измерение и подсчет пустот

Местоположение, размер и количество пустот определялись с помощью системы рентгеновского контроля. Точно обнаружить и измерить пустоты позволяло то, что использовалась цифровая система рентгеновского контроля с чувствительностью 65 000 оттенков серого цвета. Алгоритмы проведения анализа дали точные и повторяемые результаты, позволившие определить общий объем пустот в процентном выражении и размер самой большой пустоты в паяном соединении (рис. 1). Кроме того, возможность исследовать шариковые выводы под углом в 360° позволи-

ла подтвердить предполагаемое место пустоты. До этого исследования положение пустоты не считалось важным, но в ходе проведения эксперимента полученные результаты заставили обратить внимание на этот фактор.

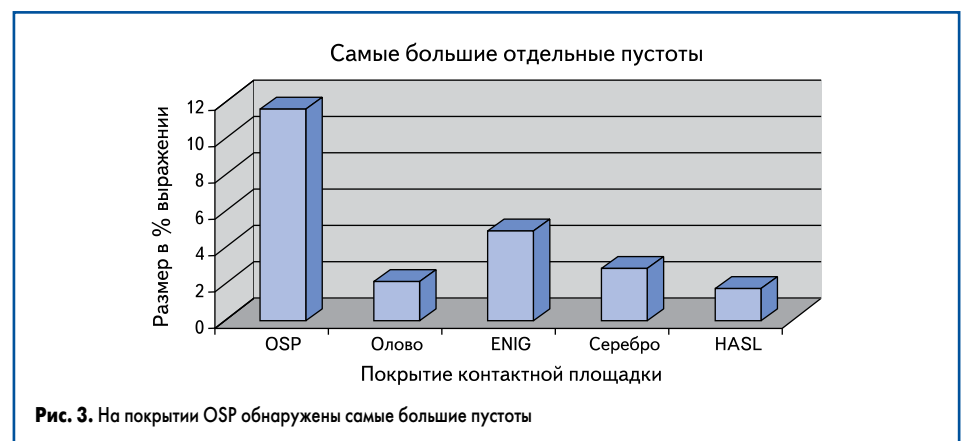
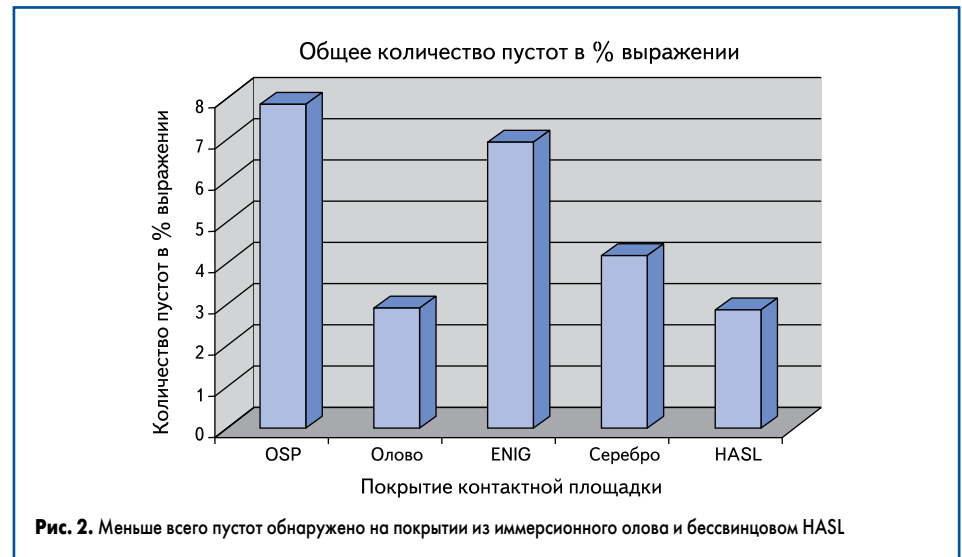
Итоги исследования

На рис. 2, 3 показан общий объем пустот в процентном выражении. Приведено среднее значение, полученное в ходе всех измерений паяных соединений на всех типах покрытий. Результаты, отличающиеся от нормы на более чем два среднеквадратических отклонения, исключались, так как их наличие указывает на отклонения в самом процессе, компоненте или покрытии платы.

На рис. 3 показан средний размер пяти самых больших отдельных пустот для каждого типа покрытия контактных площадок.

Среднее значение общего объема пустот в процентном выражении

На рис. 2 показано, что меньше всего пустот возникает на таких покрытиях, как иммерсионное олово и бессвинцовое HASL. Это может быть связано со сродством материалов покрытия площадки, покрытия выводов и паяльной пасты. Высокий уровень образования пустот на других покрытиях может быть связан с высвобождением большего количества газа в результате удаления следов окисления (при активации флюса) с поверхности до начала пайки.



Можно было бы сделать еще некоторые выводы из этих результатов, но на образование пустот влияет очень много факторов, поэтому более глубокий анализ этих результатов может быть неточным. На момент написания статьи в классе I IPC допускается 30% пустого пространства от всего объема шарикового вывода, поэтому все из полученных результатов можно считать допустимыми.

Самые большие отдельные пустоты

На рис. 3 видно, что в паяных соединениях на покрытии OSP есть тенденция образования более крупных пустот. Если объединить эти результаты с результатами, показанными на графике 1, то можно сказать, что это покрытие может привести к образованию и удержанию в бессвинцовом паяном соединении самого большого количества пузырьков газа.

Обычно мелкие пустоты вызывают меньше опасений, чем крупные, но существуют разные мнения относительно вопроса пагубности пустот вообще. Графики также позволяют понять, что на покрытии ENIG формируется большое число маленьких пустот. Это может быть связано с тем, что формируется газ различного состава, либо же он формируется дольше, и поэтому у пузырьков газа недостаточно времени для объединения и формирования более крупных пустот. Дальнейший анализ позволяет понять, что эти пустоты чаще формируются либо в центре паяного соединения, либо близко к месту контакта с площадкой, в то время как пустоты на покрытии OSP, как правило, возникают у открытого края паяного соединения.

На таких покрытиях, как иммерсионное олово, иммерсионное серебро и HASL, образуется гораздо меньше пустот, и значит, можно сделать вывод, что эти покрытия контактных площадок более пригодны для работы с бессвинцовыми материалами.

Заключение

Это исследование подчеркнуло различия формируемых пустот, которые были обнаружены в ходе рентгеновского контроля с помощью цифровой системы. Стоит упомянуть, что во время проведения исследования впервые был зафиксирован еще один феномен образования пустот (рабочее название — «эффект шампанского»), который может оказаться очень опасным. Этот феномен очень трудно обнаружить, и не все системы рентгеновского контроля способны это сделать.

Как видно на рис. 4, при этом феномене формируется множество очень мелких пустот на грани стыка шарикового вывода и контактной площадки. Из-за места расположения этих пустот и того, что все они образуются в одной плоскости, очень велик риск размыкания контакта или высокого сопротивления после термического циклирования либо, в худшем случае, отказа в ходе эксплуатации. Возможными причинами этого дефекта могут быть окисление покрытий контактных площадок, нарушения в ходе изготовления печатных плат или какая-то реакция в межметаллическом слое. Этот дефект и его местоположение показаны крупным планом на рис. 5.

«Эффект шампанского» был обнаружен на платах с покрытием OSP, ENIG и иммерсионного серебра. Он встречается редко и не отличается каким-то постоянным алгоритмом появления, что дополнительно указывает на непредсказуемость его возникновения, а не простую несовместимость материалов. Единственным надежным способом обнаружения этого типа пустот и вообще всех пустот, формирование которых вызвано описанными выше причинами, остается надежная система рентгеновского контроля с высокой чувстви-

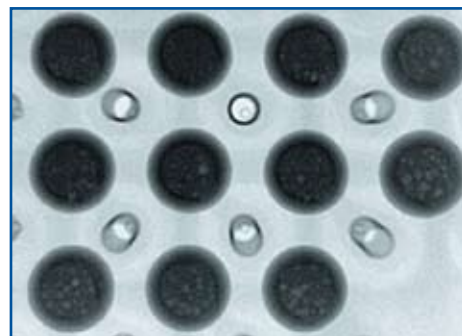


Рис. 4. Большое количество пустот на одной плоскости стыка шарикового вывода и контактной площадки

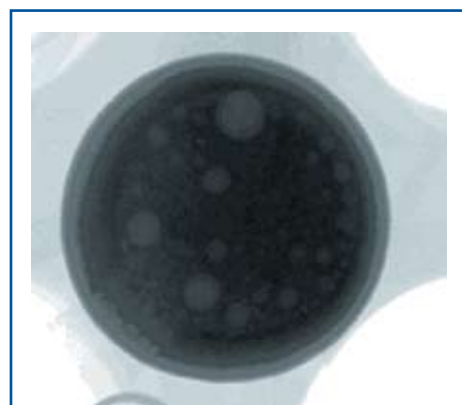


Рис. 5. Наглядный пример (увеличенное изображение с рис. 4) нового феномена формирования пустот, получившего название «эффект шампанского»

тельностью по шкале серого (обнаружение очень мелких элементов) и возможностью проведения анализа под углом к исследуемому образцу (точное определение местоположения найденной пустоты).