

Еще раз о европейской «бесвинцовщине»

Если проследить последовательное изменение содержания публикаций по бесвинцовой тематике, можно четко заметить, что оно (содержание) все более становится адекватным известной отечественной поговорке: «Начали за здоровье...».

Последнее относится и к тем предприятиям или авторам, которые, следуя известным социалистическим традициям, уже досрочно отрапортовали о своей готовности к внедрению новой технологии согласно мудрым указаниям и рекомендациям основополагающей директивы ЕС — RoHS.

**Александр Парфенов,
к. т. н.**

Следовательно, не все так просто и понятно. В самом деле, на фоне отсутствия официально установленной патологии заболеваний монтажников, даже по причине особо опасных органических соединений, образующихся в результате взаимодействия свинца с компонентами традиционно используемых флюсов (тетраэтил и салицилат Pb), данная проблема по меньшей мере выглядит высосанной из пальца [1], поскольку объем загрязнений окружающей среды от электронного хлама на свалках составляет ничтожную долю от объема промышленного загрязнения свинцом, которое создают предприятия металлургической, автотранспортной, кабельной и оружейной промышленности [2].

Тем не менее, сформировавшийся в стране класс дилерского предпринимательства пытается ради собственной прибыли любой ценой «втюхать» отечественному производителю дорогостоящую и наспех доработанную импортную технику и сомнительные технологические материалы под видом «хай-тек». Но позвольте, если «любезно представленная» компанией Speedline Technologies фотография сравнительной растекаемости бесвинцового припоя по контактными площадкам ([3], рис. 1) трактуется в качестве некоего эталона или фактической данности, то с этой компанией и автором [3] просто не о чем говорить!

Дело в том, что известные технические проблемы, связанные с применением бесвинцовых припоев, в достаточной мере рассмотрены автором в [4 и 5] и в особенности в подготовленной к печати книге «Пайка в машиностроении», гл. 4, «Пайка в электронике», редакция «Машиностроение». Проблему плохой паяемости при бесвинцовой технологии можно в какой-то мере решить с использованием высокоактивных флюсов [6]; однако при этом совершенно неизвестно, что станет с печатной платой и аппаратурой в целом. Деление последней на бытовую и специализированную, для которой в силе остается свинцовая технология, просто неприемлемо. В производстве не может быть практики двойных стандартов: неизбежно все перепутают! Усиленно рекомендуемое некоторыми дилерами оборудование для пайки

в азоте не решает этой проблемы: невакумируемые и бесшлюзовые печи не дают эффективной защиты от окисления. С точки зрения математической статистики сравнительные цифры по эффективности использования азота от фирмы Siemens: 82 или 37 дефектов паяных соединений на миллион [7] — это одно и то же! Кроме того, при использовании открытых печей совершенно не известен экологический результат, связанный с изменением парциального давления азота и кислорода в рабочей зоне, а также с результатом взаимодействия азота с компонентами флюса и другой органикой. Дело в том, что для анализа подобного взаимодействия совершенно недостаточно читать популярные учебные пособия по химии, в которых декларируется общая химическая инертность азота. Она зависит не только от температуры химического разложения молекулы на атомарный азот, по аналогии с процессом азотирования, но и от температур, соответствующих реальным процессам пайки, в особенности от давления и присутствия катализаторов. В частности, при использовании активных флюсов (автор приносит извинения за «расхожую» терминологию, принятую в производстве, — неактивные флюсы вообще никому не нужны!), содержащих галогены даже в небольших количествах, образуются пары, например HCl, являющиеся прекрасным катализатором. Поскольку при монтаже, как правило, используются адгезивы, композиции паяльных паст, да и собственно флюсы, основанные зачастую на бисфенольных и иных циклических органических соединениях, то абсолютно не исключены реакции типа:



с заменой гидроксильной группы фенола диазогруппой с образованием легко испаряющихся солей диазония, анилина и т. п. с остронаправленным аллергическим воздействием I и II классов опасности. Как говорит известный юморист, надо быть немножечко «тщитильнее»...

Ну а если принять во внимание возрастание вдвое эффектов термодеструкции на каждые 8 °C [2] и воз-

растание скорости неизвестных нам химических реакций в 100 раз на каждые 10 °С, то теряем, как говорил Райкин, «сумасшедшие деньги»... Кому это нужно?

С другой стороны, понимая, что сегодня в России нет необходимости прилагать гигантские усилия для перехода на бессвинцовую технологию [2], отечественные технологи выражают крайнюю озабоченность возможным непредсказуемым изменением технологических материалов и барьерных покрытий зарубежной элементной базы (ЭКБ), которую Россия вынуждена покупать по целому ряду объективных причин [4, 5]. Тем не менее, автору кажется, что за рубежом вполне достаточно здоровых технологических сил, так же понимающих неоднозначность этой надуманной ситуации; поэтому будем надеяться, что в условиях жесткой конкуренции производители ЭКБ найдут пути обеспечения ее надлежащего качества в аспекте паяемости.

Что же касается сегодняшней номенклатуры финишных или барьерных покрытий, необходимо еще раз пояснить следующее: качественная пайка в аспекте паяемости, характеризующая самопроизвольной растекаемостью припоя под действием сил поверхностных натяжений — весьма «капризная дама», меняющаяся от множества факторов [8], которые были детально изучены автором применительно к традиционной гамме паяемых материалов — Cu, Ni, Ag, Au, Pd и Rh, а технологические рекомендации по результатам этой работы вошли в отраслевые стандарты, выпущенные в свое время НПО «Авангард». Тем не менее, единственной альтернативой для обеспечения безупречной паяемости является наличие растекаемости 3-го рода по классификации автора — то есть сплавление плавящегося при пайке барьерного покрытия с расплавляющимся припоем. Отсюда, любые особо тонкие растворимые в припое иммерсионные покрытия не обеспечивают стабильного качества пайки. Пайка по палладию требует эффективной температуры нагрева 280 °С. Следует вообще избегать использования покрытия драгметаллами, в том числе и бессвинцового припоя, содержащего 4% Ag. Дело в том, что в настоящее время Государственная Пробирная Палата ведет с предприятиями «соответствующую» работу по Постановлению Правительства РФ № 731 от 28.09.2000 и приказу Минфина РФ № 68Н от 29.08.2001 о порядке учета, хранения и отчетности по использованию драгметаллов. Согласно Приказу № 68Н отчетность должна представляться всеми без исключения предприятиями, независимо от формы их собственности, в том числе по всем материалам и комплектации, покупаемым за границей. Многие частные предприятия, пытающиеся оперировать комиссионной отчетностью, в аспекте правовой ответственности могут быть произвольно подставлены чиновникам Пробирной Палаты своими потребителями из категории ФГУП, для которых подобная отчетность — увы, неотъемлемая процедура!

Что касается плавящихся покрытий, иногда с удивлением читаешь, как некоторые дипломированные технологи бодро оперируют

техническими характеристиками порядка 10^{24} или 10^{-13} ед. и в то же самое время не могут решить элементарную арифметическую задачу на простую пропорцию, в результате чего появляются непонятные свойства паяных соединений... В качестве примера можно рассмотреть, что произойдет, скажем, при пайке бессвинцовым оловянным припоем по оптимальному плавящемуся эвтектическому слою Sn-Bi ($T_{пл.} = 139$ °С). Полагая, что паяльную пасту наносят через трафарет $t = 150$ мкм и полученный отпечаток за вычетом 50% органической композиции составляет ~80 мкм по олову, а толщина покрытия составляет 10 мкм, в котором по составу половина или 5 мкм Bi, то, принимая плотность металлов равной единице, для окончательного состава получим 85 мкм Sn и 5 мкм Bi. Тогда: 90 мкм — 100%, а 5 мкм — x . Откуда $x = 5,6\%$. Согласно диаграмме состояния сплав находится в области твердого раствора висмута в олове и имеет $T_{пл.} = 220$ °С, что почти на 100 °С выше $T_{пл.}$ барьерного покрытия. Аналогично можно просчитать и тройную систему, если есть элементарные знания металловедения.

Следует вспомнить, что в добрые старые времена вся военная продукция успешно выполнялась на платах, покрытых сплавом Розе ($T_{пл.} = 96$ °С). А отказались от него якобы по причине снижения сопротивления изоляции печатных плат «по вине» глицерина, в котором производилось оплавление. Впоследствии оказалось, что это была «спекулятивная информация»: сопротивление изоляции снижалось из-за разбавленного раствора HCl, которым декапировали платы и использовали в качестве флюса. А глицерин, как оказалось, не при чем...

Литература

1. Пилипенко О. Нас пугают, а мы не боимся // Технологии в электронной промышленности. 2006. № 3.
2. Медведев А. Покрытия под пайку // Технологии в электронной промышленности. 2006. № 4.
3. Вайз Х. Трафареты для бессвинцовой паяльной пасты. Печатный монтаж // Приложение к журналу «Электроника НТБ». 2006. № 3 (июнь).
4. Парфенов А. Н. На заре ты ее не буди... // Практическая силовая электроника. 2006. № 21.
5. Парфенов А. Российская электроника: точка зрения практика-реалиста // CHIP NEWS. 2005. № 7.
6. Баев С. Решение проблемы плохой паяемости при бессвинцовых технологиях // Производство электроники. 2006. № 4.
7. Липкин Е. Пайка в среде азота // Производство электроники. 2006. № 4.
8. Парфенов А. Н. Взаимодействие оловянно-свинцовых припоев с тонкими металлическими покрытиями. Новые материалы и технология пайки в машиностроении. Мат-лы 5-го Всесоюзного семинара по пайке. Сентябрь 1971 г. ЦП НТО Машпром. М.: Эстонское РП НТО МП, Т. 1971.

«Ограничения на использование опасных материалов в производстве электротехнического и электронного оборудования» (RoHS) вступили в силу, а вопросы все еще остались

По всему миру, в том числе и в России, технологи задают вопросы, которые их очень волнуют в связи со вступлением в силу с 1 июля 2006 года директив RoHS и WEEE на территории ЕС.

Алексей Леонов

leonov@absolut.spb.ru

Как известно, вступившие в силу директивы не требуют обязательной специальной маркировки товара и (или) упаковки. Все известные на данный момент маркировки товаров — это лейблы, которые были разработаны в большей степени как маркетинговые ходы для маркировки своих продуктов. Но закон этого не требует. По закону любой продукт, поступающий на территорию ЕС, автоматически будет считаться соответствующим директивам RoHS. То же самое относится и к логотипу бессвинцовой продукции, в нем также нет необходимости.

Необходима ли для товаров, ввозимых на территорию ЕС, декларация о содержании материалов?

Закон ЕС не требует наличия какого-либо документа, подтверждающего отсутствие вредных материалов (декларации о содержании материалов). Однако если продукция, поступившая на территорию ЕС, задержана после 1 июля 2006 года и признана не соответствующей RoHS, компании необходимо будет продемонстрировать, что она сделала все возможное для обеспечения соответствующих условий.

В этом случае потребуется декларация о содержании материалов (документ, подтверждающий отсутствие вредных материалов) или данные о каждом компоненте товара. При этом очень важно иметь подтверждение отсутствия вредных компонентов на каждый материал, что послужит доказательством ответственности компании и тщательного соблюдения требований директив.

Каковы наиболее важные пункты декларации о содержании материалов в компонентах, платах, схемах?

1. Соответствие указу ЕС RoHS.
2. Отсутствие в составе ингибиторов горения.

Полибромированные бифенилы и полибромированные дифениловые эфиры, которые могут быть найдены в некоторых пластиковых (прессованных) компонентах и ламинатах. Такие вредные компо-

ненты могут встретиться обычно в составе самой платы в стеклотекстолите или пластиковом корпусе изделия.

Многие известные производители уже давно привели свою продукцию в соответствие с требованиями ЕС, о чем публично и заявили, что вся выпускаемая ими продукция соответствует требованиям директив LeadFree, RoHS, WEEE.

Для всех производителей очень важно знать, что содержат в своем составе используемые в производстве материалы и компоненты.

Декларация о содержании материалов может иметь следующий вид:

Компания X, являясь ведущей компанией на рынке высококачественных материалов для электроники, обязуется соблюдать директивы RoHS и WEEE. Продукты, выпускаемые компанией X, соответствуют нормам RoHS и WEEE и изначально не содержат запрещенных веществ. Кроме того, компания X отказалась от использования свинца (Pb), ртути (Hg), кадмия (Cd), шестивалентного хрома (Cr⁶⁺), полибромированных бифенилов (PBB) и полибромированных дифениловых эфиров (PBDE) в будущем.

Также Европейский союз объявил запрет на применение материалов, содержащих пента-, окта- и декабромодифениловые эфиры. Компания X провела экспертизу, которая подтвердила, что ни один из вышеперечисленных продуктов не используется при производстве ее материалов.¹

3. Максимальные температурные границы для процесса бессвинцовой пайки.
4. Новые критерии чувствительности к влаге компонентов, используемых в изделии, собираемом по новой (бессвинцовой) технологии.

Самое главное — документ должен удостоверить, что вредные вещества не обнаружены и данная продукция подходит для бессвинцовых процессов. Бессвинцовая пайка со сплавами SnAgCu потребует более высоких термических профилей. В целях обеспечения надежности особое внимание должно быть уделено максимальной безопасной температуре, которую выдерживает компонент, а также влиянию влаги.

¹ Вышеизложенный пример позаимствован у компании Arlon и иллюстрирует, какие действия предпринимают крупные производители, чтобы соответствовать требованиям, выдвигаемым к производителям.

Какие методы, согласно RoHS, существуют для определения вредных веществ в электронных и электрических компонентах?

Согласно указу RoHS необходимо, чтобы однородные детали, входящие в состав электронной и электротехнической продукции, реализуемой на территории ЕС после 1 июля 2006, содержали свинца менее 0,1%, кадмия — менее 0,01%, полибромированных бифенилов и полибромированных дифениловых эфиров — менее 0,1%, хрома (VI) — менее 0,1%, ртути — менее 0,1%.

Одной из непростых и дорогостоящих задач является определение наличия полибромированных бифенилов и полибромированных дифениловых эфиров. Определение наличия хрома (VI) также может быть дорогой процедурой, аналитические тесты могут носить деструктивный характер и требовать предварительной варки в кислотах.

Существуют и другие методы определения вредных веществ в электротехнических продуктах, например, рентгенолюминесцентная спектроскопия. Рентгенолюминесцентный анализ не является деструктивным и позволяет эффективно определить наличие свинца, ртути и кадмия. Также данный метод позволяет определять элементарный бром и хром, но определять, находятся ли они в составе полибромированных бифенилов или полибромированных дифениловых эфиров, а также валентные состояния хрома, данный метод не позволяет.

Рентгенолюминесцентные спектрометры являются дорогостоящим оборудованием, цена на которое лежит в диапазоне от \$60 тыс. до \$120 тыс., поэтому многие производители, проводя тесты компонентов, плат, схем, изделий из пластика и металлических частей, пользуются услугами сторонних лабораторий, оборудованных данными системами. Некоторые предприятия приобретают подобное оборудование, но наиболее приемлемым является отправка своих изделий на исследование в существующие лаборатории, оборудованные спектрометрами.²

Есть ли в стандарте J-STD-020C от июля 2004 года изменения, касающиеся бессвинцовых технологий?

Стандарт IPC/JEDEC J-STD-020C от июля 2004 года дает классификацию чувствительности к влаге/оплавлению для негерметичных компонентов поверхностного монтажа с твердой поверхностью и детализирует термические профили, которым должны соответствовать поверхностно монтируемые компоненты, чтобы они были классифицированы как удовлетворяющие требованиям бессвинцовых процессов.

Более высокие профили оплавления, достигающие значений температуры в диапазоне 235–255 °C при бессвинцовой технологии, могут потребовать повторной квалификации компонента согласно новым предельным значениям чувствительности к влаге. Это должны понимать конструкторы, логисты, производители и персонал, отвечающий за закупку. Необходимо принять меры для избежания

проблем, связанных с наличием влаги (эффект попкорна (popcorning), отслоение и растрескивание) во время оплавления.

Вопросы совместимости

Можно ли использовать свинцовые компоненты при бессвинцовой машинной (волновой) пайке?

Компоненты с выводами (контактами), покрытыми свинцом, не должны использоваться при бессвинцовой волновой пайке (рис. 1). Бессвинцовый прутковый припой в своем составе содержит небольшое количество свинца, как правило, в пределах 0,01–0,08%. Согласно указу RoHS максимально допустимое количество свинца составляет 0,1%, и для превышения данного лимита нужно не так уж много свинца. Чтобы не допустить превышения предельного значения, необходимо исключить использование компонентов с выводами (контактами), содержащими в своем покрытии свинец.



Рис. 1. Отрыв (подъем) кромки (шва) контакта при волновой пайке из-за включений свинца

Пожалуй, не существует эффективных способов уменьшения содержания количества свинца в ванне, кроме разбавления ее свежим припоем при превышении предельного значения свинца (0,1%).

Увеличение содержания свинца в составе сплава может способствовать повышению вероятности образования подпаятия и отрыва кромки шва контакта.

Но согласно стандарту IPC-610D данный эффект не является дефектом, однако для вынесения окончательного решения необходимы дальнейшие исследования, для выяснения влияния этих эффектов на стабильную работу изделия. Для изделий потребительской электроники высокая надежность не является критичным фактором, так как большинство этих изделий не подвергается термической обработке или термическому шоку во время использования.

Можно ли в процессе поверхностного монтажа использовать компоненты с выводами, покрытыми свинцом, и бессвинцовые припойные пасты и припои?

Производители компонентов часто используют сплавы Sn90Pb10 или Sn85Pb15 для лужения контактов компонентов. При пайке не-

большое количество свинца (<2%) остается в бессвинцовом паяном соединении, однако это не влияет на усилие на отрыв и усилие сдвига при тестировании. Некоторые производители используют вместе свинцовые и бессвинцовые SMD-компоненты в одном изделии, что не влияет на надежность продукта. Большинство из них применяются в потребительской электронике.

Для достижения максимальной надежности рекомендуется использовать полностью бессвинцовые системы. Если все-таки необходимость работы с компонентами, имеющими свинцовые контакты, очень велика или их нельзя исключить, то для достижения наибольшей надежности рекомендуется проведение собственных, дополнительных испытаний, тестов для учета влияния свинца, присутствующего в покрытии, и минимизации отрицательных воздействий.

Необходимо помнить о том, что согласно RoHS содержание свинца должно составлять не более 0,1%, поэтому свинцовые контакты могут увеличить конечное содержание свинца до величины, превышающей допустимую.

Вопросы надежности

Каков риск, связанный с использованием более высоких термических профилей при оплавлении припоев SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5)?

Припой SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) плавится в диапазоне 217–220 °C, следовательно, температурный профиль растет до пиковых температур 235–255 °C в зависимости от собранного изделия. В большинстве случаев время жидкой фазы составляет 40–90 секунд. Пиковые температуры профиля припоя SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) на 25–35 °C выше, чем в обычных процессах с свинцовыми пастами.

Подобное повышение температуры может негативно повлиять на компоненты, платы и системы флюсования.

Возможные последствия:

1. Повреждение пресс-композиции компонента.
2. Внутренние повреждения компонента.
3. Расслоение платы.
4. Обесцвечивание компонента и платы.
5. Растворение исходного металлического покрытия компонента.
6. Увеличение толщины интерметаллического соединения.
7. Выщелачивание и уменьшение толщины металлического покрытия.
8. Увеличение окисления, что отрицательно влияет на последующие операции пайки.

Для снижения возможных рисков технологам необходимо убедиться, что компоненты и платы подходят для бессвинцового процесса. Чрезвычайно важно удостовериться в том, что компоненты способны выдерживать пиковые температуры оплавления 250–260 °C. Кроме того, уровень чувствительности отдельных компонентов к влаге может быть ниже

² Дополнительной услугой лаборатории компании Kester является проведение спектрометрического анализа на спектрометре Fischer Technology.

при работе по бессвинцовой технологии. Более подробную информацию об этом можно получить в документе IPC-J-STD-020C. Данный документ может оказаться очень полезным для персонала отдела закупок, поскольку позволяет соотнести требования, предъявляемые данным стандартом, к бессвинцовым компонентам.

Обеспечение наименьших возможных пиковых температур и времени нахождения над жидкой фазой позволит уменьшить образование интерметаллидов и выщелачивание металлического покрытия. Для адекватной пайки всех деталей потребуется достаточное количество тепла, следовательно, необходима тщательная балансировка температурного профиля.

Обычно снижения пиковой температуры процесса можно достичь увеличением его продолжительности, но для этого необходимо, чтобы оборудование имело достаточно мощные нагреватели и высокую равномерность распределения температуры в рабочей зоне.

На практике удалось добиться значительно снижения пиковой температуры увеличением времени процесса, что может заметно снизить опасное воздействие высокой температуры как на компоненты, так и на саму плату. Была использована установка селективной пайки DRS24³ с воздушным конвекционным нагревом сверху и снизу.

Каков риск в процессе волновой пайки при использовании припоев сплава SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) или сплавов олово-медь?

Как правило, при использовании сплава SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) при пайке волной устанавливается температура 255–260 °C, а при использовании сплава олово-медь температура несколько выше — 260–270 °C.

При пайке сплавом Sn63Pb37 температура в рабочей зоне составляет 260 °C. Если время контакта с расплавленным припоем сплава SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) оставить тем же, то отрицательного воздействия не будет.

Однако многие производители заметили, что необходимо все-таки уменьшить скорость конвейера и увеличить время контакта, что позволит достичь адекватного заполнения отверстий бессвинцовыми припоями. Но самой сложной является пайка толстых плат (более 2,36 мм), для которых потребуется еще большее время контакта во избежание недостаточного заполнения отверстий. Это прямой результат различий физических свойств сплавов, постольку SAC305 (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) и другие бессвинцовые сплавы не так быстро оплавляются, как Sn63Pb37.

Снижение скорости конвейера и, следовательно, увеличение времени контакта позволит достичь адекватного заполнения отверстий. Однако увеличение времени контакта при недостаточном контроле процесса может вызвать такие проблемы, как повреждение защитной паяльной маски, стеклотекстолита и нижней стороны SMD-компонента.

Таблица. Результаты тестирования на термическую устойчивость некоторых защитных паяльных масок к бессвинцовым припоям

Метод тестирования	Защитная паяльная маска	Результат
Погружение в ванну расплава припоя с температурой 288 °C на 5 секунд, охлаждение, погружение в ванну расплава припоя с температурой 320 °C на 5 секунд	PSR4000 H85	Нет отслоения
	PSR4000 H855	Нет отслоения
	PSR4000 GHP3	Нет отслоения
Плавление платы по расплаву припоя с температурой 288 °C, 3 цикла плавления по 20 секунд каждый, между циклами погружение в воду со льдом на 10 секунд	PSR4000 G23K	Нет отслоения
	PSR4000 MH	Нет отслоения
	PSR4000 AM10M	Нет отслоения
	PSR4000 AMTM	Нет отслоения

Taiyo INK MFG. CO., LTD.

При использовании сплавов олово-медь может потребоваться еще большее время контакта из-за еще меньшей смачиваемости подобных сплавов (сплавы олово-медь имеют более низкую смачиваемость по отношению к сплавам SAC), таким образом, риск термического повреждения повышается.

Часть этих проблем можно решить, используя более дорогие высококачественные базовые материалы, изготовленные на основе модифицированных эпоксидных смол или на основе полиимида таких марок, как NP150, NP170, NP180, NP200, Q114, Q115, Q117, IS400, IS600, 11N, 45N, 35N, а кроме того — с помощью высококачественной защитной паяльной маски серий PSR4000 H85, H855, GHP3, G23K, MH, AM10M, AMTM, обладающих высокой термической устойчивостью при продолжительном воздействии (таблица).

Конечно же, их использование может привести к увеличению себестоимости самой печатной платы, однако это способствует увеличению выхода годных изделий, снижению брака и человеческих трудозатрат на исправление и ремонт и, в конечном итоге, экономии.

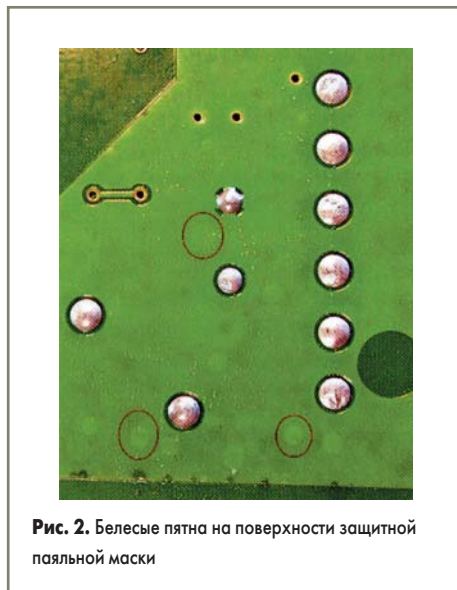


Рис. 2. Белесые пятна на поверхности защитной паяльной маски

Каково влияние загрязнения свинцом бессвинцовых соединений на результаты тестов на отрыв и на сдвиг?

При небольшом количестве свинца в сплавах SAC (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) не было замечено каких-то изменений в результатах тестов на отрыв и на сдвиг паяных соединений. Отчет консорциума Gintic Singapore показал, что наличие до 2% свинца (по весу) в сплавах SAC (Sn96,5Ag3,0Cu0,5) не оказывает какого-либо негативного влияния на качество соединения. Однако бессвинцовые выводы компонентов, припаянные бессвинцовыми припоями, считаются наиболее чувствительным местом в изделиях и их надежность все еще под вопросом.

При волновой пайке наличие свинца может привести к отрыву (поднятию) кромки (шва) контакта.

Каковы первые шаги для обеспечения надежности процессов поверхностного монтажа, волновой пайки при работе с бессвинцовыми припоями?

Информационная база по бессвинцовой сборке быстро растет. Но вначале необходимо выбрать сплав, который уже тщательно изучен в промышленности. Сплавы семейства SAC, о которых существует масса данных, могут быть отнесены к данной категории.

Очень важно понимать физические и химические свойства бессвинцовых припоев, так как многие из них обладают меньшей смачиваемостью и более высоким поверхностным натяжением. Данные обстоятельства требуют от технологий оптимизации процесса пайки и обеспечения получения прочных паяных соединений.

На рис. 2 показано, что на поверхности защитной паяльной маски наблюдается дефект в виде образования пузырьков вследствие воздействия высокой температуры расплава припоя при недостаточной термической стойкости материала защитной паяльной маски.

Вопросы по процессу бессвинцовой волновой пайки

Как можно работать, используя не требующие отмытки флюсы и бессвинцовый припой при волновой пайке толстых плат (особенно с ОЗП — органическим защитным покрытием на поверхности меди) с большими теплоотводами и большим циклом предварительного подогрева платы?

Волновая пайка толстых плат (2,36 мм), особенно с финишными покрытиями ОЗП, может быть довольно сложной, в частности, с точки зрения заполнения отверстий. Тем, кто использует водосмываемые флюсы, содержащие больше химически активных компонентов, приходится платить больше, чем тем, кто использует не требующие отмытки флюсы с низким содержанием твердых частиц.

Если при использовании не требующих отмытки флюсов заполнение отверстий недостаточно (рис. 3), то для увеличения заполнения отверстий припоем можно попробовать следующие методы:

1. Уменьшить скорость конвейера.

³ Все работы проводились на различных телефонных платах Nokia с использованием установки селективной пайки DRS24 производства компании Zevac, в качестве флюсующего материала использовался флюс-гель Lavortec и Kester.

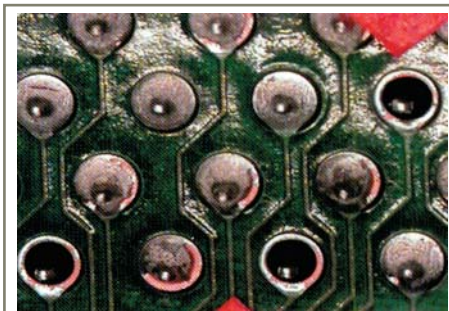


Рис. 3. Плохое заполнение отверстий

2. Увеличить время контакта при пайке волной.
3. Увеличить температуру припоя на 5–10 °С.
4. Нанести на плату больше флюса.
5. Выбрать более термостойкий флюс.
6. Отключить воздушные ножи или уменьшить давление воздуха.
7. Использовать не требующий отмывки флюс с большим содержанием твердых частиц.
8. Использовать более активный флюс, например, ROL1.
9. Попробовать припой SAC305, если использовались припой олово-медь.
10. Использовать другие финишные покрытия контактных площадок, которые легче поддаются пайке.

Говоря о финишных покрытиях плат, отмечают, что при работе с иммерсионным серебром и покрытием контактных площадок окунанием в расплав бессвинцового припоя (процесс HASL) возникает меньше сложностей с заполнением отверстий. Использование флюсов с более высоким содержанием твердых частиц ведет к увеличению количества остатков, но в этом случае необходимо сохранение работоспособности активаторов в течение всего процесса предварительного нагрева и пайки. Применение флюсов с более высоким содержанием твердых частиц позволит улучшить термостойкость и заполнение отверстий по сравнению с флюсами с меньшим содержанием твердых частиц.

Необходима ли атмосфера азота при бессвинцовой волновой пайке?

При оплавлении не всегда есть необходимость в атмосфере азота, хотя при волновой пайке она поможет свести вынос припоя к минимуму. Отчеты показывают, что в среднем количество выноса припоя уменьшается на 95%. Стоимость пруткового бессвинцового припоя выше, чем припоя Sn63Pb37, таким образом, применение атмосферы азота в тех случаях, когда процесс пайки волной идет в течение 8 часов в день, может быть довольно выгодным.

Азот нужен только для уменьшения образования оксида (рис. 4), но его применение не является необходимым требованием, обеспечивающим отличные результаты при пайке.

Атмосфера азота также может улучшить недостаточную смачиваемость, но в то же время увеличивает образование перемычек, особенно если применяется слабо активный флюс (не требующий отмывки типа L0) и/или при перегреве во время предварительного нагрева.

Если не использовать атмосферу азота при работе с флюсом, разработанным для бессвинцовой пайки, можно по-прежнему достичь от-

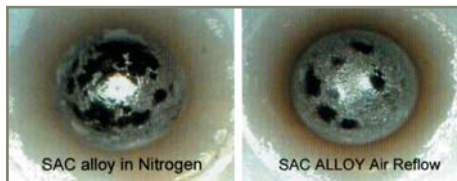


Рис. 4. Разница во внешнем виде поверхности припой оплавленного в атмосфере азота и воздуха

личных результатов (при условии оптимизации остальных параметров).

Вопросы по оплавлению бессвинцовых припоев

Нужно ли модифицировать конструкцию трафарета, менять параметры печати для бессвинцовой технологии?

При правильно подобранном составе бессвинцовой паяльной пасты содержание металлов меньше по весу, но при этом изменять параметры печати не нужно. Изменение процентного содержания металлов является результатом отличия в плотности свинецсодержащих и бессвинцовых припоев. Объемное соотношение флюса в пасте должно оставаться постоянным при переходе к бессвинцовым пастам. Скорости печати большинства паст достигает 100 мм/сек и выше, при этом сохраняются хорошие характеристики печати. Время жизни паяльной пасты после открытия заводской упаковки и срок жизни паяльной пасты на трафарете при бессвинцовых технологиях сравнимы с аналогичными характеристиками паяльных паст на свинцовой основе Sn63Pb37.

Из-за более слабого поверхностного натяжения бессвинцовых припоев финишные покрытия или медь на контактных площадках могут быть видны по периметру паяного соединения. Это не является дефектом согласно IPC-610, однако многие производители предпочитают получить полное покрытие всей площади контактной площадки. Для обеспечения полного покрытия рекомендуется увеличить размеры апертур трафарета. Но при этом придется более тщательно следить, чтобы не образовывались перемычки, шарики припоя и наплывы (натёки) из-за большей площади нанесения паяльной пасты на контактные площадки.

При выборе бессвинцовой паяльной пасты с отличными печатными характеристиками важно проверить следующее:

1. Требования к давлению при печати.
2. Скорость и четкость печати.
3. Время простоя.
4. Срок жизни пасты на трафарете.
5. Способность смачивать поверхности различных финишных покрытий.
6. Время оплавления.
7. Диаметр частиц, тип III или IV.

Для более сложных плат с высокой плотностью монтажа и малым шагом контактов могут применяться пасты с частицами IV типа, но это скажется на увеличении стоимости пасты и на уменьшении ее срока жизни, так как паяльная паста с зерном IV тип быстрее окис-

ляется и срок ее жизни на трафарете значительно меньше.

Могут ли BGA-компоненты с бессвинцовыми выводами надежно припаяны свинцовыми паяльными пастами?

Бессвинцовые BGA-компоненты содержат шариковые выводы, контакты из сплавов SAC (SnAgCu), и многие производители, использующие свинцовые пасты, озабочены надежностью паяных соединений (рис. 5).



Рис. 5. Типичное соединение BGA сплавом SAC

Отдельные производители при использовании этих компонентов в своих изделиях паяют их бессвинцовыми паяльными пастами на основе сплавов SAC (SnAgCu) в отличие от всей остальной комплектации изделия, при пайке которого они используют другие паяльные пасты. В данном случае это необязательно — необходимость в совместимости материалов припоя и выводов компонента является надуманной.

Впрочем, когда в некоторых случаях бессвинцовые BGA-компоненты требуется припаять свинцовой паяльной пастой, например, на основе сплава Sn63Pb37, надежность паек будет под вопросом. Для обеспечения качественной пайки бессвинцовых шариковых выводов свинцовой паяльной пастой (в частности, при использовании сплава Sn63Pb37) необходимо использовать типичный бессвинцовый термический профиль для обеспечения оптимального оплавления выводов, хотя при этом возникает опасность плохой смачиваемости и повышенного образования пустот в пайках (рис. 6).

Пайка BGA-компонентов может быть надежной в том случае, когда свинцовые или бессвинцовые пасты обеспечивают хорошее смачивание без образования пустот.

В итоге все это усложняет работу технологов. С одной стороны, для получения качественной пайки бессвинцовых шариковых выводов на свинцовой пасте пайка должна проводиться при температурах, типичных для бессвинцовых паяльных паст. С другой стороны, это увеличивает вероятность образования пустот в паяных соединениях.



Рис. 6. Дефект плохой смачиваемости

Вопросы по ручной бессвинцовой пайке

Как можно улучшить процесс ручной бессвинцовой пайки?

Последняя информация о бессвинцовых технологиях, представленная TechSearch International, гласит: ручная пайка сопровождается еще большими сложностями, чем волновая бессвинцовая пайка и поверхностный монтаж.

Причиной может быть меньшая зависимость оплавления и пайки волной от влияния оператора, а также более высокое поверхностное натяжение бессвинцовых припоев. Смачиваемость и растекаемость также немного меньше по сравнению с Sn63Pb37.

Для уменьшения влияния человеческого фактора и улучшения смачиваемости необходима оптимизация процесса пайки. Для исключения проблем рекомендуется использовать паяльную проволоку с флюсовым сердечником 2–3% (по весу), температуру паяльного жала 700–800 °F (370–425 °C). Кроме того, текучесть сплава SAC (SnAgCu) лучше, чем сплава олово-медь SnCu.

Основные проблемы, дефекты при ручной бессвинцовой пайке — холодные пайки, плохое смачивание и полное отсутствие смачивания. Избежать данных сложностей можно, задав соответствующие параметры процесса и используя соответствующие материалы.

Как увеличить срок жизни паяльного жала при бессвинцовой пайке?

Припой на основе сплавов SAC (SnAgCu) и олово-медь с высоким содержанием олова более агрессивно выщелачивают металлы по сравнению со стандартными, традиционными свинецсодержащими сплавами. Поэтому срок службы (годности) емкостей, ванн из нержавеющей стали, использующихся при пайке волной, уменьшается при работе с бессвинцовыми сплавами. Аналогично происходит выщелачивание железа паяльного жала оловом до формы Fe₃Sn. Для продления срока службы жала рекомендуется использовать по возможности наименьшую температуру для пайки. Обычно 700 °F (370 °C) достаточно для работы с припоями на основе SAC (SnAgCu). Еще одним способом продлить срок службы жала является выключение нагрева жала, когда пайка не происходит. Используя хорошо облуженные паяльные жала оптимального размера, можно существенно уменьшить их

повреждения, которые могут быть связаны с тем, что оператор еще не привык к меньшей смачиваемости бессвинцовых припоев.

Работа с более агрессивной паяльной проволокой с флюсовым сердечником и жидкими флюсами также уменьшает срок службы жала паяльника (рис. 7). Монтажники, применяющие водосмываемую паяльную проволоку, также существенно снижают срок службы жала по сравнению с монтажниками, которые используют проволоку с флюсами, не требующими отмывки.



Рис. 7. Поврежденное жало паяльника от использования бессвинцовых припоев

Некоторые производители паяльных жал выпускают сейчас более толстые жала для бессвинцовой пайки, это должно увеличить срок службы жала (рис. 8). Однако стоит помнить, что не все паяльные жала одинаковы. И здесь существует еще большой пласт работы, которую нужно провести, чтобы увеличить срок службы жала паяльника при работе с бессвинцовыми припоями.

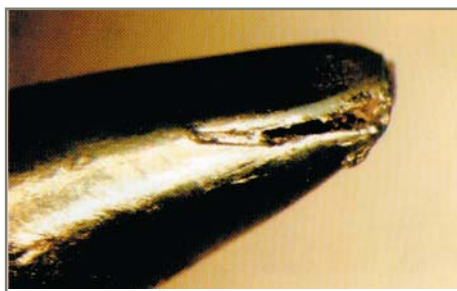


Рис. 8. Толстые жала для бессвинцовой пайки

Флюсовый сердечник в паяльной проволоке должен уменьшать образование оксидов и обеспечивать хорошую смачиваемость, не увеличивая при этом время контакта. Высокие температуры вплоть до 800 °F (425 °C) не должны

влиять на флюс. Не требующие отмывки флюсы не должны обугливаться или обесцвечиваться, а водосмываемые флюсы должны быть легко удаляемы с помощью традиционного оборудования для отмывки.

При работе с бессвинцовыми припоями рекомендуется отключать постоянный нагрев жала паяльника и (или) использовать режим ожидания, при котором паяльная станция во время простоя автоматически снижает температуру на жале. Многие производители уже имеют в своей линейке паяльные станции, полностью удовлетворяющие требованиям бессвинцовой пайки, в том числе и обеспечения максимально эффективной работы.



Рис. 9. Паяльная станция RX-802

Одной из таких паяльных станций является модель RX-802 (рис. 9) производства компании Taiyo Electric, обладающая следующими достоинствами:

- высокая скорость выхода на рабочий режим — менее чем за 6 секунд;
- мощный нагреватель и датчик температуры, встроенные в жало и способные поддерживать стабильную температуру паяльного жала даже при продолжительной пайке;
- режим ожидания, позволяющий эффективно использовать ресурс паяльной станции и продлевать срок службы паяльных жал;
- уникальная система быстрой смены паяльных жал без специальных теплостойких перчаток и специализированных щипцов.

Самую свежую и полезную информацию, касающуюся директив и указов WEEE и RoHS, можно найти на следующих сайтах:

- www.dti.gov.uk/sustainability
- www.europa.eu.int/comm/environment/waste/weee_index.htm

Литература

1. The Source for Lead-Free assembly information Kester Quartely Newsletter Vol. 2, Issue 4.
2. Смертина Т. Технология нанесения и обработки жидких паяльных масок // Технологии в электронной промышленности. 2005. № 6. 2006. № 1.
3. Информационные бюллетень «Поверхностный монтаж». 2005. № 9.
4. www.arlon-med.com/Position%20on%20RoHS%20and%20WEEE%20Compliance.pdf
5. www.europa.eu.int/comm/environment/waste/weee_index.htm
6. www.argus-x.ru/index.php?currentIndex=1¤tIsExpanded=1