

Бесвинцовые паяльные пасты

Часть I. Эволюция бесвинцовых паяльных паст

Эволюция, в широком смысле этого слова, означает постепенное изменение сложных систем во времени. Теория эволюции говорит о том, что поскольку условия постоянно меняются, то выживают только те, кто наилучшим образом приспособлен к жизни в новых условиях. Если говорить о технологиях пайки, то яркий пример — это эволюция паяльных паст в условиях сложившихся законодательных инициатив. О ней и пойдет речь в нашей статье.

Антон Большаков

materials@ostec-smf.ru

Изменение условий

К изменениям условий можно отнести:

1. Повышение температуры плавления бесвинцовых сплавов; ужесточение требований к температурной стабильности флюсующей составляющей паяльных паст.
2. Различия характеристик смачивания свинцовых и бесвинцовых сплавов; необходимость внесения изменений в технологические процессы для уменьшения этих различий.
3. Особенности визуального и АОИ контроля, связанные с изменением внешнего вида паяных соединений; появление вероятности того, что остатки флюса после пайки могут быть более темными и/или менее прозрачными, что будет накладывать дополнительные ограничения.

Рассмотрим эволюцию бесвинцовых паяльных паст: от простого изменения существующих оловянно-свинцовых паст до паст, специально разработанных для бесвинцовой пайки. Какое влияние эти изменения окажут на технологический процесс и качество пайки?

Бесвинцовые сплавы и температурная стабильность флюсующей композиции

Большинство бесвинцовых припоев, используемых в массовом производстве электроники, основаны на оловянных, эвтектических (или близких к эвтектическим) сплавах с температурой плавления, превышающей 200 °С.

Традиционные оловянно-свинцовые сплавы с точкой плавления около 180 °С требуют минимальной пиковой температуры пайки 210–220 °С. Бесвинцовая технология требует обеспечения гораздо более высоких пиковых температур пайки.

Повышенные температуры пайки ужесточают требования к процессу. В этом случае неравномерность температуры ΔT поверхности печатного узла при пайке гораздо значительнее влияет на возникновение дефектов.

Это можно проиллюстрировать теоретически наилучшим сценарием, когда неравномерность температуры ΔT поверхности печатного узла составляет, например, 20 °С. При пайке традиционной паяльной пастой с установленной минимальной пиковой температурой 210 °С такая неравномерность может давать самую холодную точку в диапазоне 190–200 °С и самую горячую точку в диапазоне 220–230 °С. И в большинстве случаев качество все-таки будет приемлемым.

При бесвинцовой технологии с установленной минимальной пиковой температурой 230 °С (только на 13 °С выше точки плавления бесвинцового припоя Sn/Ag/Cu) такой разброс температур ΔT будет давать минимальную/максимальную температуру в диапазоне 210–220 °С и 240–250 °С. Если мы достигнем этих экстремальных граничных температур, то в одной из точек ПУ мы не достигнем точки плавления припоя, а в самой горячей точке можем превысить температуру, рекомендованную для компонентной базы.

Для того чтобы уменьшить неравномерность температур на поверхности печатного узла, рекомендуется введение в температурный профиль стадии стабилизации. Соответственно, температурный профиль становится более протяженным, что наряду с более высокими температурами пайки увеличивает требования к флюсующей составляющей паяльной пасты.

Любая флюсующая система содержит ограниченное количество «активных» компонентов. Эти компоненты должны удалять любые оксиды с поверхности печатного узла, содействовать металлизации выводов компонентов и металлической составляющей паяльной пасты, обеспечивая чистоту поверхности в течение всего процесса.

В аэробном процессе пайки происходит постоянное окисление всех этих поверхностей, и с увеличением температуры будет увеличиваться скорость окисления, а с увеличением длительности температурного профиля будет увеличиваться количество окислов. Если при достижении темпера-



Рис. 1. Увеличение уровня оксидов (слева направо) приводит к спеканию частиц припоя

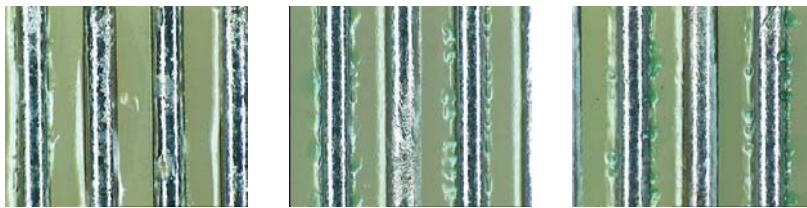


Рис. 2. Тест на поверхностное сопротивление (IPC-B-25). Активность флюса увеличивается слева направо, соответственно увеличивается степень коррозии

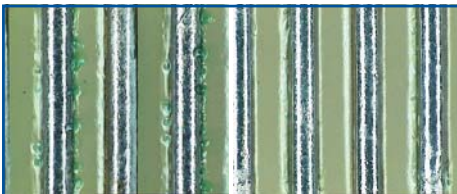


Рис. 3. Флюс с тем же самым уровнем активности с защитной полимерной системой (справа) и без нее (слева)

туры пайки (при протекании процессов расплавления и смачивания поверхностей) во флюсе не будет оставаться активаторов, то процесс окисления спаиваемых поверхностей негативно скажется на качестве паяных соединений. Так, на рис. 1 представлены результаты спекания частиц припоя паяльной пасты из-за окисления в процессе оплавления.

Напрашивается простое, на первый взгляд, решение — добавить большее количество активаторов для получения паяльной пасты с более стабильными свойствами. Однако из-за этого может пострадать надежность паяного соединения (рис. 2).

Для того чтобы решить эту проблему, подбираются активаторы, оставляющие более «падающие» остатки после пайки, а флюсоующая составляющая разрабатывается таким образом, чтобы на поверхности паяного соединения оставалось диэлектрическое химически инертное покрытие (рис. 3).

Быстродействие флюса

Еще одна особенность бессвинцовой пайки связана с процессом образования интерметаллического соединения. Опыты показывают, что увеличение температуры может вызвать выщелачивание металлизации выводов ком-

понентов в объем паяного соединения, а это может негативно сказаться на надежности печатного узла.

Поэтому еще один подход при создании современных паяльных паст — это разработка быстродействующей флюсоующей составляющей, которая будет способствовать образованию интерметаллического соединения при более низких температурах. В результате качественное паяное соединение будет образовываться при более низких пиковых температурах пайки.

В лабораторных условиях достигались результаты, когда даже небольшое превышение (5 °C) температуры плавления бессвинцового припоя позволяло получить полностью оплавленные паяные соединения приемлемого качества.

В производственных же условиях накладываются ограничения, связанные с неравномерностью температур на поверхности из-за особенностей используемых печей оплавления и конструкции печатного узла. Поэтому на практике для обеспечения безопасного запаса между температурой плавления и температурой пайки рекомендована минимальная пиковая температура не менее 230–235 °C. Пример дефекта, связанного с неравномерностью температур, представлен на рис. 4.

Технологическое окно оплавления, составленное по результатам лабораторных экспе-



Рис. 4. Наблюдаются отдельные частицы не оплавленной металлической составляющей на поверхности галтели

риментов, показывает, что минимальной пиковой температурой пайки, при которой достигался хороший уровень пайки, является температура 222 °C (это только на 5 °C выше точки плавления припоя на сплаве Sn/Ag/Cu). Также стоит заметить, что возможная максимальная пиковая температура превышает 260 °C. Такое расширенное технологическое окно процесса позволяет подбирать температурные профили в соответствии с требованиями компонентной базы, конструкции печатного узла и особенностей оборудования.

Характеристики смачивания

Еще одна особенность бессвинцовой пайки связана с более высоким поверхностным натяжением и увеличением угла смачивания бессвинцового припоя (таблица).

Таблица. Угол смачивания бессвинцовых сплавов

Паяемая поверхность	Бессвинцовый сплав			
	Sn/Cu	Sn/Ag	Sn/Ag/Cu	Sn/Pb
Cu	42	43	43	12
Sn	19	26	24	13
Sn/Pb	19	19	22	5
Sn/Cu	15	11	18	17

Отмечено, что бессвинцовые сплавы хуже растекаются и смачивают спаиваемые поверхности.

При традиционном подходе к конструированию трафаретов, когда апертуры уменьшены по отношению к контактной площадке, могут наблюдаться не смоченные края контактных площадок. Поэтому, в зависимости от требований к паяным соединениям, может потребоваться пересмотр конструкции трафарета для обеспечения соотношения апертуры трафарета и контактной площадки как 1:1.

Тип металлизации может также повлиять на характеристики смачивания. Чтобы оценить это, был проведен эксперимент, при котором паяльная паста умышленно наносилась со смещением 50% относительно контактных площадок. После оплавления оценивалась площадь смачивания, а также наличие шариков припоя на маске. Результаты эксперимента представлены на рис. 5–9. А на рис. 10 показано, как различные флюсоующие составляющие могут влиять на характеристики смачивания по одному и тому же типу металлизации, в данном случае медью.

Внешний вид паяных соединений

Следующая особенность по сравнению с традиционным сплавом — исчезает «блеск».

«Блеск» любой поверхности объясняется ее отражающей способностью. Гладкая поверхность традиционного паяного соединения будет блестящей, так как свет будет отражаться под углом, равным углу падения.

Поверхности бессвинцовых сплавов шероховатые (рис. 10). От такой поверхности свет не отражается под углом падения, а рассеивается по различным направлениям. Даже если

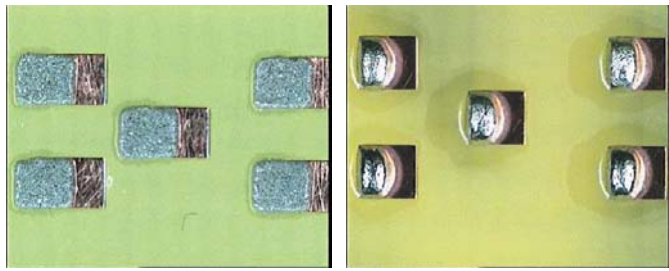


Рис. 5. Характеристика смачивания по меди

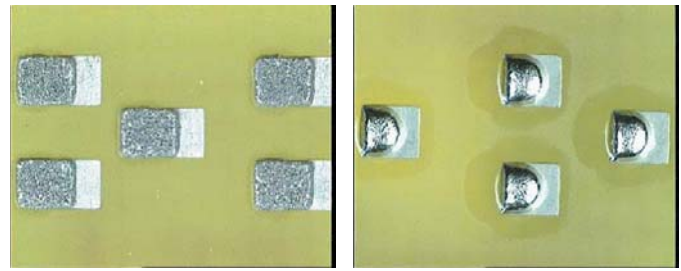


Рис. 6. Характеристика смачивания по иммерсионному олову

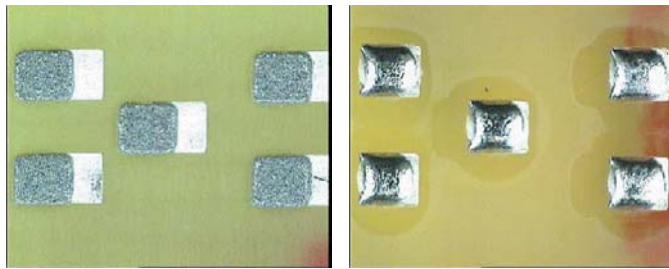


Рис. 7. Характеристика смачивания по иммерсионному серебру

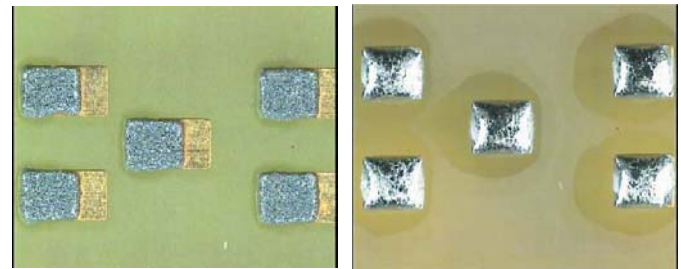


Рис. 8. Характеристика смачивания по иммерсионному золоту

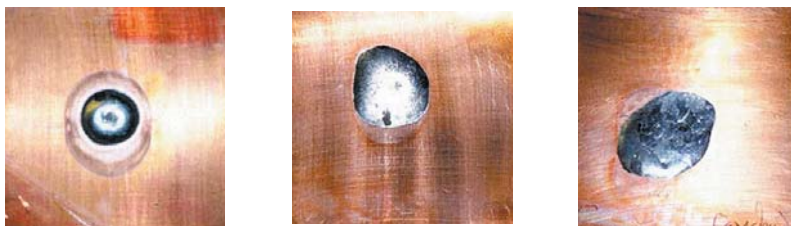


Рис. 9. Влияние флюсующей составляющей на характеристики смачивания по одному и тому же типу металлизации

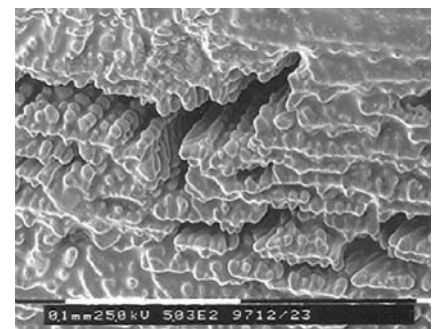


Рис. 10. Снимок поверхности бессвинцового сплава электронным микроскопом

бессвинцовое паяное соединение качественное, оно будет выглядеть матовым. Такое изменение требует пересмотра критериев визуального контроля.

Еще один момент связан с внешним видом остатков флюса. Органическая часть флюсующей составляющей формируется на основе натуральной или искусственно синтезированной канифоли.

Натуральная канифоль — чрезвычайно удобный материал, так как она обладает природными флюсующими свойствами, а ее остатки после пайки гидрофобные и обладают диэлектрическими свойствами. Еще один плюс натуральной канифоли — это относительная дешевизна. С другой стороны, недостатком является то, что натуральная канифоль окисляется и темнеет при повышенных температурах. Этот исключительно косметический эффект будет наиболее отчетливо проявляться при процессах бессвинцовой пайки.

Для преодоления этого эффекта формулируется стратегия на получение источника материала с более высоким уровнем температурной стабильности.

Модифицированные и синтетические смолы обеспечивают широкий спектр свойств в зависимости от своего химического состава. Такие материалы не только позволяют получить необходимую температурную стабильность, но и повторяемость свойств от партии к партии. Это заслуживает внимания, так как характеристики натуральной канифоли меняются в зависимости от региона и погоды, что, в конечном итоге, может сказаться на свойствах паяльной пасты.

Соответственно, переход от традиционной технологии к бессвинцовой влечет и замену компонентов флюса. Остатки флюса большинства бессвинцовых паст первых поколений темные, твердые и хрупкие. В новых паяльных пастах стараются уменьшить количество остат-

ков флюса, чтобы обеспечить привлекательный внешний вид паяных соединений.

На рис. 11 наглядно видна различная степень окрашивания и количество остатков флюса разных паяльных паст. Менее заметные остатки флюса упрощают процесс визуального контроля. Это достоинство современных паяльных паст будет упрощать контроль качества, так как неравномерное покрытие флюсом галтелей вызывает беспорядочные вариации и потенциальные дополнительные ошибки в процессе визуального и АОИ контроля.

С точки зрения электрического контроля остатки флюса должны быть мягкими, чтобы легко прокалываться электрическими щупами (рис. 12, 13) и не налипать на них.

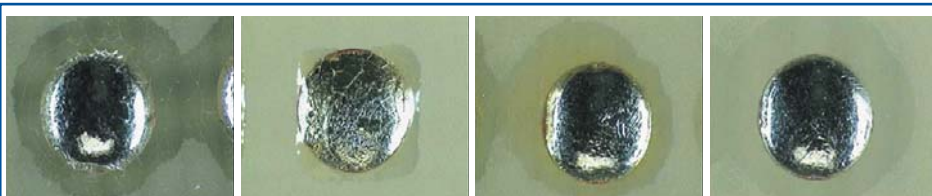


Рис. 11. Слева направо показана эволюция остатков флюса

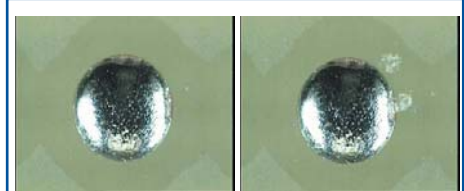


Рис. 12. Мягкие остатки флюса не препятствуют электрическому контролю

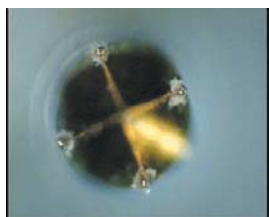


Рис. 13. Внешний вид электрического щупа после 850 касаний

Заключение

Переход на бессвинцовую технологию повышает значимость правильного выбора паяльной пасты.

Улучшение характеристик флюсующей составляющей расширяет окно технологического процесса и увеличивает выход годных изделий. Возможно достижение качества пайки, сравнимого с лучшими образцами традиционной пайки.

Температурно стабильные флюсующие системы позволяют получить паяльные пасты,

соответствующие всем требованиям современной технологии.

Специально синтезированные органические компоненты обеспечат стабильность свойств паяльной пасты. Прозрачные малогазовые остатки флюса будут упрощать контроль качества и повышать эффективность оптического и АОИ контроля.

Мягкие остатки флюса, даже при длительных и «горячих» температурных профилях, будут уменьшать общий износ тестового оборудования, повышать производительность и качество электрического контроля. ■