

Прямоугольные электрические соединители.

Иммерсионное оловянирование контактов — один из возможных путей сохранения паяемости после их длительного хранения

Правильный выбор покрытия выводов радиоэлектронных компонентов в значительной степени определяет качество проведения монтажных работ и надежность функционирования РЭА как в обычных, так и в жестких климатических условиях, в части обеспечения надежного контакта. Одним из таких покрытий может стать иммерсионное оловянирование с подслоем из органического металла, которое обеспечивает хорошую паяемость не только свежизготовленных радиокомпонентов, но и после их длительного хранения (паяемость покрытия OM-ImmSn сохраняется несколько лет). Кроме того, технология иммерсионного оловянирования с подслоем органического металла снижает вероятность появления вискерсов — нитевидных кристаллических образований («усов») и «оловянной чумы», а также интерметаллидов.

Александр Сафонов
Леонид Сафонов

edef@online.debryansk.ru

Введение

Монтаж радиоэлектронных компонентов методом пайки до сих пор остается основным способом. В связи с тем, что современные тенденции в электронике направлены на повышение плотности монтажа, уменьшение габаритов изделий и в то же время на повышение технических характеристик, а также на ужесточение требований к условиям эксплуатации, этому способу монтажа необходимо уделять больше внимания.

Дефекты паяных соединителей — одни из наиболее трудно выявляемых отказов, возникающих в процессе эксплуатации. Вероятность возникновения дефектов подобного типа значительно возрастает при переходе на бессвинцовые технологии, внедряемые согласно требованиям Директивы Европейского Союза по экологической безопасности RoHS. Согласно этой директиве с 2006 года ограничено применение свинца в новой РЭА.

С переходом на бессвинцовую технологию многие производители стали применять чистое олово для покрытия выводов и контактных поверхностей компонентов. Большинство крупных производителей радиоэлектронных компонентов уже исключают или значительно снижают долю свинца в своих изделиях, выводя на рынок так называемые green-продукты.

Решение задачи экологической безопасности радиоэлектронных компонентов за счет исключения свинца из состава покрытия выводов и припоев в свою очередь порождает несколько проблем организационного и технического характера, таких как:

- Обеспечение возможности совместного использования в РЭА радиоэлектронных компонентов, изготовленных по традиционной и бессвинцовой технологиям, в части их химико-механической и технологической совместимости.

- Обеспечение повышенной теплостойкости радиоэлектронных компонентов, так как бессвинцовые технологии требуют увеличения температуры пайки при монтаже на 20...50 °С.
- Исключение условий для проявления эффектов «оловянной чумы», образования «усов» и дендритов, снижения паяемости и др.

Процессы, происходящие в оловянном покрытии

Рассмотрим некоторые явления более подробно с определением их физической сущности и возможности минимизации действия их последствий на качество и надежность РЭА.

«Оловянная чума»

Олово — элемент главной подгруппы четвертой группы пятого периода Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева с атомным номером 50. Обозначается символом Sn (лат. Stannum).

| | |
|----------------|----|
| Sn | 50 |
| 118,71 | |
| [Kr] 4d10s22p2 | |
| Олово | |

При нормальных условиях простое вещество олово — пластичный, ковкий и легкоплавкий блестящий металл серебристо-белого цвета. Олово образует устойчиво две аллотропные модификации: ниже температуры 13,2 °С — α -олово (серое олово) с кубической решеткой типа алмаза, выше температуры 13,2 °С — β -олово (белое олово) с тетрагональной кристаллической решеткой. Свойства этих двух модификаций олова значительно отличаются. Плотность белого олова около 7,3 г/см³, а серого — 5,8 г/см³. Температурный коэффициент объемного расширения у серого олова в 4 раза больше, чем у белого. Внутренние напряжения, которые возникают в местах контакта разных кристаллических решеток,

приводят к тому, что материал трескается и превращается в порошок. Образующаяся при этом модификация уже теряет свойства металла и становится полупроводником.

Известно, что и белые, и серые кристаллы олова состоят из одних и тех же атомов. Однако основная причина различия их свойств — в расположении атомов в кристаллической решетке. От изменения размеров и форм атомных структур совершенно меняются свойства вещества.

Белое олово переходит в серое тем быстрее, чем ниже температура окружающей среды. При температуре минус 33 °С скорость этого перехода достигает максимума. Обратный переход из серого олова в белое крайне затруднен.

Олово в виде аллотропической модификации белого олова в настоящее время применяется в качестве материала для покрытия выводов радиоэлектронных компонентов и припоя для их монтажа в РЭА.

Если учесть, что температурные границы рабочей зоны основной массы современных электрических соединителей находятся в пределах значений от +125 до -65 °С, то становится очевидно, что «болезнь» белого олова — «оловянная чума» — является серьезной проблемой, влияющей на обеспечение надежной работы аппаратуры в заданном температурном интервале при использовании бессвинцовых технологий.

До настоящего времени чистое олово использовалось только в качестве сплавов, то есть к нему обязательно добавлялись присадки, которые позволяли не допустить появления «оловянной чумы».

На ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь» на протяжении нескольких десятков лет в качестве материала для покрытия выводов контактов электрических соединителей используется сплав Sn-Bi (олово-висмут) с содержанием висмута 0,2%, что позволяет исключить проявление эффекта «оловянной чумы» и других нежелательных явлений, на которых мы остановимся ниже. Проводимые наблюдения и периодические проверки на протяжении 25 лет подтверждают это заключение. Введением дополнительной операции — оплавления гальванического покрытия Sn-Bi — удалось повысить качество покрытия в части повышения стойкости его к окислению и соответственно увеличить срок сохранения паяемости.

В покрытии Sn-Bi атомы висмута в кристаллической решетке олова препятствуют ее перестройке, и белое олово остается металлом и не разрушается даже при низких температурах. Кроме того, эффективным средством против «оловянной чумы» может быть легирование олова сурьмой, кобальтом и некоторыми другими металлами. Однако надо иметь в виду, что наличие алюминия и цинка в сплаве олова, наоборот, способствует развитию «оловянной чумы». Эффект «оловянной чумы» также следует учитывать при использовании припоев с высоким содержанием олова.

«Болезнь» белого олова зависит не столько от совместной эксплуатации олова с какими-

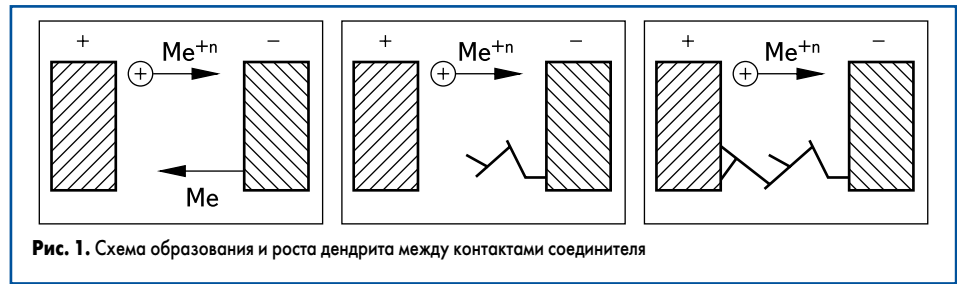


Рис. 1. Схема образования и роста дендрита между контактами соединителя

либо материалами, сколько от его природы. В действительности эта «болезнь» — результат перестройки порядка атомов в кристаллической решетке белого олова, что подтверждено многочисленными исследованиями.

Дендриты — электрохимические мостики

Дендриты достаточно хорошо изучены и не являются проблемой, вызванной переходом на бессвинцовую технологию. Они представляют собой металлические нити или кристаллы, которые растут на поверхности металла, а не перпендикулярно ей, в отличие от «усов». Механизм роста дендритов носит электрохимический характер, то есть для протекания этого процесса необходимо наличие электролита и электрического поля.

Под действием имеющегося на электрическом соединителе напряжения контакт-анод растворяется, отдавая в канал положительно заряженные ионы металла. Ионы направляются к контакту-катоде, восстанавливаются на нем до металлического состояния и образуют в изоляционном зазоре проводящие перемычки в виде дендритоподобной рыхлой металлической структуры. Скорость роста дендритов на контактах может достигать до 0,1 мм в минуту. В результате этих процессов всего за несколько минут могут образоваться нитевидные кристаллы толщиной 5–20 мкм и длиной до 10 мм. После образования нитевидной перемычки между контактами кристаллы постепенно утолщаются до 0,1 мм, приобретая металлический блеск. Последовательность образования и роста дендритов представлена на рис. 1.

Рост дендритов наблюдается и на контактах электрических соединителей с другими видами покрытий: Ag, Au, SnPb, AuPd и др. Во избежание образования и роста дендритов необходимо обеспечить отсутствие на контактах и изоляторах активных флюсов и других химических веществ, которые в сочетании с влагой обеспечивают появление электролитической среды между контактами и инициируют процесс образования дендритов. Необходимо также в процессе эксплуатации соединителей, особенно в агрессивных средах с повышенной влажностью, проводить профилактические работы с целью удаления загрязнений с изоляторов и контактов.

Длинные кристаллообразования («усы») — whiskers

Образование «усов» — давно известное явление. Оно характерно не только для олова. К образованию «усов» склонны такие металлы, как цинк и кадмий. Первые публикации об «усах» олова появились в 40–50-х годах XX века, одна-

ко в производстве радиоэлектронных компонентов этому явлению уделялось мало внимания, так как рост оловянных «усов» практически не происходит при содержании в оловянных сплавах свинца. Использование классического эвтектического оловянно-свинцового сплава ПОС-61, наиболее широко применявшегося до перехода на бессвинцовую технологию, гарантировало отсутствие серьезных проблем, связанных с образованием «усов». Наиболее удачным заменителем сплава ПОС-61 является сплав ПОС-61 с содержанием 1% Sb (сурьмы). Введение в эвтектический оловянно-свинцовый сплав до 1% сурьмы приводит к повышению предела ползучести, снижает склонность к старению и предотвращает аллотропические превращения олова. Эти выводы подтверждаются использованием этого сплава на ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь».

«Усы» олова представляют собой тонкие нити, которые могут расти в различных направлениях. Форма «усов» может быть различной: спиралевидной, крючкообразной, в виде вилкообразных кристаллов олова и др. Длина «усов» может достигать 150 мкм и более, что вызывает серьезную опасность замыкания соседних контактов соединителя, а также снижение сопротивления изоляции и электропрочности изделия. Образование «усов» может происходить как на открытых поверхностях контактов, так и на поверхностях контактов, находящихся внутри пластмассы (рис. 2).

При достаточно большом токе «усы» могут плавиться, и ранее возникшие отказы могут пропасть или появиться новые отказы. Куски «усов» могут вызвать как перемещающиеся, так и постоянные отказы изделия.

Точно предсказать образование «усов» олова невозможно: они могут появляться как на новых соединителях, так и через годы в процессе хранения или эксплуатации. Могут и не появиться вообще. Установлено, что «усы» обычно растут на покрытиях толщиной более 0,5 мкм.

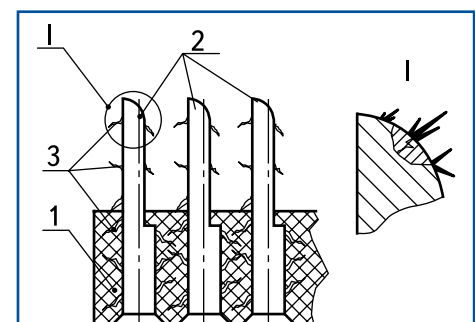


Рис. 2. Пример роста усов на контактах:

1 — изолятор; 2 — контакты; 3 — «усы» на контактах

До недавнего времени у специалистов не существовало единого мнения по поводу причин образования «усов» олова. За последние несколько лет изучения этого явления произошли значительные сдвиги в понимании его физической сущности, но, тем не менее, единого решения по причинам образования «усов» пока не найдено.

Следствием недостаточного внимания к этой проблеме и согласованного понимания сущности природы появления «усов» стало отсутствие промышленных стандартов, дающих определение «усам» олова и регламентирующих методы борьбы с ними.

Исследованиями установлено, что основная причина образования «усов» — это напряжения сжатия в слоях олова. Возникновение напряжений сжатия в оловянных покрытиях может быть следствием различных причин, таких как формирование интерметаллических структур, окисления и коррозии, циклических изменений температур или механических воздействий.

В гальванических оловянных покрытиях сразу же после осаждения возникают растягивающие напряжения, которые в течение небольшого промежутка времени (3–5 дней) ослабевают. А уже через 5–7 дней начинают расти внутренние напряжения сжатия, которые являются следствием образования на границе слоев олово-медь интерметаллидов (Cu_6Sn_5 и Cu_3Sn). (Как правило, контактные пары электрических соединителей изготавливаются из медных сплавов — бронзы и латуни.) Молярный объем интерметаллидов больше по отношению к объему чистых слоев олова и меди. В результате происходит винтовой сдвиг по границе зерен кристаллической решетки, где и начинается рост нитевидных кристаллов — «усов».

Интерметаллиды, или интерметаллические соединения, — это соединения двух или нескольких металлов между собой. Интерметаллиды относятся к металлическим соединениям, или металлидам. Они образуются в результате взаимодействия компонентов при сплавлении, конденсации из пара, а также при реакциях в твердом состоянии вследствие взаимной диффузии (при химико-термической обработке), при распаде твердого раствора одного металла в другом, в результате интенсивной пластической деформации при механическом сплавлении (механоактивации).

В паяных соединениях интерметаллид — тонкий пограничный слой взаимопроникновения паяемых материалов друг в друга, в данном случае интерметаллический слой играет роль механической связи. Однако образование интерметаллидов между оловянным покрытием и материалом основы и их последующее окисление являются прямой причиной ухудшения паяемости. Если толщина оловянного покрытия слишком мала, постоянно растущий слой интерметаллидов поглощает чистое олово, окисляется и ухудшает смачиваемость припоем.

Подверженность олова образованию интерметаллидов связана с его структурой, которая имеет объемно-центрированную тетрагональную кристаллическую решетку. Соотношение

длины сторон ячейки решетки (c/a) меньше единицы (прямоугольник в поперечном сечении). Такая некубическая структура решетки свидетельствует об анизотропных свойствах металла. Для олова коэффициент температурного расширения и коэффициент самодиффузии больше в направлении более длинной стороны кристаллической ячейки. Образование интерметаллидов сопровождается появлением так называемых волосных трещин, образованием непрочных паяных соединений, что негативно сказывается на качестве изделий.

С целью уменьшения возможности образования в оловянном покрытии металлоидов типа Cu_xSn_y в настоящее время многие производители электрических соединителей наносят на медную основу контактов подслои никеля толщиной 3–6 мкм. Это позволяет значительно уменьшить взаимную диффузию меди и олова, тем самым срок сохранения паяемости увеличивается до 1,5 лет. Дополнительно, для снижения пористости оловянного покрытия и увеличения его антикоррозийной стойкости, применяется операция оплавления, что также повышает способность к пайке и увеличению срока сохранения паяемости.

Постоянное ужесточение требований к электрическим соединителям и РЭА в целом по надежности не в полной мере удовлетворяется достигнутым уровнем обеспечения паяемости радиоэлектронных компонентов, а также качеством поверхности их выводов при использовании альтернативных методов монтажа, таких как пресс-фит (запрессовка хвостовиков контактов в отверстия печатной платы), опрессовка (холодная обжимка хвостовиков контактов на монтажных проводах), врезка (присоединение контактов к проводу посредством их врезки в провод хвостовиками специальной конструкции). Особо остро эта проблема возникает при использовании радиоэлектронных компонентов после их длительного хранения.

Поэтому увеличение срока сохранения паяемости — важная задача, которую необходимо решать за счет применения более стойких покрытий к воздействию внешних климатических факторов и внутренним структурным изменениям, а также за счет применения более совершенных технологий их нанесения.

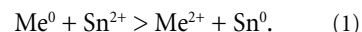
На сегодня таким покрытием может стать иммерсионное оловянирование (ImmSn) или еще более совершенное — иммерсионное оловянирование с подслоем органического металла (OM-ImmSn).

Иммерсионное оловянирование

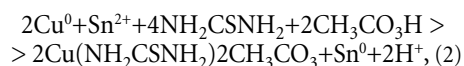
Иммерсионное олово (ImmSn) — технологическое покрытие, совместимое со всеми способами пайки, удовлетворяющее требованиям Директивы Европейского Союза по экологической безопасности (RoHS) и сохраняющее паяемость покрытия до нескольких лет. Популярность ImmSn растет за счет хорошей смачиваемости и простоты процесса осаждения.

Иммерсионное олово осаждается химическим способом на медную поверхность путем

реакции замещения. При этом металл покрываемой основы отдает электроны иону олова в растворе, который переходит в металлическую форму, металл при этом растворяется анодно:



Стандартный электродный потенциал меди положительный по отношению к потенциалу олова (таблица 1), поэтому реакция замещения может происходить только в присутствии комплексообразователя (тиомочевина), который сдвигает потенциал меди в более отрицательную область значений по отношению к олову:



где NH_2CSNH_2 — тиомочевина; CH_3CO_3H — метан-сульфоновая кислота.

Таблица 1. Значение нормальных электродных потенциалов основных материалов контактов

| Металл | Нормальный электродный потенциал, мкВ |
|---------|---------------------------------------|
| Никель | -0,25 |
| Олово | -0,14 |
| Медь | +0,34 |
| Серебро | +0,81 |
| Золото | +1,50 |

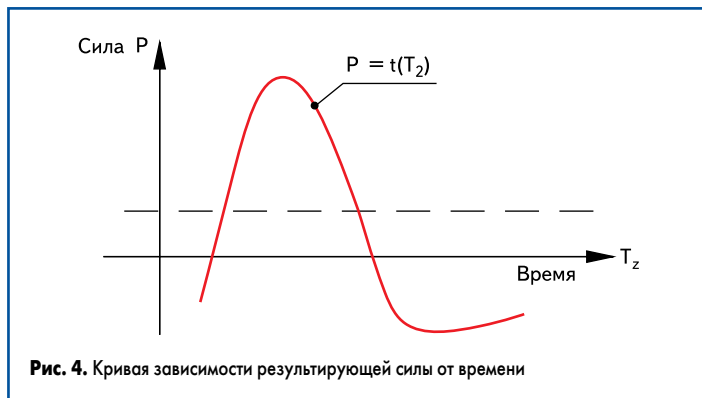
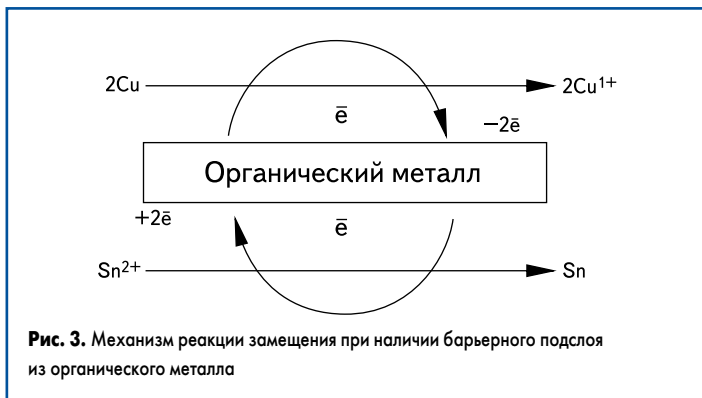
Толщина иммерсионного оловянного покрытия составляет около 1 мкм. Ввиду того, что при непосредственном контакте олово с медью — основой контакта — образует интерметаллические соединения типа Sn_xCu_y , о которых мы говорили выше, после осаждения в течение нескольких недель олово полностью модифицируется в интерметаллид и теряет паяемость.

Иммерсионное олово с подслоем органического металла

Устранить причину образования интерметаллида удалось благодаря успехам химиков, открывших существование особых полимеров — органических соединений, обладающих металлической проводимостью. Введение между медью-основой и иммерсионным оловом слоя из органического металла толщиной 0,08–0,1 мкм практически полностью исключает образование интерметаллидов, так как предотвращает взаимную диффузию меди и олова и в то же время не мешает обмену электронами для протекания реакции замещения (рис. 3).

Благодаря наличию барьерного подслоя из органического металла способность к пайке ImmSn толщиной 0,5–1,0 мкм на экспериментальных образцах сохранялась более восьми лет.

Органический металл — чисто органическое соединение, не содержащее металлических добавок, проводит электрический ток, имеет потенциал благородного металла (серебро), обладает каталитическими свойствами, может быть окислено и восстановлено без видоиз-



менений, полностью не растворимо и может использоваться в виде дисперсии.

Присутствие органического металла (ОМ) на поверхности контакта оказывает прямое благоприятное влияние на структуру осаждаемого иммерсионного олова. В результате осаждения ImmSn на органический металл возникает более совершенная и менее напряженная структура олова с более плотной и гладкой поверхностью, что позволяет предотвратить возможность образования и роста самопроизвольных нитевидных кристаллических образований — вискерсов («усов»).

Основным недостатком иммерсионного оловянирования с подслоем органического металла (ImmSn) является его недостаточная механическая прочность, что требует осторожного обращения с покрытыми деталями до проведения операции пайки или других видов альтернативного монтажа.

Результаты испытаний

Покрытие ОМ-ImmSn прошло многочисленные испытания и хорошо зарекомендовало себя в производстве печатных плат. Это покрытие используется за рубежом и в России уже более восьми лет. В настоящее время оно внедрено на 15 российских предприятиях. На ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь» также начаты работы по определению возможности нанесения этого покрытия на хвостовики контактов с целью увеличения срока сохранения паяемости.

На все растворы, необходимые для технологического осаждения ОМ-ImmSn, разработаны российские ТУ, а сам процесс введен в отраслевой стандарт ОСТ 107.460092.028-96 «Печатные платы. Технические требования к технологии изготовления» [1].

Проведенные сравнительные испытания различных покрытий, обеспечивающих монтаж радиоэлектронных компонентов методом пайки, с покрытием ОМ-ImmSn на паяемость и способность сохранения паяемости при длительном хранении подтвердили возможность использования иммерсионного олова с подслоем из органического металла. Испытания проводились в лабораториях США (Trace Lab), Германии (Ormecon Chemie) и Польши (Tele and Radio Research institute).

Испытаниям подвергались следующие виды покрытий:

- горячее лужение припоем 63%Sn 37%Pb (SnPb HASL), толщина покрытия 10–15 мкм;

- иммерсионное олово с барьерным подслоем из органического металла (ОМ-ImmSn), толщина покрытия 0,5–0,8 мкм, толщина подслоя — 0,1 мкм;
- иммерсионное олово (ImmSn), толщина покрытия — 1 мкм;
- иммерсионное серебро (ImmAg), толщина покрытия — 0,3–0,5 мкм;
- иммерсионное золото Ni/Au (ENIG), толщина покрытия — 0,1 мкм, толщина подслоя никеля 3–6 мкм.

Все выбранные покрытия были подвергнуты ускоренному искусственному старению в следующих условиях:

- Атмосфера сухая при 155 °С, в течение 4 часов.
- Атмосфера пара, в течение 8 часов.
- Атмосфера влажная при 85 °С, относительная влажность 85%, в течение 24 часов, что соответствует нахождению при нормальных условиях хранения в течение 5800 часов.

После искусственного старения был проведен тест на определение паяемости всех перечисленных покрытий. Для тестирования использовалась ванна с эвтектическим сплавом 63% олова и 37% свинца с температурой сплава 250 °С и слабоактивным флюсом с низким содержанием сухого остатка.

Тестирование проводилось по следующим критериям:

- Степень заполнения отверстий припоем (табл. 2).
- Время смачивания (табл. 3, 4).

3. Максимальная сила смачивания (табл. 3, 4).

4. Угол смачиваемости (табл. 3, 4).

Методика оценки комплексного показателя паяемости, включающая в себя три критерия оценки:

- время смачивания;
 - максимальную силу смачивания;
 - угол смачиваемости, —
- подробно рассматривалась в статье [3] в разделе «Оценка качества паяемости». В настоящей

Таблица 2. Результаты испытаний пайкой припоя — степень заполнения отверстий припоем, %

| Воздействие | Покрытие | | | | |
|---|----------|------|-------|----------|-------|
| | HASL | ENIG | ImmSn | ОМ-ImmSn | ImmAg |
| Исходное состояние (до искусственного старения) | 100 | 100 | 87 | 100 | 95 |
| Водяной пар (8 ч) | 98 | 43 | 91 | 98 | 89 |
| Сухое тепло (+155 °С/4 ч) | 95 | 100 | 78 | 100 | 95 |
| Влага (85 °С/85%) | 100 | 96 | 54 | 95 | 88 |
| Среднее значение | 98 | 85 | 78 | 98 | 92 |

Таблица 3. Требования к нормальной паяемости по ANSI/J-J-STD-003

| Критерий | Требование |
|------------------------------------|------------|
| Время смачивания, с | Не более 2 |
| Максимальная сила смачивания, мН/м | 120 |
| Угол смачиваемости, ° | Менее 90 |

Таблица 4. Результаты тестирования паяемости покрытий

| Тип покрытия | Образец покрытия после обработки | T _{зр} , °С | P _{max} , мН/м | Угол смачиваемости θ, ° |
|--------------|---|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cu | Сразу после зачистки | 0,69 | 184 | 60 |
| HASL | В исходном состоянии 4 ч при 155 °С Водяной пар, 8 ч Влага | 0,45 | 244 | 87 |
| | | 0,61 | 165 | 83 |
| | | 0,79 | 121 | 84 |
| | | 0,60 | 152 | 88 |
| ENIG | В исходном состоянии 4 ч при 155 °С Водяной пар, 8 ч Влага | 0,84 | 184 | 57 |
| | | 1,86 | 126 | 56 |
| | | 0,94 | 148 | 101 |
| | | 1,04 | 168 | 65 |
| ОМ-ImmSn | В исходном состоянии 4 ч при 155 °С Водяной пар, 8 ч Влага | 0,51 | 251 | 78 |
| | | 0,69 | 131 | 77 |
| | | 0,94 | 134 | 71 |
| | | 0,77 | 148 | 74 |
| ImmSn | В исходном состоянии 4 ч при 155 °С Водяной пар, 8 ч Влага | 0,51 | 251 | 83 |
| | | 0,69 | 131 | 103 |
| | | 0,94 | 134 | 84 |
| | | 0,77 | 148 | 89 |
| ImmAg | В исходном состоянии 4 ч при 155 °С Водяной пар, 8 ч Влага | 0,65 | 210 | 69 |
| | | 0,71 | 158 | Не смачивается |
| | | 0,98 | 160 | 61 |
| | | 0,75 | 190 | 72 |

статье мы напомним суть этого метода и приведем результаты тестирования паяемости рассматриваемых покрытий.

Сущность этого метода заключается в погружении контакта в ванну с расплавленным припоем и регистрации результирующей силы, действующей на контакт, как функции от времени (рис. 4).

Угол смачиваемости θ формируется поверхностями твердой, газообразной и жидкой фаз (силами поверхностного натяжения) в момент их максимального значения (рис. 5).

Рассмотрим требования, предъявляемые к покрытиям, при выполнении которых обеспечивается качественная пайка (табл. 3), и результаты тестирования паяемости рассматриваемых покрытий (табл. 4).

По результатам тестирования рассмотренных покрытий на паяемость можно сделать следующие выводы:

- Все проверяемые покрытия обеспечили высокий уровень паяемости как в исходном состоянии, так и после различных способов искусственного старения.
- Естественное и искусственное старение снижает паяемость всех покрытий без исключения, хотя и в различной степени.

Полученные данные тестирования позволяют расставить в приоритетном порядке по способности к пайке рассматриваемые покрытия:

- горячее лужение (Sn-Pb HASL);
- иммерсионное олово с барьерным подслоем из органического металла (OM-ImmSn);
- иммерсионное золото с подслоем химического никеля Ni/Au (ENIG);
- иммерсионное олово (ImmSn);
- иммерсионное серебро (ImmAg).

Рассматривая общие результаты испытаний относительно иммерсионного олова с барьерным подслоем (OM-ImmSn), можно сделать

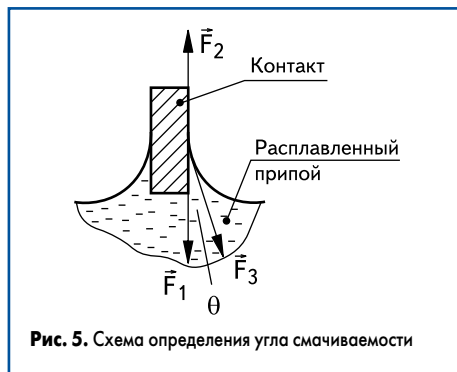


Рис. 5. Схема определения угла смачиваемости

вывод, что новая разработка технологии нанесения OM-ImmSn имеет значительные преимущества:

- Качество пайки по покрытию OM-ImmSn примерно такое же, как и по покрытию (Sn-Pb) HASL.
- Покрытие OM-ImmSn дешевле, чем покрытие Ni/Au (ENIG).
- Более совершенная и менее напряженная структура покрытия с более плотной и гладкой поверхностью, позволяющей предотвратить рост «усов».
- Покрытие OM-ImmSn позволяет значительно (до нескольких лет — на образцах более 8 лет) увеличить срок сохранения паяемости.

Для электрических соединителей, кроме обеспечения высокой паяемости и сохранения ее достаточно длительный период, важным требованием является сохранение заданного уровня сопротивления изоляции на протяжении всего их жизненного цикла, в том числе и после проведения операции монтажа методом пайки.

Поэтому наряду с испытанием на паяемость вновь внедряемых покрытий необходимо определять влияние технологий их нанесения и пайки на сопротивление изоляции соединителей.

В данном случае были проведены испытания, которые показали, что после 96- и 168-часовых выдержек соединителей с покрытием OM-ImmSn в камере влажности поверхностное сопротивление изоляции превышало 10^{10} Ом, что соответствует требованиям НТД на электрические соединители.

Дополнительно была проведена проверка прочности паяных соединителей на вышеуказанных покрытиях. Наибольшую прочность показало покрытие ENIG, однако ее значение незначительно больше, чем значения, полученные для покрытий HASL и OM-ImmSn.

Проведенные испытания и комплексная их оценка показали, что иммерсионное олово с барьерным подслоем из органического ме-

талла (OM-ImmSn) можно рекомендовать в качестве приоритетного покрытия выводов радиоэлектронных компонентов, а также в качестве финишного покрытия современных конструкций электроники.

Заключение

Существующие традиционные покрытия выводов радиоэлектронных компонентов не в полной мере обеспечивают предъявляемые к ним современные требования по обеспечению надлежащего уровня паяемости и ее сохранения в течение заданного периода времени. Кроме того, наличие в существующих бессвинцовых покрытиях структурных изменений, которые проявляются в процессе хранения и эксплуатации изделий в виде образования «усов», дендритов, металлидов и «оловянной чумы», — достаточно серьезная угроза для обеспечения надежной работы РЭА. Необходимо подчеркнуть, что особенность этих изменений в том, что они проявляются, как правило, не сразу в процессе или после монтажа РЭА, а значительно позже — при эксплуатации или после длительного хранения. В связи с этим такие дефекты трудно прогнозировать и определять, их не удастся установить при проведении ПСИ и периодических испытаний. Поэтому задача поиска, разработки и применения более технологичных и отвечающих современным требованиям покрытий является как никогда актуальной задачей.

Приведенная в статье информация о существующих наработках и имеющемся опыте в этой области позволит заинтересованным исполнителям более компетентно подойти к выбору покрытия под пайку для конкретных условий производства и эксплуатации изделий.

Литература

1. ОСТ 107.460092.028-96 «Печатные платы. Технические требования к технологии изготовления».
2. Петрунин Н. Е. Физико-химические процессы при пайке. М.: Высшая школа, 1972.
3. Сафонов А., Сафонов Л. Электрические прямоугольные соединители. Отмывка луженых и паяных контактов, оценка качества паяемости // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 2.
4. Сафонов А., Сафонов Л. Электрические прямоугольные соединители. Технология обработки проводов и способы их присоединения к электрическим контактам // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 6.