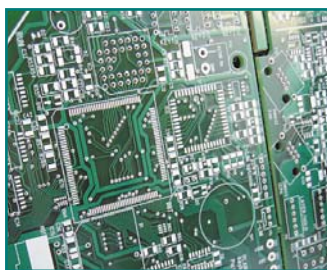


Финишные покрытия. Проблемы и решения

Производство печатных плат (ПП) — один из ключевых этапов изготовления электронных модулей. В связи с постоянной тенденцией к усложнению конструкторских решений, а также появлению новых технологий сборки и контроля, требования к ПП значительно возросли. Это касается не только качества и надежности ПП, но и увеличения их функциональности, а также улучшения массо-габаритных характеристик. Очевидно, что для производства ПП нового поколения нужны процессы и материалы, отвечающие современным требованиям.

Валентина Салтыкова



Введение

Повышение требований к ПП напрямую относится к качеству финишных покрытий, так как нанесение данных покрытий — это одна из основных операций производства ПП. Так, для сборки по технологии поверхностного монтажа необходимо плотное и ровное покрытие. Согласно современным методам электроконтроля финишные покрытия должны соответствовать определенным условиям, так как мягкие припои раздавливаются под воздействием щупов, что приводит к коротким замыканиям при шаге контактных площадок менее 0,5 мм.

Переход на бессвинцовые технологии по Европейской директиве RoHS также внес коррективы в требования к финишным покрытиям: после 01.07.2006 на территории Евросоюза вступили в силу ограничения на использование ряда опасных материалов в электронных изделиях, в том числе свинца. Это ограничение коснулось как припоев, так и финишных покрытий, так как температура пайки новых бессвинцовых припоев составляет 260–280 °С, то есть значительно превышает существующие режимы. Это обстоятельство требует не только применения новых базовых материалов для подложки, но и качественно новых финишных покрытий, способных работать в более жестких режимах, допускающих несколько циклов паяк, сохраняющих способность к пайке в течение длительного времени и обеспечивающих надежность в процессе эксплуатации.

Надежность — это едва ли не самое основное требование к финишным покрытиям ПП. И вот тут-то анализ различных видов финишных покрытий показывает, что есть причины для беспокойства.

Существует несколько наиболее известных типов технологий финишных покрытий. Рассмотрим их подробнее.

Нанесение гальванических покрытий: Sn-Pb, Sn-Bi, Ni, Ni-Au, Ni-Co

Эти покрытия служат металлорезистом при формировании рисунка методом травления в кис-

лых или щелочных растворах, защищая проводники и контактные площадки. Данные покрытия не удаляются после травления, и пайка идет по гальваническому покрытию.

Покрытия, о которых идет речь, используются давно, но они имеют существенный недостаток: после операции травления оголяются торцевые стенки контактных площадок (к. п.), что очень опасно при эксплуатации аппаратуры в агрессивных средах. Кроме того, в процессе травления происходит подтрав медных проводников и к. п. Металл финишного покрытия как бы нависает в местах подтравки и способен осыпаться, что может привести к замыканию при зазорах между проводниками 0,2 мм и менее.

Гальванические покрытия Sn-Pb и Sn-Bi, прошедшие операцию оплавления, не имеют вышеперечисленных недостатков, но эти покрытия «плывут» под паяльной маской при поверхностном монтаже (~260 °С), температура плавления сплава Sn-Pb составляет 183 °С, а сплава Sn-Bi — 205 °С. При остывании на паяльной маске образуются трещины: проявляется так называемый «эффект апельсиновой корки».

Нанесение припоев на основе Sn-Pb (ПОС-61, ПОС-63)

По этой технологии припой наносится на чистое медное покрытие с последующим выравниванием воздушным ножом — методом горячего лужения (HAL). В случае применения паяльной маски припой наносится только на медные контактные площадки.

По данной технологии при формировании рисунка схемы методом травления используются гальванические покрытия, которые служат металлорезистом и в дальнейшем удаляются специальными растворами. Наиболее часто в качестве такого металлорезиста применяют покрытия Sn-Pb или Sn. Наиболее целесообразно использовать покрытие Sn, так как оно легче удаляется, хорошо держит травильные растворы при толщине 8–9 микрон, кро-

ме того, электролит, содержащий один металл, проще в эксплуатации.

Это финишное покрытие в настоящее время наиболее распространено. Оно имеет хорошие технические характеристики: лучшую смачиваемость, что является показателем паяемости, способность к многократным пайкам, нетребовательность к флюсам, сохранение паяемости после длительного хранения, стойкость к климатическим и температурным воздействиям. Вроде бы мы имеем хорошее и надежное покрытие. Но оказалось, что в свете новых требований оно имеет ряд существенных недостатков: данное покрытие не удовлетворяет условиям плоскостности к. п. для монтажа многовыводных микросхем с очень высокой степенью интеграции, например BGA. Мягкость припоя выявила проблемы при электроконтроле ПП с плотным монтажом. Кроме того, расширение сфер применения электронной аппаратуры приводит к повышению требований к надежности. Наличие в припое олова обуславливает медленное течение миграционных процессов на границе медь-припой, что ведет к образованию интерметаллидов и, как следствие, хрупкость паяного соединения и отказы в процессе эксплуатации. Причины этих проблем более подробно будут рассмотрены далее — на примере покрытий Sn.

Наличие в припое свинца, судьба которого предрешена Европейской директивой RoHS, также заставляет вносить коррективы. Естественно, что рынок материалов быстро реагирует на подобные ограничения и предлагает сейчас бессвинцовые припои, имеющие хорошие характеристики, в том числе и паяемость, но стоимость этих припоев велика. Применение бессвинцовых припоев существенно удорожает конечный продукт, кроме того, более высокие температуры пайки (260–280 °C) могут вызвать коробление традиционно применяемых материалов подложки. Потребуются новые базовые материалы с более высокими температурами стеклования и, конечно, более высокой ценой. Кроме того, металлургия этих припоев еще недостаточно изучена, поэтому никто сейчас с уверенностью не скажет, будут ли они надежны.

Нанесение иммерсионных покрытий: Ni-Au, Sn и OSP

Эти технологии — достойная альтернатива технологии горячего лужения (HAL), и они довольно успешно решают большую часть поставленных задач. Финишные покрытия имеют плотную, плоскую и идеально ровную поверхность, не содержат свинец, а свежесаженные покрытия имеют технические характеристики, не уступающие характеристикам покрытий, полученных методом горячего лужения (HAL). Но, если мы говорим о сохранении паяемости, возможности проведения нескольких циклов пайки и надежности в процессе эксплуатации, важно знать, как поведет себя то или иное покрытие после хранения и при различных температурных и климатических условиях.

Иммерсионное золочение с подслоем химического никеля

Хорошо известный процесс, в соответствии с которым иммерсионное золото (толщиной от 0,07 до 0,1 мкм) осаждается на химический никель с содержанием фосфора до 11% (толщиной 3–6 мкм). Данное финишное покрытие имеет хорошие технические характеристики, позволяет проводить несколько циклов паяк и сохраняет паяемость после длительного хранения вследствие того, что драгоценные металлы мало подвержены окислительным процессам. С изменением температурных и климатических режимов смачиваемость несколько ухудшается, но это не оказывает существенного влияния на паяемость.

Но есть и проблемы, связанные с этим покрытием: для него необходимо использовать более активные флюсы и тщательно выбирать паяльную маску, так как процесс в основных ваннах проходит при высоких температурах, и многие паяльные маски, заявленные производителями как пригодные для данного процесса, обесцвечиваются или отслаиваются. Нужно быть готовым и к нарушению целостности покрытия при монтаже многовыводных микросхем типа BGA. Кроме того, процесс иммерсионного золочения — более дорогой по сравнению с другими финишными процессами, и его проведение связано с последующей отчетностью по драгоценным металлам.

Нанесение органической защиты (OSP)

Процесс прост в эксплуатации, имеет короткий рабочий цикл, сравнительно дешев, не требует дорогостоящего оборудования, что, конечно, привлекает к нему внимание. Однако при увеличении температурных нагрузок наблюдается потеря смачиваемости поверхности, так как покрытие разрушается. Выход есть — пайка в парах азота, а при обычных условиях процесс можно рекомендовать только для одного цикла пайки. Это, естественно, значительно сокращает область применения данного покрытия.

Химическое или иммерсионное оловянирование

Производителям ПП хорошо известны проблемы традиционных финишных покрытий химическим или иммерсионным оловом, когда свежесаженное покрытие, имеющее хорошую смачиваемость, то есть паяемость, после непродолжительного хранения окисляется и не паяется. Это происходит вследствие того, что миграционные процессы, происходящие на границе Cu-Sn, приводят к серьезным структурным изменениям. Под воздействием взаимной диффузии двух металлов образуются интерметаллиды, кристаллическая решетка которых существенно отличается от кристаллических решеток основных металлов. Этот пограничный слой имеет более хрупкую

структуру, что может привести к расслаиванию контактных площадок. Кроме того, со временем происходит увеличение величины омического сопротивления как паяного соединения, так и самого проводника, что приводит к изменению токовых характеристик схемы. Особенно это опасно для проводников и отверстий малых размеров.

Образование интерметаллидов также вызывает искажение кристаллической решетки самого олова и напрямую воздействует на его структуру. Вследствие того, что искаженный кристалл обладает избыточным запасом энергии по сравнению с нормальным, при нагревании в нем появляются центры рекристаллизации гораздо раньше и в больших количествах, чем в неискаженном кристалле. Образуется мелкокристаллическая структура, имеющая склонность к межкристаллитной коррозии, которая, выходя на поверхность, пассивирует ее, значительно ухудшая смачиваемость и, как следствие, затрудняет пайку.

Еще одной серьезной проблемой осадков олова на медь и ее сплавы является образование так называемых «усов». Согласно общепринятому механизму «усы» в олове появляются в процессе рекристаллизации олова. Интересно, что олово обладает особенностью роста зерен до критической величины, равной 0,9–1,2 мкм. Если процесс рекристаллизации продолжается, то зерна начинают расти только в одном кристаллографическом направлении, образуя «усы», величина которых достигает 200–300 мкм, что может привести к коротким замыканиям.

Как видим, температурная нагрузка сама по себе способствует более интенсивному развитию вышеописанных процессов, а в сочетании с повышенной влажностью приводит к значительному ухудшению или полной потере смачиваемости покрытия после длительного хранения или отказам в процессе эксплуатации.

Тем не менее, интерес к олову в качестве финишного покрытия не ослабевает, так как уж очень привлекательна пайка, особенно бессвинцовыми припоями, по чистому олову. Многие фирмы работают в этой области, предлагая различные пути замедления диффузионных процессов, вводя в растворы специальные добавки и т. д.

Компания J-KEM International AB (Швеция) совместно с Ormecon Chemi GbmH (Германия) разработала технологию осаждения иммерсионного олова нового поколения, позволяющую получить финишное покрытие, которое отвечает современным требованиям к покрытиям ПП и обеспечивает высокую надежность.

Иммерсионное оловянирование с подслоем органического металла

Разработанная технология осаждения иммерсионного олова представляет собой комбинацию двух технологий: осаждения на медь органического металла (ОМ) в качестве барьерного слоя и последующего осаждения слоя иммерсионного олова.

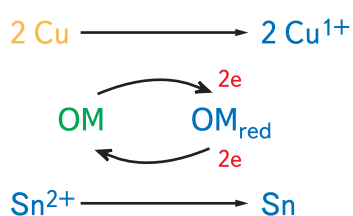


Рис. 1. Механизм электронной проводимости органического металла



Рис. 2. Покрытие иммерсионного олова на медь без использования органического металла (мелкие, четкие кристаллы; поверхность шероховатая; структура пористая)



Рис. 3. Покрытие иммерсионного олова на медь с использованием органического металла в качестве барьерного слоя (кристаллическая структура более совершенна; поверхность гладкая; структура плотная)

Что же представляет собой этот органический металл? Это чистый полимер, включающий С, Н, О, N, S и обладающий электронной проводимостью (рис. 1).

Свойства, присущие металлам, — электропроводность, потенциал «благородных» металлов, каталитические свойства — были обнаружены у материала, не относящегося к группе классических металлов. Это органический материал, не содержащий металлических включений. Он не растворим в воде, и его можно использовать только в виде водного дисперсного раствора.

Предварительная обработка очищенной медной поверхности в растворе органического металла перед осаждением олова значительно снижает скорость диффузионных процессов, препятствует образованию интерметаллидов и рекристаллизации олова, позволяя получить покрытие с высокими техническими характеристиками.



Рис. 4. Блок-схема процесса

Присутствие органического металла оказывает прямое влияние на структуру последующего осадка иммерсионного олова (рис. 2, 3). Создается более совершенная и менее напряженная структура олова, что дает возможность получить более плотную, гладкую поверхность. Это приводит к значительному снижению скорости процессов окисления и роста усов.

Многочисленные испытания образцов ПП, на которые в качестве финишного покрытия было нанесено иммерсионное олово с барьерным слоем органического металла, показали, что смачиваемость поверхности, а значит и паяемость, после воздействия различных температурных и климатических режимов стабильно хорошая и не уступает параметрам покрытия ПОС при горячем лужении, ПП при этом имеют ровную, плоскую поверхность. Покрытие дает возможность проведения до 4 циклов паяк. Паяемость покрытия сохраняется до нескольких лет без консервации.

Покрытие при толщине 1,2 микрона полностью совместимо с бессвинцовыми припоями. Вследствие того, что подслои ОМ не разрушаются при высоких температурах пайки (260–280 °С), он предотвращает процессы диффузии, что позволяет исключить все негативные процессы и обеспечить надежность паяного соединения.

Процесс прост в эксплуатации (рис. 4), легко контролируется и не требует специальных флюсов, экономичен, может проводиться как в вертикальном типе иммерсионного оборудования на подвесках или в корзинах, так и в горизонтальном (рис. 5).

Финишное покрытие иммерсионным оловом с подслоем органического металла (ОМ) толщиной 1–1,2 микрона имеет технические характеристики, полностью отвечающие современным требованиям к ПП. Данный процесс внедрен на 12 предприятиях России. Он используется в нашей стране более пяти лет, при этом регистрируются стабильно высокие результаты, подтвержденные протоко-

лами периодических и типовых испытаний ведущих заводов.

Заключение

Выбор технологии — непростая задача. Множество факторов способны склонить клиента к выбору той или другой технологии, поэтому нужен тщательный анализ всех «за» и «против» в соответствии с поставленными задачами.

Технология — наиболее консервативная область производства. Промышленное освоение новых технологий происходит медленно и с большими затратами на проведение испытаний, внесение изменений в документацию, приобретение нового оборудования или модернизацию старого, переход на новые материалы, инструменты и т. д.



Рис. 5. Осаждение иммерсионного олова на линии горизонтального типа

Это нелегко — быть конкурентоспособным на рынке производства электронной аппаратуры нового поколения. И тем не менее, для того чтобы стать лидером и сохранить свои позиции на рынке ПП, необходимо внедрять технологии, обеспечивающие получение высоконадежной продукции, с возможностью быстрого освоения и снижения прямых затрат.