

# Финишные покрытия под поверхностный МОНТАЖ современной элементной базы



Текст: Светлана Шкундина



В своих статьях мы уже неоднократно затрагивали тему финишных покрытий печатных плат, и до сих пор эта тема не теряет своей актуальности. Ни один другой этап в производстве печатных плат не менялся столько раз, сколько процесс осаждения финишных покрытий. Активное развитие электронной промышленности ставит новые задачи производителям печатных плат и предъявляет к финишным покрытиям еще более высокие требования, зависящие от многих факторов – экологических, технологических и технических вопросов, финансовых вопросов, производительности и причин отказов.

При становлении технологии изготовления печатных плат у специалистов была возможность припаивать компоненты непосредственно к меди, используя активные флюсы. Когда печатные платы стали выпускать большими партиями, были разработаны защитные покрытия для меди – органические и металлические. Среди методов нанесения финишных покрытий наибольшее распространение получили лужение, химическое и гальваническое осаждение. Лужение – достаточно простой способ, однако он теряет свою актуальность из-за сложности получения поверхностей с необходимой плоскостностью, а также из-за высоких температур процесса облуживания, что равносильно термоудару, отрицательно влияющему на надежность.

Гальваническое осаждение – быстрый и хорошо контролируемый процесс, но при нанесении финишного покрытия по сформированному металлическому рисунку он требует наличия электрического контакта между всеми поверхностями, что бывает сложно обеспечить. Для этого применяются технологические перемычки, соединяющие различные проводники и области в единое целое, которые потом удаляются, однако это снижает технологичность процесса.

Гальваническое оловянно-свинцовое покрытие (гальванический ПОС) – это «побочный эффект» комбинированного позитивного метода изготовления печатных плат. Олово и свинец в пропорциях, близких к эвтектическому сплаву, наносятся гальваническим методом до травления меди, поэтому электрический контакт обеспечивается медной фольгой. Данное покрытие выполняет роль металлического резиста при травлении, а затем оплачивается. Основными недостатками метода являются отсутствие достаточной плоскостности, а также нанесение паяльной маски в местах проводников не на медную поверхность, а на поверхность, покрытую припоем. Этот припой, расплавляясь при пайке оплавлением, а часто и при ручной пайке вблизи контактных площадок, приводит к отслаиванию маски и появлению эффекта апельсиновой корки паяльной маски. Для устранения эффекта отслаивания покрытие в соответствующих местах удаляется механически до нанесения маски, однако такой способ снижает технологичность и надежность платы. В настоящее время это покрытие применяется в некоторых изделиях, где отсутствует паяльная маска и/или указанные недостатки не играют большой роли, а также там, где не предъявляются требования по исключению свинца, и ширина проводников плат и зазоры между элементами рисунка составляют не менее 0,25-0,3 мм.

По этим причинам среди металлических покрытий все большее предпочтение отдается так называемым иммерсионным покрытиям (от англ. immersion – погружение). Действительно, достаточно погрузить деталь

в раствор из менее электроотрицательного металла, чтобы начался процесс иммерсионного осаждения.

Иммерсионные процессы – это контактное восстановление металлов из их растворов на электроотрицательных поверхностях. Происходит реакция замещения металла основы на металл из раствора. После образования плотной пленки процесс останавливается, поскольку прекращается контактный обмен. Поэтому иммерсионные процессы образуют принципиально тонкие покрытия – порядка десятых долей микрона. Но и при такой толщине в осаждаемой пленке не может быть непрокрытий, поскольку контактный процесс восстановления продолжится до тех пор, пока поверхность основы не закроется.

Этот метод химического осаждения обеспечивает тонкие и однородные покрытия именно тех участков, где имеется открытая медь, т. е. благодаря реакции замещения процесс является самоуправляемым.

Известные в настоящее время технологии финишных покрытий – иммерсионное золочение с подслоем химического никеля, иммерсионное оловянирование, химическое серебрение, осаждение органической защиты (OSP) позволяют получить плотное и идеально ровное покрытие, не содержащее свинец. Эти технологии являются альтернативой широко распространенной технологии горячего лужения (HASL) и довольно успешно решают большую часть поставленных задач.

Рассмотрим более подробно методы нанесения финишных покрытий.

## Горячее лужение ПОС-63 (HASL)

Толщина, мкм: 12-20

Процесс горячего облуживания состоит в погружении платы на ограниченное время в ванну с расплавленным припоем и быстрой выемке ПП с обдувкой струей горячего воздуха, убирающей излишки припоя и выравнивающей покрытие. Но при этом процессе наплывы припоя все равно остаются (рис. 1). Особенно много их на развитых металлических поверхностях. В последующей сборке наплывы мешают установке мелких компонентов, что и ограничивает применение HASL.



1

Наплывы припоя на внутренней поверхности переходного отверстия

**Плюсы:**

- наиболее хорошо известный и традиционно применяемый метод покрытия, хорошо отработана технология его нанесения и дальнейшего использования плат;
- хорошая прочность паяного соединения;
- выдерживает множество циклов пайки.

**Минусы:**

- значительная неплоскостность контактных площадок;
- наличие свинца, который вреден для окружающей среды и обслуживающего персонала;
- затруднено применение для плат с большим соотношением толщины платы к диаметру металлизированного отверстия;
- значительная тепловая нагрузка на плату, что может вызвать ее коробление и даже расслоение;
- жесткий термоудар, который испытывают межслойные соединения многослойной платы при погружении в расплавленный припой;
- возможные замыкания контактных площадок компонентов с малым шагом. Не рекомендуется применять для компонентов с шагом менее 0,5 мм.

## Иммерсионное золочение (Electroless Nickel / Immersion Gold – ENIG)



2  
Покрытие иммерсионным золотом

Толщина, мкм: 3-6 Ni; 0,05-0,1 Au  
Нанесение иммерсионного золота возможно как по чистой меди, так и по подслою химического никеля. Золото предотвращает окисление никеля и обеспечивает превосходную паяемость. Никель служит барьером между медью и слоем золота, предотвращая взаимную диффузию золота и меди и увеличивая время

хранения печатной платы. Слой иммерсионного золота – ровный, компактный и мелкокристаллический (рис. 2). Он имеет хорошее сцепление с подслоем химического или электрохимического никеля и хорошо паяется с малоактивными флюсами. Эти характеристики особенно важны при сборке печатных плат.

**Плюсы:**

- плоская поверхность, равномерная толщина покрытия;
- подходит для установки компонентов с малым шагом;
- не ограничивает минимальный диаметр металлизированных отверстий;
- выдерживает многократное термоциклирование;
- имеет длительный срок хранения;
- обладает хорошей паяемостью;
- имеет хорошую смачиваемость припоем при пра-

вильном подборе флюса.

**Минусы:**

- возможно появление дефектов типа «черные площадки»;
- несовместимость многих паяльных масок с высокотемпературной ванной никелирования;
- не оптимально для плат с высокоскоростными сигналами;
- паяемость, сильно зависящая от правильного выбора очистителей, флюса и режимов пайки;
- содержит никель, который считается канцерогеном;
- относительно высокая стоимость.

## Иммерсионное серебро (ImmAg – Immersion Ag)

Процесс похож на процесс нанесения иммерсионного золота.

Толщина покрытия: 0,05 – 0,1 мкм

**Плюсы:**

- плоская поверхность, равномерная толщина покрытия;
- подходит для установки компонентов с малым шагом;
- не ограничивает минимальный диаметр металлизированных отверстий;
- имеет длительный срок хранения;
- отсутствие дефектов типа «черные площадки»;
- простой процесс нанесения;
- недорогое покрытие.

**Минусы:**

- высокий коэффициент трения, что не оптимально для монтажа элементов методом запрессовки (press-fit);
- потускнение покрытия со временем;
- высокая миграционная способность серебра, приводящая к росту дендритов и волосяных мостиков, что, в свою очередь, приводит к короткому замыканию.

## Органическая защита OSP (Organic Solderability Preservative)

Толщина покрытия: 0,2-0,6 мкм

Альтернативой покрытию металлами является покрытие органическими защитными покрытиями. Они обеспечивают плоскую поверхность и не приводят к замыканию контактов элементов с большой степенью интеграции. Имеют меньшую стоимость, чем покрытие никелем или золотом. Применение OSP позволяет при пайке использовать смываемые водой или безотмывные флюсы. К тому же этот процесс экологически безопасен.

Тесты показали, что при нормальных условиях хранения печатные платы, покрытые OSP, сохраняют паяемость более одного года. Также органические покрытия разлагаются при пайке, тогда как металлические покрытия растворяются в сплаве, образующем паяное соединение.

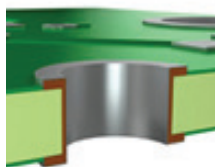
#### Плюсы:

- плоская поверхность;
- не влияет на размер металлизированных отверстий;
- быстрый и недорогой процесс нанесения;
- не содержит никель;
- хорошая прочность паяных соединений.

#### Минусы:

- не выдерживает более одного нагрева платы;
- может потребоваться переналадка сборочной линии;
- после сборки могут оставаться места с открытой медью (например, тестовые точки);
- ограниченное термоциклирование;
- чувствительность к растворителям, которые применяются для удаления неправильно нанесенной паяльной пасты;
- прокалывание покрытия тестовыми щупами при электротестировании, что может привести к появлению участков открытой меди.

## Иммерсионное олово (Immersion Tin – ImmSn) с подслоем органического металла



Толщина, мкм: 0,5-0,8 Sn;  
Иммерсионное покрытие обеспечивает высокую плоскостность печатных площадок платы и совместимость со всеми способами пайки. Процесс нанесения иммерсионного олова схож с процессом нанесения иммерсионного золота.

Иммерсионное олово имеет хорошую паяемость после длительного хранения, которая обусловлена введением подслоя органометалла (0,08-0,1 мкм) в качестве барьера между медью контактных площадок и непосредственно оловом (рис. 3).

Барьерный подслоя предотвращает взаимную диффузию меди и олова, образование интерметаллидов и рекристаллизацию олова. Нитевидные кристаллические усы не могут самопроизвольно образовываться из ImmSn, поскольку толщина покрытия недостаточна для их формирования.

#### Плюсы:

- отличная паяемость;
- плоская поверхность, покрытие подходит для установки компонентов с малым шагом выводов;

- возможность использовать те же паяльные пасты, что и для плат с покрытием HASL;
- полная совместимость с бессвинцовыми припоями;
- способность к многократной перепайке;
- простота эксплуатации;
- стабильный процесс;
- простые анализы;
- хорошие условия для обеспечения беспаянных соединений Press-Fit (запрессовывание штырей-хвостовиков разъемов в металлизированные отверстия плат);
- не влияет на размер металлизированных отверстий;
- недорогое покрытие;
- допускается нанесение покрытия как по маске, так и до нанесения маски.

#### Минусы:

- платы требуют осторожного обращения;
- не пригодно для производства клавиатур/сенсорных панелей.

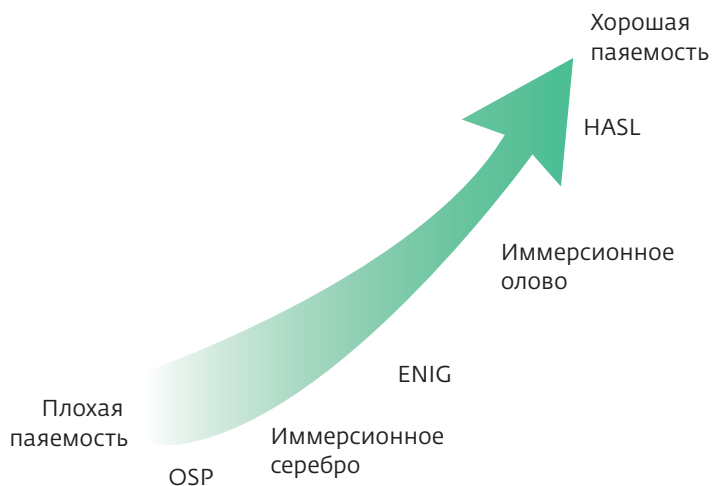
Существует еще одно, едва ли не самое основное требование к финишным покрытиям ПП – надежность. Испытания образцов ПП с различными видами финишных покрытий показали, что свежесаженные покрытия имеют характеристики, не уступающие характеристикам, полученным при горячем лужении (HASL), чего нельзя сказать о результатах после искусственного старения.

На примере одной из важнейших характеристик покрытий – смачиваемости припоем при пайке, мы видим ухудшение или полное отсутствие смачиваемости по сравнению с горячим лужением при следующих условиях искусственного старения:

1. Пары воды / 8 час:
  - HASL – смачиваемость 1,07;
  - химический Ni / иммерсионное Au – смачиваемость 0.
2. T = 85 °C / отн. влажность 85 % / 24 час:
  - HASL – смачиваемость 1,0;
  - химическое Ag – смачиваемость 0,9;
  - иммерсионное Sn (традиционный процесс) – смачиваемость 0,9.
3. T = 155 °C / 4 час:
  - HASL – смачиваемость 1,0;
  - иммерсионное Sn (традиционный процесс) – смачиваемость 0,69;
  - органическая защита (OSP) – смачиваемость 0.

Эти результаты значительно сокращают области применения ПП с указанными финишными покрытиями. Рейтинг паяемости бессвинцовых финишных покрытий представлен на рис. 4.

Далее рассмотрим два самых перспективных финишных покрытия: иммерсионного олова с подслоем органометалла и иммерсионного золота с подслоем никеля.



4

Улучшение характеристик паяемости в зависимости от финишного покрытия

ООО «Остек-Сервис-Технология» совместно с компанией J-KEM International AB (Швеция) предлагает технологию осаждения иммерсионного олова нового поколения, позволяющую получить финишное покрытие, которое отвечает современным требованиям к покрытиям ПП и обеспечивает высокую надежность. Производителям ПП хорошо известны проблемы традиционных финишных покрытий иммерсионным оловом. Это миграционные процессы, связанные с диффузией меди и олова, образование интерметаллидов на границе медь/олово, рекристаллизация олова и, как следствие, рост дендритов, потеря паяемости после непродолжительного хранения.

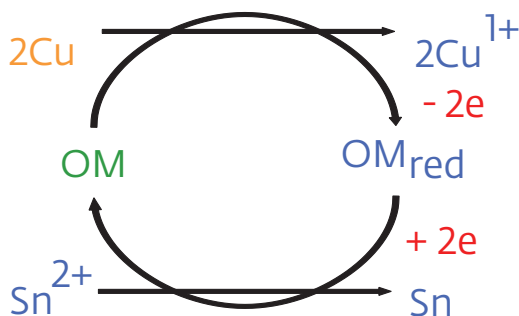
Разработанная технология осаждения иммерсионного олова нового поколения – это комбинация двух технологий: осаждения на медь органического металла (ОМ) в качестве барьерного слоя и последующего осаждения слоя иммерсионного олова (рис. 5).

Что же представляет собой органический металл?

Классические металлы окружены «электронными облаками» – это неограниченное перемещение электронов. Это свойство было обнаружено в веществе, которое не относится к группе классических металлов.

Органический металл – это полимер:

- чисто органическое соединение, содержит С, Н, О, N, S;



5

Механизм электронной проводимости органического металла

- не имеет металлических добавок;
- проводит электрический ток;
- имеет потенциал «благородного металла» (серебро);
- обладает каталитическими свойствами;
- может быть окислено и восстановлено без видоизменений;
- полностью нерастворимо и может использоваться только в виде дисперсии.

Предварительная обработка очищенной медной поверхности в растворе органического металла значительно снижает скорость диффузионных процессов, препятствует образованию интерметаллидов и рекристаллизации олова, позволяя получить покрытие с высокими техническими характеристиками. Присутствие органического металла оказывает прямое влияние на структуру последующего осадка иммерсионного олова. Создается более совершенная и менее напряженная структура олова, что дает возможность получить более плотную, гладкую поверхность. Все это значительно снижает скорость процессов окисления и образования дендритов (рис. 6).



6

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

Результаты испытаний образцов ПП, на которые в качестве финишного покрытия было нанесено иммерсионное олово с барьерным слоем органического металла, показали, что смачиваемость поверхности (среднее значение 1,28) даже лучше, чем при горячем лужении (среднее значение 1,08). Паяемость покрытия сохраняется до нескольких лет без консервации.

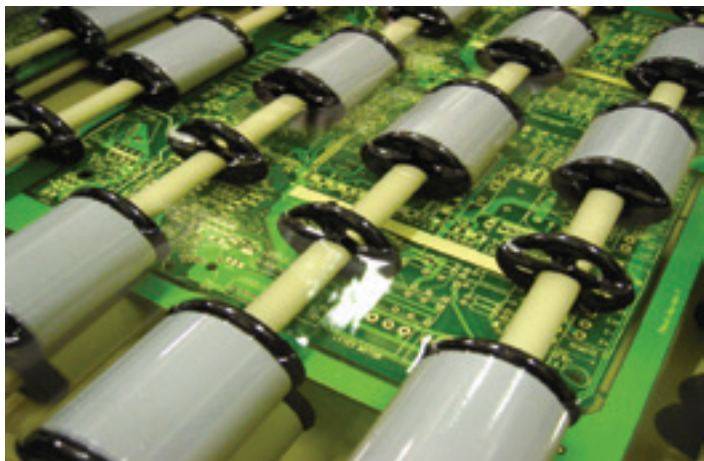
Процесс прост в эксплуатации, легко контролируется, экономичен, может проводиться как в вертикальных, так и в горизонтальных линиях (рис. 7).

Основные стадии процесса:

- кислая очистка;
- микротравление;
- осаждение органического металла;
- осаждение иммерсионного олова.

Кислый очиститель удаляет окислы с поверхности меди. Микротравитель – это стабилизатор для травильного раствора меди, основанного на серной кислоте и перекиси водорода. Воздействуя химически на медную поверхность, микротравитель создает топографию поверхности, обеспечивающую хорошую адгезию с последующими химическими и электрохимическими покрытиями.

Финишное покрытие иммерсионным оловом с подслоем органического металла при толщине 1 мкм имеет ровную, плоскую поверхность, сохраняет паяемость и возможность нескольких перепаек даже после дли-



7  
Осаждение иммерсионного олова на линии горизонтального типа

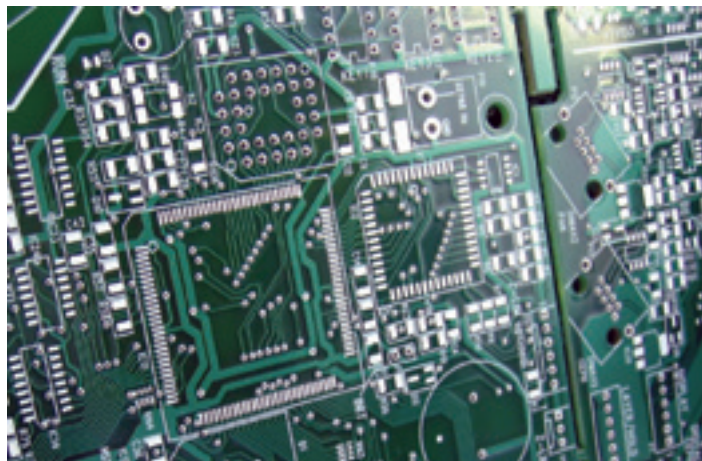
тельного хранения. Имеет технические характеристики покрытия, полностью отвечающие современным требованиям к ПП (рис. 8).

Покрытие ImmSn с подслоем органического металла прошло многочисленные испытания и хорошо зарекомендовало себя в производстве ПП. Это покрытие используется в России уже довольно давно. В настоящее время ImmSn с подслоем органического металла внедрено на 15 российских предприятиях и успешно работает. На все растворы, составляющие процесс осаждения иммерсионного олова с подслоем органического металла, выпущены российские ТУ, а сам процесс введен в действующий стандарт отрасли ОСТ 107.460092.028-96 «Печатные платы. Технические требования к технологии изготовления».

Также ООО «Остек-Сервис-Технология» и J-KEM International AB предлагают технологию нанесения иммерсионного золота. Само золотое иммерсионное покрытие представляет собой композицию из меди контактной площадки, подслоя химически осажденного никеля и иммерсионно осажденного золота. Тонкий слой золота толщиной 0,05...0,1 мкм несет единственную функцию – защитить никель от окисления для последующей пайки. При пайке оно быстро растворяется в припое и обнажает свежую поверхность никеля для смачивания припоем.

Всякий иммерсионный процесс состоит в реакции замещения одного металла другим из раствора. Поэтому толщина иммерсионного золота в данном случае не может быть большой – как только поверхность никеля будет закрыта золотом, ее взаимодействие с раствором для реакции замещения прекратится. Это значит, что все участки поверхности никеля будут обязательно покрыты золотом, пока они свободны для реакции замещения. Также это значит, что несмотря на чрезвычайно малую толщину иммерсионно осажденного золота его сплошность гарантируется самим механизмом процесса.

Иммерсионное золото можно было бы осаждать и прямо на медь контактной площадки, но тогда их



8  
Иммерсионное олово с подслоем органического металла

взаимная диффузия приводила бы к быстрой потере паяемости из-за превращения тонкого слоя золота в интерметаллоид  $CuXAuY$ , не растворимый в припое. Барьерный подслоя никеля толщиной 3...6 мкм предотвращает процесс диффузии и потерю паяемости (рис. 9).

Последовательность процесса нанесения иммерсионного золота с подслоем химического никеля:

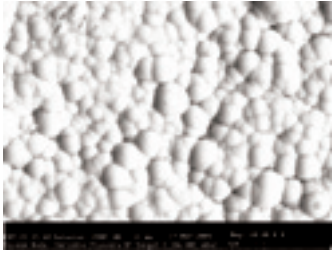
- кислая очистка;
- микротравление;
- активация;
- химическое осаждение подслоя никеля;
- нанесение иммерсионного золота.

Кислый очиститель удаляет с медных поверхностей масла, окислы, отпечатки пальцев, не оказывает воздействия на паяльную маску, краски, эпоксифенольные подложки. Микроотравитель равномерно подтравливает медную поверхность, что дает отличную адгезию с последующим осаждением никеля.

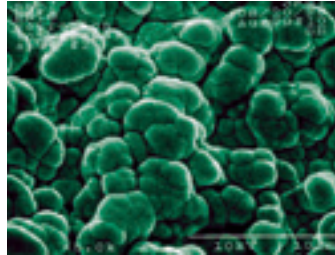
Коллоидный палладиевый активатор полностью катализирует медную поверхность, не затрагивая диэлектрики. Использование активатора гарантирует получение плотного никелевого осадка при обработке в ванне химического никелирования. Раствор химического никелирования дает качественное полублестящее покрытие сплавом никель-фосфор с хорошей пластичностью и отличной адгезией к медной поверхности контактной площадки.

Из раствора иммерсионного золочения должен получаться плотный, мелкокристаллический, блестящий золотой осадок 24 каратного золота (рис. 10).

Печатные платы, защитное покрытие на которые нанесено с помощью ENIG-процесса, могут иметь характерный дефект, называемый «черная контактная площадка» («black pad»). Из-за данного дефекта образуются механически непрочные паяные соединения, которые могут треснуть и/или отслоиться даже под действием минимальной нагрузки. Дефект наиболее отчетливо проявляется для корпусов с матричным расположением выводов вследствие большей жесткости – BGA, QFP,



9 Покрытие никель-фосфор, полученное из раствора химического никелирования КЕМ НИ 6000. Увеличение 10000



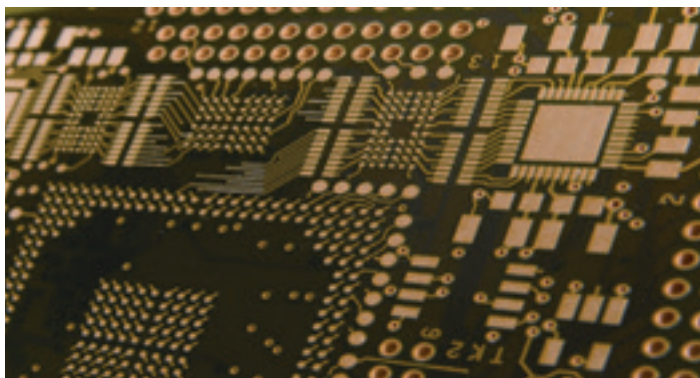
11 Кристаллическая структура химически восстановленного никеля с большими межкристаллитными прослойками

QFN. Название дефекта произошло от темно-серого или черного цвета поверхности площадки, обнажающейся при отслоении паяного соединения.

Практика работы на одном из отечественных предприятий показала, что явление «черная контактная площадка» связано с чрезмерной коррозией никеля в процессе иммерсионного осаждения золота. Если кристаллическая структура осажденного никеля имеет вид, отличный от нормального (рис. 9), с большими межкристаллитными прослойками, как показано на рис. 11, это означает, что не вся поверхность никеля участвует в обменных реакциях с раствором золочения, а сами инородные прослойки, не покрытые золотом, являются причиной зарождения очагов коррозии (рис. 12, рис. 13).

Что провоцирует образование чрезмерно больших межкристаллитных прослоек?

Механизм, ведущий к возникновению черной контактной площадки, пока окончательно не изучен, однако проведенные исследования свидетельствуют, в частности, о влиянии на его появление содержания фосфора в ванне, а также остаточного фосфора в покрытии после его нанесения. Фосфор выделяется в процессе восстановления никеля на поверхность медной площадки; при пайке и растворении золота в припое поверхностный слой фосфора обнажается. Он имеет плохую паяемость – припой не смачивает его поверхность и скатывается с нее.



10 Плотное 24-каратное покрытие золотом, полученное из раствора иммерсионного золочения КЕМ А 3000

Известно, что при образовании кристаллической структуры все инородные для кристалла компоненты вытесняются в пространство между кристаллами – в межкристаллитные прослойки. В данном случае фосфор, сопровождающий реакцию химического восстановления никеля, может образовывать с никелем твердый раствор, а может и вытесняться в межкристаллитное пространство. Мелкокристаллическая структура никеля с межкристаллитными прослойками образуется при содержании фосфора до 7 %. При большем содержании фосфора, от 7 до 12 %, структура никелевого слоя приобретает аморфную форму и, соответственно, не имеет кристаллической структуры и межкристаллитных прослоек. В этом случае реакция замещения никеля золотом происходит равномерно по всей поверхности с хорошей укрупненностью, что предотвращает процесс окисления никеля. Из этого возникает первая рекомендация: чтобы предотвратить образование «черной контактной площадки» при химическом никелировании следует обеспечивать максимальную концентрацию фосфора.

Подготовка поверхности под иммерсионное золочение – основная операция для обеспечения необходимой морфологии наносимых потом покрытий никеля и золота. Гарантированные результаты дают растворы микроотравления. При микроотравлении поверхность меди активируется за счет удаления верхнего «отравленного» слоя и получает микрошероховатость, обеспечивающую хорошую адгезию никеля. Равномерная активация поверхности меди способствует равномерному осаждению палладия за счет реакции замещения, а это, в свою очередь, обеспечивает равномерное осаждение никеля. Важно, что за этим должна следовать тщательная отмывка металлизированной поверхности для предотвращения попадания палладия в раствор никелирования, что привело бы к разрушению раствора.

Отсюда вторая рекомендация: поверхности, подлежащие иммерсионному золочению, должны быть максимально сглажены, что достигается выполнением операции микроотравления.

Процесс восстановления золота сопровождается растворением никеля, т.е. это процесс коррозии никеля. При больших скоростях реакции процесс замещения может оказаться несбалансированным, коррозия никеля может стать преобладающей – и под золотом образуется черная, пока не заметная глазу, поверхность никеля. Предлагаемые рынком готовые процессы и растворы для иммерсионного золочения предусматривают в своем составе притормаживающие окислительно-восстановительный процесс компоненты. Третья рекомендация: нужно работать только с надежными и проверенными поставщиками химических процессов и материалов.

Общие рекомендации по обеспечению устойчивости процесса иммерсионного золочения таковы:

- Большинство производителей использует комбинированный позитивный метод, предусматривающий применение металлорезиста в виде олова для избирательного травления меди. Для последующего нанесения маски и иммерсионного золочения его удаляют. Важно, чтобы удаление и последующая промывка были полными, иначе остатки металлорезиста могут стать причиной локальной коррозии меди с распространением ее на последующие слои никеля. Для гентинг-метода нужно предусмотреть тщательное проявление и отмывку фоторезиста, не допуская вуали.

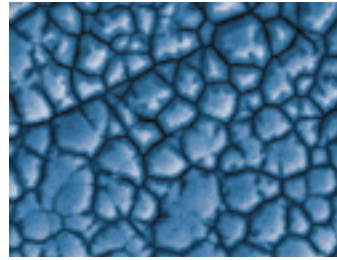
- При осаждении никеля важно предотвратить высокие скорости осаждения, которые порождают толстые и глубокие межкристаллитные образования – причины коррозии. Для этого, в первую очередь, необходимо точно поддерживать pH раствора в пределах  $\pm 0,1$ . То же относится к точности поддержания температуры раствора –  $\pm 1^\circ \text{C}$  при общей температуре раствора в пределах  $85...90^\circ \text{C}$ . В процессе работы раствор никелирования требует постоянного пополнения никелем и восстановителем. Поэтому ванны никелирования целесообразно оснастить системой автоматического дозирования и управления pH и температурой.

- Для обеспечения стабильности процесса никелирования в составе раствора предусмотрено наличие стабилизатора. Контроль содержания стабилизатора должен являться частью ежедневного обслуживания ванны химического никелирования. Активное перемешивание раствора способствует доставке стабилизатора к металлируемой поверхности, компенсирующей его дефицит.

- Равномерность и скорость осаждения золота обеспечивается поддержанием его концентрации в растворе и температурой раствора. Слишком высокая температура ведет к неравномерному осаждению золота и нежелательному ускорению окислительно-восстановительных реакций. Слишком низкая температура замедляет процесс осаждения. Низкая концентрация золота обуславливает неоднородность покрытия с непокрытиями, под которыми никель не защищен от окисления и коррозии. Время погружения плат в ванну золочения должно быть достаточным для получения сплошной пленки, но не более. Излишнее пребывания плат в ванне золочения несущественно увеличивает толщину золота, но за счет неизбежных диффузионных процессов приводит к коррозии никеля.

- Иммерсионное золочение производится на монтажных поверхностях – в окнах паяльной маски. Нужно добиваться полного проявления, отмывки и отверждения маски, чтобы в окнах не было ее остатков, которые будут потом нарушать морфологию осадков. Не до конца отвержденная маска будет разрушаться в агрессивных горячих растворах химического никелирования и осаждаться на поверхности контактных площадок. Адгезия покрытий будет ослаблена.

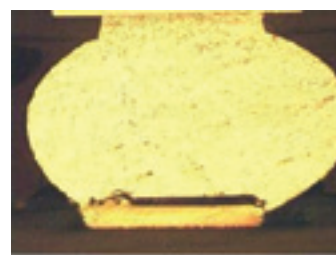
- Некоторые поставщики паяльных масок не гарантируют их устойчивость к горячим растворам никелиро-



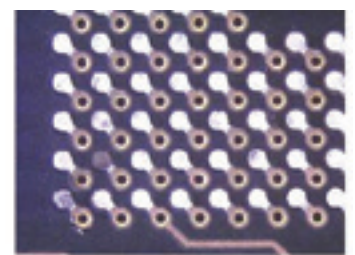
12

Так выглядит при увеличении черная поверхность никеля

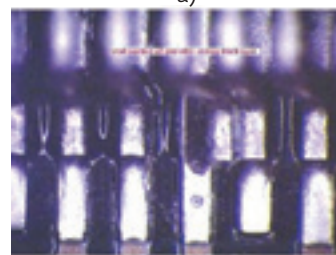
вания, поэтому они рекомендуют использовать иммерсионное золочение до нанесения паяльной маски. Это неправильно! Открытая поверхность диэлектрического основания плат, имеющего значительную пористость, впитывает ионногенные продукты растворов, которые не могут быть полностью удалены даже тщательной промывкой. Их остатки в виде ионов металлов и галогенов приводят к существенному снижению качества электрической изоляции плат и потере их надежности. Не до конца отмытые ионногенные остатки растворов снижают сопротивление изоляции в условиях повышенной влажности. Остатки химических загрязнений в условиях повышенной влажности провоцируют осмотические явления, приводящие к отслоению паяльной маски и влагозащитного покрытия. Ионногенные загрязнения создают на поверхности платы под маской электролит, в котором развиваются электрохимические процессы, завершающиеся образованием электропроводящих мостиков – «дендритов» и, соответственно, коротких замыканий. Повышенные потери в диэлектрике платы, обусловленные присутствием химических загрязнений, снижают уровни СВЧ-сигналов (стандарт IPC 4252). Кроме того, обработка открытой поверхности плат в агрессивных растворах будет приводить к разрушению



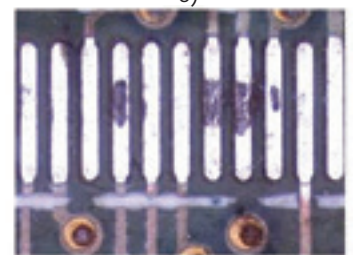
а)



б)



в)



г)

13

Примеры образования дефекта «черная контактная площадка» для корпусов BGA и QFP: а) треснувшее паяное соединение с участием шарикового вывода BGA-компонента; б) посадочное место для BGA-компонента с одной черной контактной площадкой в) припаянный компонент QFP с треснувшим и смещенным выводом; г) черные контактные площадки на КП под QFP-компонент после снятия компонента и удаления избыточного припоя



адгезионного слоя фольги и, как следствие, отслоению тонких проводников и образованию под ними пазух, в которых скапливаются загрязнения. Адгезия паяльной маски к проводникам, покрытым иммерсионным золотом, намного ниже, чем к медным проводникам. В процессе эксплуатации маска может отслаиваться. Поэтому паяльная маска должна наноситься только на развитую поверхность медных проводников. (стандарт IPC-SM-839), получаемую с помощью механической обработки или микротравления, но не на тонкий блестящий слой золота. В процессе нанесения паяльной маски на иммерсионное золото и ее термодублирования поверхность золота «отравляется» парами органических соединений, входящих в состав паяльной маски, что ухудшает смачиваемость монтажной поверхности контактных площадок припоем и снижает надёжность паяного соединения.

- На завершающей стадии обработки плата должна быть тщательно отмыта с контролем качества отмывки и высушена с последующей вакуумной упаковкой.

Иммерсионное золочение – процесс, требующий высокой технологической культуры, а приведенные рекомендации являются лишь частью особенностей использования технологии золочения.

Точное следование технологии нанесения иммерсионного золота и своевременная замена растворов гарантируют качество покрытия и отсутствие дефекта «black pad».

## Заключение

В ряду современных финишных покрытий для пайки микросхем с малым шагом выводов и миниатюрных чип-компонентов типа 01005 наиболее целесообразно использовать иммерсионные покрытия. Они тонкие, плоские, длительное время сохраняют паяемость. Проектировщикам аппаратуры наиболее знакомо покрытие золотом по никелю (ENIG), и они его вписывают в конструкторскую документацию, а производители плат выполняют это требование. В этих условиях другие, более эффективные покрытия остаются за бортом, не получая распространения. Конечно, смелый производитель может оформить разрешение на замену, например, иммерсионного золота на иммерсионное олово. Но для этого он должен быть убежден в целесообразности своих действий. Цель данной статьи – показать разработчикам преимущества использования финишного покрытия на основе иммерсионного олова, которое не создает таких проблем, как иммерсионное золото. ▢

## Литература:

1. А. Медведев. Бессвинцовые технологии монтажной пайки. Что нас ожидает? - Электронные компоненты, 11/2004.
2. The Black Pad Failure Mechanism – From Beginning to End\ Ronald A. Bultwith, Michael Trosky, Louis Picehione, Darlene Hug/Cookson Electronics Assembly Materials Group – Alpha Metals, Global SMT and Packaging Journal, Sept. 2002.
3. А. Медведев. Требования к материалам и технологиям печатных плат при бессвинцовой пайке. – Производство электроники: технологии, оборудование, материалы, 2/2006.
4. Advanced coating technologies for lead-free solders, Bill Boyd, Specialty Coating Systems, Indianapolis, IN, USA [www.globalsmt.net](http://www.globalsmt.net)
5. iNEMI Updates Tin Whisker Recommendations, Joe Smetana [www.globalsmt.net](http://www.globalsmt.net)
6. Иммерсионное олово как финишное покрытие. Надежность – прежде всего! «Технологии в электронной промышленности», №4, 2007
7. Салтыкова В. Финишные покрытия. Проблемы и решения // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 1.
8. Review EIPC WINTER CONFERENCE, TOULOUSE, FRANCE, 28TH & 29TH January 2010.
9. IPC-4552. Specification for Electroless Nickel/Immersion Gold (ENIG) Plating for Printed Circuit Boards. July 2002.
10. С. Шкундина. Новые процессы и материалы в производстве печатных плат. Технологии в электронной промышленности, 4/2009.