



Новые технологии заполнения отверстий и последующей планаризации

В статье рассматриваются технологии заполнения различных видов отверстий проводящими и непроводящими материалами, а также последующая планаризация печатных плат.

Торстен Рекерт

torsten.reckert@all4-PCB.com

Миниатюризация структур печатной платы (уменьшение ширины проводников, диаметров отверстий, размеров контактных площадок под поверхностный монтаж) позволяет сократить площадь ПП за счет совмещения глухих отверстий с контактными площадками для монтажа SMD-компонентов, в частности BGA. Эта технология совмещения глухих отверстий с монтажной площадкой требует определенных приемов заполнения переходных отверстий, чтобы обеспечить плоскую проводящую поверхность, к которой можно подсоединить какой-либо компонент. Возможны три типа совмещения монтажных площадок с отверстиями:

1. Глухие отверстия (микроотверстие в контактной площадке, просверленное лазером, и глубокое глухое отверстие, выполненное по технологии последовательного ламинирования).
2. Сквозное отверстие с контактными площадками.
3. Слепое отверстие, выполненное по технологии последовательного ламинирования.

Технология выполнения отверстий в монтажной площадке

Лазер для микроотверстий. Лазерное сверление глухих отверстий в контактной площадке стало уже

довольно обычным явлением. При использовании этой технологии освобождается ближайшая площадь поверхности печатной платы за счет размещения распределительных проводников, например для BGA, на нижележащем слое. Опыт показал, что, хотя лазерные отверстия этого типа могут быть очень маленькими (0,05–0,1 мм в диаметре и примерно 0,05–0,1 мм глубиной), их необходимо заполнять, чтобы получить плоскую планарную поверхность монтажной площадки. Эти отверстия можно металлизировать, затем закрыть или заполнить смолой и сверху еще раз металлизировать. В обоих случаях необходима операция планаризации, чтобы получить плоскую поверхность монтажной площадки.

Сквозное отверстие. Сквозные отверстия в контактных площадках находят все более широкое применение, хотя пока еще встречаются гораздо реже, чем лазерные отверстия для того же применения. Сквозное отверстие в контактной площадке имеет несколько преимуществ:

1. Перераспределительный слой BGA, например, находится на противоположной стороне ПП, где гораздо больше пространства.
2. Сквозные отверстия во время пайки могут функционировать как теплоотводы.
3. Можно улучшить качество сигнала за счет короткой связи через плату.

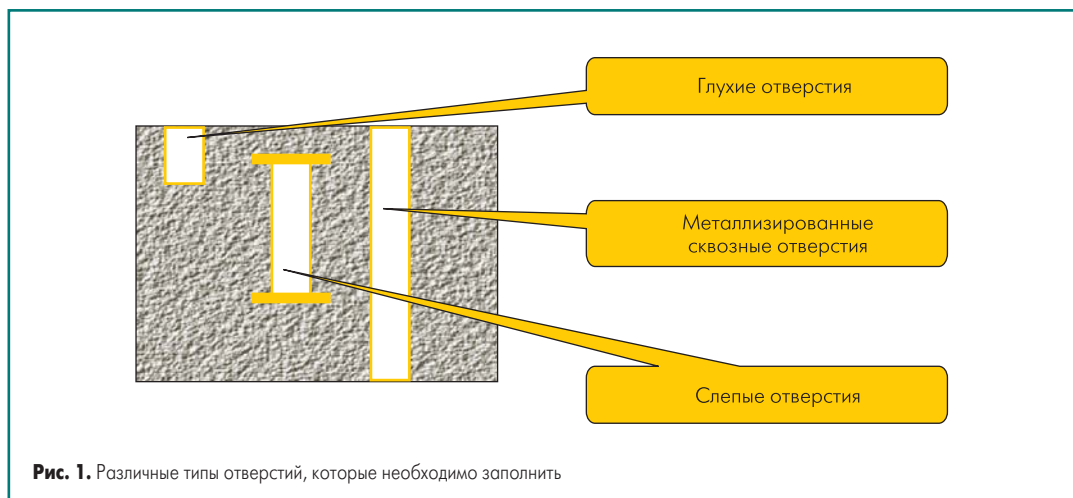


Рис. 1. Различные типы отверстий, которые необходимо заполнить

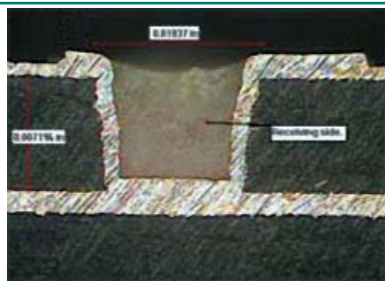


Рис. 2

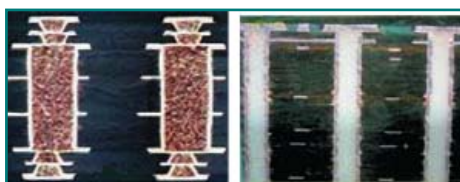


Рис. 3. а) сочетание заполненных микроотверстий с заполненным скрытым отверстием, металлизированным сверху;
б) сквозное отверстие в контактной площадке, заполненное непроводящей пастой

Заполнение отверстий

В настоящее время уже практикуется заполнение отверстий полимерными материалами. Использование полимеров для этих целей все более расширяется, материалы и необходимые для этого процессы все более совершенствуются.

Впервые техника заполнения отверстий была использована в таких технологиях, как производство подложек для кристаллов ИС и карманной электроники. До того в этих областях применения разработчики испытывали трудности, связанные с ограниченностью трассировочного пространства. Платы для этого применения имеют толщину приблизительно от 0,1 до 0,8 мм. Отношение диаметра отверстия к его глубине в таких изделиях обычно составляет 1:10 и менее.

Однако в настоящее время использование технологии заполнения отверстий быстро расширяется в производстве всех типов электронных приборов, таких как сложная техника дальней связи, организация сетей вычислительных машин и даже приборы для тестирования кристаллов микросхем. Печатные платы таких приборов могут быть толщиной 6 мм и в предельных случаях могут иметь сквозные отверстия диаметром 0,2 мм (соотношение 1:40 после металлизации). Обычно это соотношение для приборов с более широкими возможностями составляет примерно 1:15 после металлизации. Тем не менее этот уровень соотношений превышает уровень, существующий для подложек кристаллов ИС и карманной электроники.

Материалы

По большому счету, существует два типа материалов для заполнения отверстий. Один тип является проводящим, другой — непроводящим. Важно учитывать следующие факторы для обоих типов материалов:

- никаких растворителей — 100%-ное содержание твердого вещества;
- коэффициенты теплового расширения (КТР) в области температуры стеклования должны быть близки к КТР конструкции ПП, в которой они используются;
- на поверхность отвержденного материала, заполняющего отверстие, для надежности наносится медь.

Проводящий материал для заполнения отверстий. Слово «проводящий», употребляемое в связи с заполнением отверстий, часто вводит в заблуждение, поскольку для многих непонятно, относится оно к электропроводности или теплопередаче. Многие проводящие пасты изначально предназначались для создания электропроводности. Обычно такие пасты представляют собой смесь эпоксидной смолы с медью и частицами серебра — маленькие частички серебра нужны для создания проводящей перемычки с частицами меди в пасте.

Пасты с серебром все больше применяются в качестве теплопроводящих материалов в технологии глухих отверстий, чтобы улучшить процесс отвода тепла с теплочувствительных компонентов во время пайки. В качестве токопроводящих эти материалы чаще применяются в менее ответственных устройствах, где требования к уровню исполнения не подразумевают наличие хорошо металлизированных отверстий.

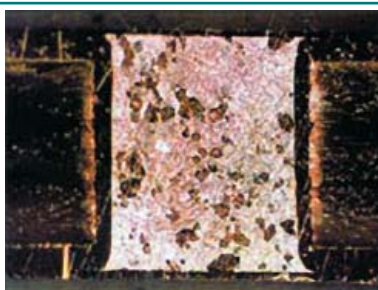


Рис. 4. Типичное проводящее заполнение с частицами Cu в пасте

Проводящие пасты поставляются такими производителями, как Tatsuta, DuPont, Dow, Taiyo и Methode.

Непроводящие материалы. Количество непроводящих материалов для заполнения сквозных отверстий быстро увеличивается. Уже отказываются от первоначальных предположений, что для улучшения теплоотвода через отверстия требуются серебросодержащие материалы. Многие специалисты заявляют, что хорошо металлизированные отверстия, заполненные непроводящими пастами,

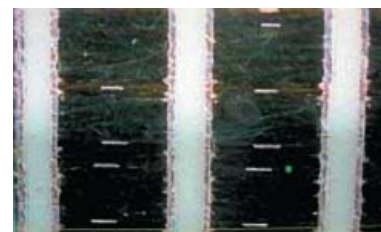


Рис. 5. Типичный непроводящий наполнитель с закупоривающей пастой PP2795 от Peters

обладают такими же или даже лучшими теплоотводящими свойствами. Эти непроводящие материалы представляют собой эпоксидные системы, наполненные неорганическими веществами, такими как частицы керамики или меди.

Непроводящие пасты поставляются San-ei Kagaku, Lackwerke Peters, Taiyo, Tatsuta и др.

Методы заполнения отверстий

По мере распространения технологии заполнения отверстий будет увеличиваться количество методов их заполнения. При этом важно учитывать стоимость используемых материалов. Стоимость серебросодержащих паст очень высока, поэтому необходимо обратить внимание на безотходное использование этих материалов. При использовании же непроводящих паст методы заполнения могут быть более разнообразными, так как здесь количество отходов не сильно влияет на стоимость. К другим важным факторам относятся:

- возможность прямого заполнения (не нужны шаблоны);
- заполнение металлизированных отверстий с избытком (выступом) или без него.

Металлизация отверстий с образованием рельефа свойственна комбинированному методу изготовления плат (pattern plating). Используя сухой пленочный фоторезист, который открыт только в тех областях, где есть отверстия, медь можно нарастить именно в отверстиях. После снятия фоторезиста у входа в сквозное отверстие остаются медные кольца. Высота медного кольца обычно соответствует толщине меди, осажденной в отверстиях.

Трафаретная печать

Традиционным методом является заполнение отверстий через трафарет. Этот метод все еще является самым распространенным, особенно при использовании серебросодержащих материалов.

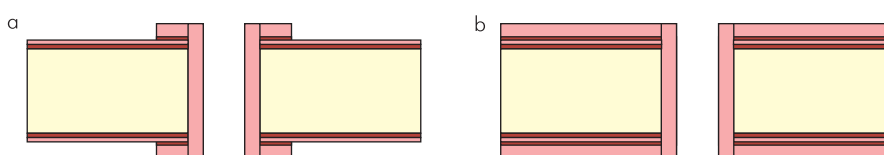


Рис. 6. а) рельеф вокруг отверстия — pattern plating;
б) отверстие с металлизацией со сплошным наращиванием — тентинг-метод, panel plated



При этом можно использовать полуавтоматическое оборудование. В некоторых случаях процесс улучшается за счет использования стола с вакуумным зажимом с нижней стороны плат. Вакуум помогает продавить заполняющий материал через отверстие. В этом методе основная трудность заключается во времени заполнения глубоких отверстий с соотношением больше 10. Требуется много проходов ракеля. Кроме того, существует большая вероятность вовлечения воздуха в промежутки между проходами ракеля.

Валковый метод нанесения (GIT)

Японская фирма GIT разработала метод нанесения покрытия валиком с одной стороны. Материал набирается валиком и наносится на нижнюю сторону ПП. При соприкосновении валика с ПП пасте на поверхности валика ничего не остается делать, как только пройти сквозь отверстие.

Этот метод идеален для непроводящих паст с очень большим временем жизни. Основным сдерживающим фактором в этом методе является тот факт, что глубина отверстий ограничена соотношением примерно 1:12.

Система заполнения сквозных отверстий (MASS GmbH)

Фирма MASS GmbH (Германия) предлагает аппарат для очень эффективного заполнения глубоких отверстий. Глубокие отверстия с соотношением до 1:30 могут быть заполнены за один проход практически без пустот. Более того, с помощью этого аппарата можно также обрабатывать отверстия в условиях вакуума. Вакуум дает возможность заполнить отверстия одновременно с обеих сторон или обеспечивает более свободное окно для



Рис. 7. Аппарат фирмы MASS (VCP100)

заполнения глухих отверстий (с соотношением больше, чем 1:1).

Плата помещается в аппарат вертикально. Заполнение отверстий происходит под давлением с одной стороны или одновременно с двух сторон с помощью распределительных головок, которые движутся вниз по плате и проталкивают материал через отверстия. Вакуум необходим при заполнении сквозных отверстий с обеих сторон.

Если аппарат работает в режиме заполнения с одной стороны, то с противоположной стороны другая головка собирает излишки материала, продавленного через отверстия. Накапливаемый в приемной головке материал можно использовать снова. Если плата не совсем плоская, то головки могут оставить немного материала на поверхности платы. Излишки материала счищаются с поверхности платы в процессе подготовки ее к процессу планаризации.

Заполнение непроводящими материалами в этом аппарате происходит очень хорошо. Несколько известных производителей ПП используют этот аппарат для заполнения глубоких отверстий с большим соотношением толщины платы к диаметру отверстий.

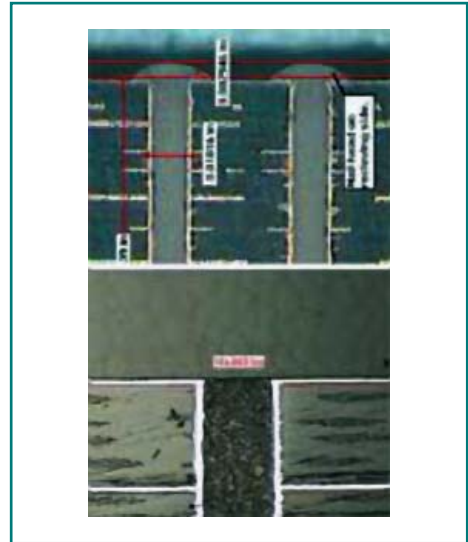
Возможно заполнение отверстий непосредственно на поверхности ПП без применения трафаретов. Этот метод заполнения также эффективен при заполнении отверстий с рельефом металлизации вокруг него.

В некоторых технологиях производства ПП требуется заполнение отверстий с соотношением более 1:30. Это можно сделать с помощью аппарата MASS.

Снятие смолы: процесс шлифования

После заполнения отверстий смолой следует этап полировки, в ходе которого снимают все излишки смолы с поверхности платы. В случае металлизации отверстий путем сплошного наращивания на всей плате обычно требуется убрать только выпуклости из смолы и наteki. В случае заполнения отверстий, металлизированных по рисунку, приходится снимать гораздо больше излишков. С поверхности платы необходимо убрать не только смолу, но и медные кольца вокруг отверстий.

В технологии послойного наращивания планаризация встречается довольно часто. Долгое время для этих целей использовался керамический абразивный круг. Другим распространенным методом является применение оборудования типа шлифовального ленточного станка. Это оборудование можно



также использовать для технологий с заполнением отверстий. Однако по мере того как подложки, где требуется заполнение термина «планаризация» для обозначения процесса удаления смолы становится неуместным.

Чем толще плата, тем больше может меняться топография поверхности от одного края платы до другого. Это происходит вследствие того, что чем больше слоев наращено один на другой, тем более неравномерной становится поверхность (из-за чередования на ней смолы и участков с небольшим количеством смолы в каждом слое). Планаризация становится не тем процессом, который требуется для таких плат.

В этом случае требуется процесс, который будет достаточно хорошо сочетаться с неровной поверхностью платы и уберет смолу и медные бляшки с поверхности платы, не удаляя слишком много меди с поверхности фольги. В зависимости от техники шлифования и от неравномерности подложки довольно часто происходит сквозное протирание меди фольги на выступающих участках платы, и под ней обнажается слоистый пластик. В таком случае плата уходит в брак. Фактически многие фирмы пользуются техникой ручного шлифования, используя станок для ручного шлифования или полуавтомат, который выполняет такую же работу, что при ручном шлифовании (SV100 от фирмы MASS GmbH), для тех участков, которые действительно в этом нуждаются.

Ленточная шлифовка, наряду со шлифовкой с помощью керамического круга, оказалась очень подходящей для планаризации, но не идеальными для шлифовки неровных поверхностей.

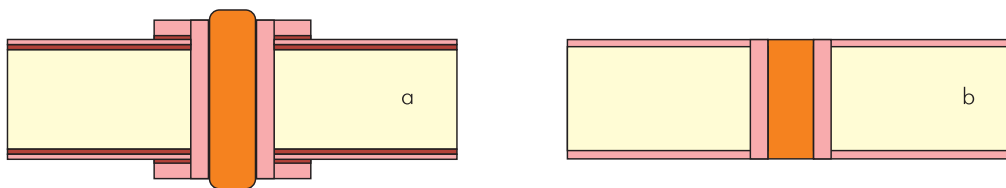


Рис. 8. Заполнение отверстий с образованием рельефа а) до и б) после планаризации



Рис. 9. Аппарат для шлифования Pola & Massa

Мягкие абразивные щетки фирмы Pola & Massa

Автоматический процесс, который лучше всего имитирует ручное шлифование, осуществляется с помощью аппарата для влажного кругового шлифования от фирмы Pola & Massa. Это оборудование имеет самый большой диапазон настроек для автоматической шлифовки подложек, имеющих неровную поверхность.

Два ряда из пяти круглых щеток шириной 15 см осциллируют с размахом 15 см. Промывная вода подается через все 10 щеток. Конструкция щеток уникальна и запатентована фирмой Pola & Massa. Их поверхности не жесткие, за счет чего они повторяют рельеф поверхности на всей ширине платы. Технология с использованием щеток обеспечивает оптимальное снятие остатков всех видов ма-

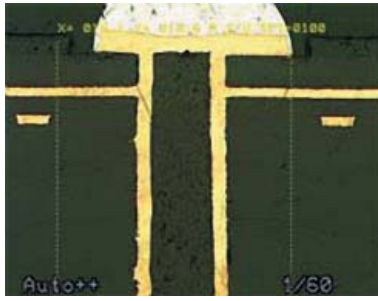


Рис. 10. Непроводящая маскировка отверстия над металлизацией сверху

териалов для заполнения отверстий, а также медного рельефа.

Заключение

Технология заполнения отверстий в монтажной контактной площадке постоянно совершенствуется. Она находит применение не только в производстве тонких подложек, но и при изготовлении ПП с большим количеством слоев. Имеются технологические процессы, обеспечивающие надежное заполнение отверстий с последующей планаризацией с соотношением диаметра отверстия к толщине платы более 1:10. Использование оборудования марки MASS VCP для заполнения отверстий совместно с аппаратом круговой влажной шлифовки фирмы Pola & Massa — это одно из идеальных решений для технологий с глубокими отверстиями.