

Технология получения тонких проводников и покрытие плат — противоположные направления, одно решение

Увеличение плотности монтажа приводит к необходимости создавать печатные платы с более тонкими проводниками и меньшим расстоянием между ними наряду с повышенными рабочими характеристиками на высоких частотах. Оба фактора должны быть достигнуты в условиях все ужесточающейся конкуренции.

Стефан Кени
Берт Ринц
Перевод: Дмитрий Рябухин

dmitri.ryabukhin@atotech.com

Стандартный метод достижения тонких проводников и меньших расстояний — это использование различных способов меднения токопроводящего рисунка. Однако эта технология не отличается равномерным распределением покрытия из-за колебаний плотности рисунка и ширины проводников. В результате, меняющийся профиль проводника плохо согласуется с растущими требованиями по рабочим характеристикам на высоких частотах и с узким диапазоном контроля сопротивления.

И наоборот, меднение заготовки платы целиком обеспечивает равномерное распределение покрытия, а также равномерность процесса производства и тем самым создает более благоприятные условия для применения высоких частот — в частности, соблюдается узкий диапазон общего сопротивления. Критическим недостатком методики осаждения покрытия на поверхности платы является то, что травление не может гарантировать воспроизведение проводников и расстояний между ними в пределах допустимых отклонений.

В настоящей статье представлены возможности горизонтальной системы осаждения меди Uniplate InPulse 2, обеспечивающей равномерное заполнение глухих микроотверстий и минимальное осаждение меди на поверхности.

Глухие микроотверстия, обычно имеющиеся в платах для портативных приборов, имеют глубину 70 мкм, диаметр 100 мкм и легко заполняются медью при осаждении ее на поверхности толщиной лишь 15 мкм. Это позволяет производить платы с шириной проводника и расстоянием между проводниками 50 мкм. Также, благодаря небольшой толщине слоя меди, обеспечивается значительная экономия не только металла, но и паяльной маски и химикатов для травления. Процесс получил широкое признание среди производителей массовой продукции печатных плат с высокоплотной разводкой.

Введение

Процессы для заполнения глухих микроотверстий широко применяются во многих областях электроники. Эти процессы внедряются как на горизонталь-

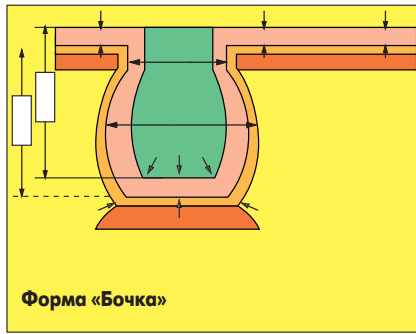
ных, так и на вертикальных линиях [1]. Применение стандартных процессов для глухих микроотверстий, применяемых в платах портативных приборов, требует толщины покрытия до 30 мкм для обеспечения остаточного углубления в глухом отверстии менее 10 мкм (в зависимости от соотношения глубины отверстия и качества сверления). Толщина слоя меди очень зависит от материала основы, на которой делают микроотверстия. В настоящее время в производстве мобильных телефонов все чаще применяют материалы, армированные стекловолокном марки FR4, которые выдвигают более высокие требования к процессу сверления по сравнению с основами типа RCF. Однако здесь очень важную роль играет цена сверления, и часто сверление не обеспечивает нужной формы микроотверстия. Обычно чем сложнее процесс заполнения микроотверстия медью, тем больше требуется осаждения меди для получения желаемого качества остаточного углубления. На схеме показаны (рис. 1) разные формы глухих микроотверстий, получаемые после сверления. Процесс получения самого удобного для заполнения микроотверстия обычно бывает самым трудоемким и дорогим в массовом производстве сверлением лазером. Кроме того, наблюдаются характерные отклонения в армированном стеклом материале.

Форма «Конус» — самая предпочтительная форма глухих отверстий при меднении, но она используется достаточно редко, за исключением случаев, когда основой служит интерконнекторное устройство с однородным базовым материалом, и в этом случае к лазерному сверлению не предъявляются высокие требования.

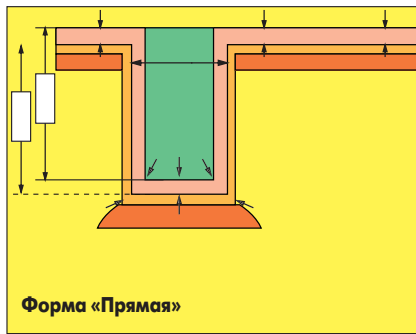
На рис. 2 показано типичное глухое отверстие с формой «Бочка», заполненное на вертикальном оборудовании. На срезе наблюдаются небольшие выступы медной фольги и стекловолокна.

Покрытие на плату наносилось при постоянном токе с применением нерастворимых анодов для обеспечения наилучшего распределения покрытия на поверхности. Плотность тока — 1,5 А/дм², а это означает, что для получения остаточного углубления меньше 10 мкм осаждение покрытия должно продолжаться примерно 90 минут.

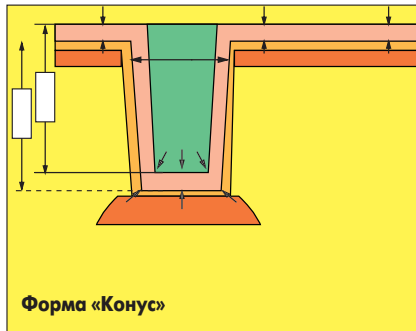
В настоящее время в производстве мобильных телефонов установлен стандарт проводников и рас-



Форма «Бочка»

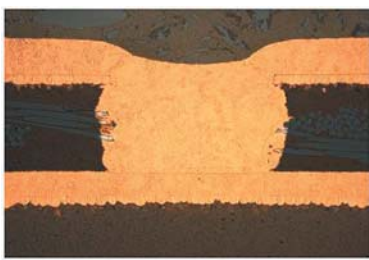


Форма «Прямая»



Форма «Конус»

Рис. 1. Схематические виды слепых микроотверстий после сверления



Верхний слой — медь, 30 мкм
Диаметр 110 мкм
Глубина 75 мкм

Рис. 2. Заполненное глухое микроотверстие. Производство на вертикальном оборудовании

стояния между ними — 75 мкм, но уже намечается стандарт 50 мкм. Осаждение покрытия на плату целиком, проиллюстрированное на рис. 2, ограничено возможностями получения тонких проводников из-за толщины слоя медного покрытия. Эту проблему можно решить применением тонкой медной фольги, но следует учитывать, что при толщине медной фольги в 5 мкм и использовании описанной технологии осаждения покрытия на плату предел толщины проводника и расстояния между проводниками будет примерно 75–80 мкм.

Во избежание этих ограничений надо подумать об осаждении меди на токопроводящий рисунок или применять комбинацию осаждения рисунка и покрытия платы целиком, но в таком случае явно возникнет проблема распределения медного рисунка на поверхности платы. Этот аспект особенно важен, когда речь идет о высоких частотах с определенным диапазоном полного сопротивления — осажденный медный рисунок не отвечает установленным требованиям к распределению покрытия, равно как и к производительности при высоких плотностях тока. Требования к заполнению глухих отверстий также представляют определенную проблему при осаждении меди на токопроводящий рисунок. На рис. 3 графически показано изменение остаточного углубления в зависимости от толщины медного покрытия.

Рис. 3 демонстрирует, как меняется углубление в относительно несложном глухом отверстии диаметром 80 мкм и глубиной 40 мкм при изменении толщины медного слоя. При толщине медного слоя 10 мкм углубление все еще 40 мкм, еще не произошло заполнения,

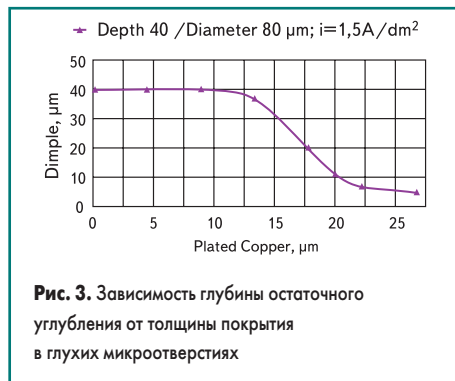


Рис. 3. Зависимость глубины остаточного углубления от толщины покрытия в глухих микроотверстиях

и углубление соответствует первоначальной глубине микроотверстия. После осаждения 20 мкм толщины покрытия углубление достигает примерно 10 мкм, что является минимальной возможной глубиной глухого отверстия, получаемого методом заполнения. При толщине покрытия от 15 мкм до 20 мкм углубление уменьшается с 30 мкм до 10 мкм. Это означает, что изменение толщины медного покрытия в 5 мкм меняет величину углубления на 20 мкм.

Таким образом, глухие микроотверстия должны быть заполнены с небольшим остаточным углублением, и медное покрытие при этом должно быть тонким и равномерно распределенным по всей поверхности платы. Все вместе эти факторы способны обеспечить получение разводки с возможным допуском проводников и расстояний между ними до 50 мкм.

Получение тонких проводников в InPulse 2

Система InPulse 2 благодаря применению сегментов нерастворимых анодов (рис. 4) обеспечивает хорошее распределение медного покрытия.

Производство плат с тонким слоем медной фольги толщиной даже до 1 мкм осуществля-

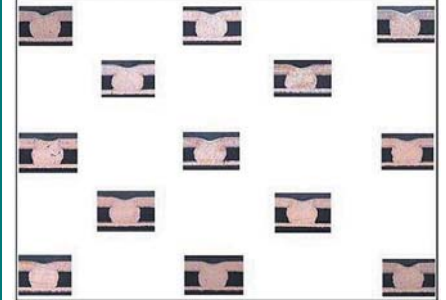


Блок нерастворимого анода, где видны четыре отдельно управляемых сегмента

Рис. 4. Блок сегментов нерастворимых анодов, обеспечивающий оптимальное распределение покрытия на поверхности

ется на специально предназначенном для этого оборудовании. Стандартные глухие микроотверстия могут заполняться, как показано на рис. 5.

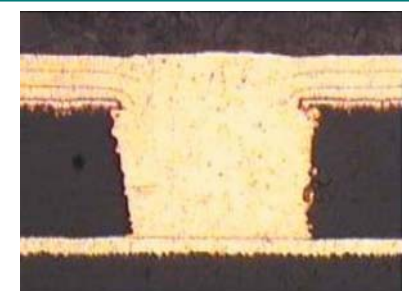
В стандартном процессе наполнения слепых микроотверстий применяются стандартные параметры импульсного электроосаждения, а результаты показаны на рис. 6.



Результаты микрошлифов заполненных глухих отверстий по всей поверхности платы

Рис. 5. Однородность глухих микроотверстий, заполняемых на стандартной плате

Качество заполнения в этом образце хорошее, в микрошлифе не видно углубления и результаты заполнения равномерны по всей панели, но такая толщина осажденного медного покрытия обычно наблюдается в вертикальном оборудовании, работающем на постоянном токе. Это не позволяет достичь значения 50 мкм для проводников и расстояния между ними. Однако, в отличие от вертикальных



Диаметр 110 мкм
Глубина 80 мкм
Толщина покрытия 27 мкм
Остаточное углубление 0 мкм

Рис. 6. Результаты заполнения глухих микроотверстий на горизонтальном оборудовании

систем, где продолжительность осаждения составляет 60–90 минут, более высокая плотность тока позволяет сократить продолжительность осаждения до 30–40 минут. Даже стандартное заполнение глухих микроотверстий на горизонтальном оборудовании протекает быстрее, чем на вертикальном.

Главным фактором, позволяющим получить тонкие проводники в InPulse 2, является применение модифицированных параметров импульсов [2]. Обычно применение высокой плотности тока обратной пульсации дает значительное сокращение времени осаждения покрытия для достижения нужного заполнения углубления. Неорганические параметры электролита меднения модифицируются с целью улучшения заполнения глухих отверстий, что означает поддержание более высокой концентрации меди относительно серной кислоты, а также органических добавок в нужных пределах. Применение процесса “Super Filling” позволяет уменьшить толщину меди на поверхности и в то же время выдержать углубление после заполнения в пределах меньше 10 мкм. На рис. 7 показан образец применения “Super Filling” с неидеальным глухим микроотверстием.

На рис. 7 показано отлично заполненное глухое отверстие с отчетливыми выступами стекловолкна, углубление — меньше 10 мкм.

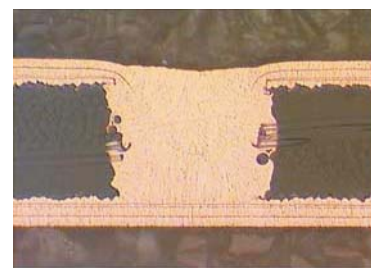
На рис. 8 показано заполненное слепое отверстие при толщине покрытия меньше 15 мкм. Допуская, что толщина медной фольги 5 мкм, а металлизация — 2–3 мкм, общая толщина меди, подлежащая травлению, равна 20–25 мкм, делаем вывод, что такой процесс может обеспечить получение тонких проводников.

Заключение

Горизонтальное оборудование осаждения покрытия с нерастворимыми анодами предоставляет возможность получения продуктов высокого качества и значительную экономию затрат. Исключение обслуживания анодов и равномерное распределение покрытия на всей поверхности являются главными факторами, обеспечивающими стабильность производства. Более высокие плотности тока можно особенно успешно применять для получения глухих микроотверстий, так как это дает значительную экономию времени при обработке как на стандартном вертикальном оборудовании, так и на оборудовании конвейерного типа.

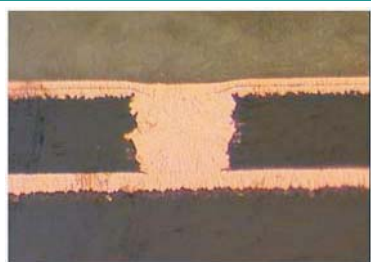
“Super Filling” представляет и много других возможностей в производстве глухих микроотверстий методом заполнения. Тонкий слой меди, осаждаемый на поверхности платы, позволяет получать тонкие проводники и соблюдать требуемый зазор между ними. Экономия средств благодаря сокращению количества осаждаемой меди очевидна — примерно \$1,5 на каждый квадратный метр платы в зависимости от рыночной цены меди. Отличное распределение покрытия гарантирует не только получение хорошего качества заполненных глухих отверстий, но и экономит паяльную маску, что показано на рис. 9.

Равномерное распределение медного покрытия на поверхности платы позволяет



Диаметр 130 мкм
Глубина 110 мкм
Толщина покрытия 20 мкм
Углубление < 10 мкм
Время осажд. покрытия 29 мин.

Рис. 7. «Суперзаполнение глухого микроотверстия» с выступами стекловолкна в материале FR4.



Диаметр 90 мкм
Глубина 65 мкм
Толщина покрытия 12 мкм
Углубление < 5 мкм
Время осажд. покрытия - 25 мин.

Рис. 8. «Суперзаполнение глухих микроотверстий» при минимальной толщине покрытия поверхности.

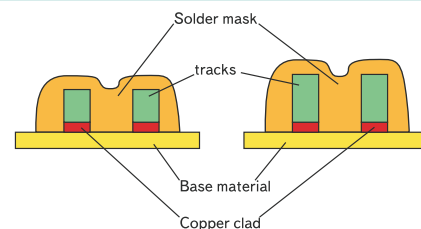


Рис. 9. Экономия паяльной маски при меньшей толщине медного покрытия

уменьшить потребление паяльной маски, производить меньше корректировок и меньше работы оператору. Определенную экономию затрат дает и уменьшение толщины слоя меди, подлежащего травлению, благодаря которому упрощается и обработка сточных вод.

Процесс “Super Filling” уже нашел широкое применение в производстве мобильных телефонов, особенно новейших моделей.

Литература

1. Kenny S., Reents B. Production processes in horizontal and vertical technology for blind microvia filling. EIPC 2004 Proceedings of the European PCB Convention.
2. Chao B., Chien S., Reents B. Horizontal plating process for blind microvia and through hole filling. TPCA 2006 Proceedings of the TPCA Forum.