

МЕХАНИЧЕСКОЕ СВЕРЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Кью Джянгу (Qu Jianguo),
Фу Лианю (Fu Lianyu)
и Джин Жефенг (Jin Zhefeng)
www.circuitree.com

Механическое сверление как метод формирования отверстий все еще доминирует в производстве ПП.

Известно, что мировая индустрия ПП испытывает подъем. По данным консалтинговой фирмы Prismark, средний ежегодный рост мирового выпуска ПП с 2006 по 2010 год составит около 6%. Наибольшие темпы развития наблюдаются в Китае, где рост ПП составляет 14%.

Механическое сверление ПП с использованием микроверл является основным технологическим процессом в производстве ПП. В соответствии с быстрым развитием индустрии ПП в 2005 году ею было использовано порядка 680 млн. микроверл, а в 2006 году их число достигло 760 млн. С большой определенностью можно предсказать, что в 2007 году потребность в микроверлах возрастет еще больше. В Китае выпуск микроверл возрастет с 30 млн. шт. в 2005 году до 40 млн. в 2007.

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОСВЕРЛ

Чтобы адаптироваться к быстрому развитию ПП, необходим высокоэффективный метод проектирования сверл. Метод проектирования, основанный на сочетании теоретического анализа, числового моделирования и экспериментальной проверки, представляет собой путь повышения эффективности проектирования и гарантирует качество работы. В этом методе используется трехмерное моделирование формы сверла. Для оптимизации параметров сверла применяется анализ конечных элементов. При экспериментальной проверке рекомендуются параметры надежности. На основе результатов эксперимента может быть проверена и оптимизирована начальная конструкция.

В последние годы в производстве карбида вольфрама – исходного материала микроверл – имели место большие достижения. В принципе этот материал должен иметь высокие

параметры по размеру зерна, прочности, твердости, износостойкости, стойкости на излом, теплопроводности, противохимической эрозии и механообработке. Важным свойством карбида вольфрама является размер зерна. В 1999 году компания Sandvik представила новый карбид вольфрама с размером зерна 0,2 мкм, который позволяет изготавливать микроверла диаметром 0,1 мм. Сегодня многие производители материалов могут поставлять мелкозернистый карбид вольфрама с прочностью на изгиб свыше 4000 МПа, который содействует прогрессу в изготовлении микроверл.

Материал сверла имеет большое значение особенно для сверл ультрамалых диаметров (менее 0,1 мм). Поскольку важную роль в будущем производстве ПП играют сверла ультрамалых диаметров, ожидается дальнейшее совершенствование карбида вольфрама с зернистостью нанометрового масштаба. Установлено, что средняя долговечность ультрамалых сверл возросла почти в два раза со времени использования новых материалов.

Для повышения производительности работы сверл используется покрытие. Такие методы покрытия, как осаждение из газовой фазы, применяются для получения ультратвердой композиции. В качестве материалов покрытия в основном могут применяться карбиды, нитриды, карбонитриды, оксиды, бориды, силициды, алмаз и композиционные материалы. В соответствии с химической связью эти материалы покрытия можно классифицировать по типам металлической, ковалентной и ионной связи. Так, карбид и нитрид титана принадлежат к материалам металлического типа связи с высокой точкой плавления, низкой хрупкостью и высокой прочностью пограничного соединения. Al_2O_3 и алмаз относятся к материалам ковалентного типа связи с высокой твердостью и низким теп-

ловым расширением. Материалы покрытия ионного типа связи обладают высокой химической стабильностью, хрупкостью и высоким температурным коэффициентом расширения. Сегодня технология покрытия имеет успехи только в отношении сверл большого диаметра, для достижения их в микросверлах предстоит пройти еще долгий путь. Однако технология покрытия имеет большой потенциал и в производстве микросверл и должна рассматриваться производителями микросверл.

В целях снижения стоимости микросверла производятся со стальным хвостовиком. Средняя цена микросверл в последние 10 лет сильно снизилась, несмотря на радикальный рост цены карбида вольфрама на мировом рынке. Производители микросверл постоянно ищут новые решения. В настоящее время существует два метода соединения стержня из нержавеющей стали и стержня из карбида вольфрама, а именно: пайка твердым припоем (рис. 1а) и вставка (рис. 1б). Суммарные параметры первой конструкции выше, чем у второй, однако для второй конструкции требуется меньше карбида вольфрама, и, следовательно, стоимость ее изготовления ниже.

ПРИМЕРЫ НОВЫХ МИКРОСВЕРЛ

При введении бессвинцовой технологии температура стеклования ПП в основном повысилась. В некоторых случаях для повышения теплостойкости и размерной стабильности ПП в них добавляются наполнители (такие как SiO_2 , Al_2O_3 и $\text{Al}(\text{OH})_3$). Механическая обработка таких ПП становится затруднительной особенно потому, что износ сверла значительнее, чем при сверлении обычных ПП.

Для сверления ПП с высокой температурой стеклования подходит сверло с малыми винтовым и передним углами. При этом предотвращается излишний износ сверла и обеспечивается прочность режущей кромки. Между прочим, для лучшего устранения стружки нужно оптимизировать форму канавки (рис. 2).

Сейчас, как известно, сильно возросла потребность в гибких ПП из-за популярности мобильных телефонов и других портативных электронных устройств. На гибких ПП достигнута высокая плотность монтажа компонентов. Материал основания гибких ПП, такой как полиимид, имеет хорошие высоко-

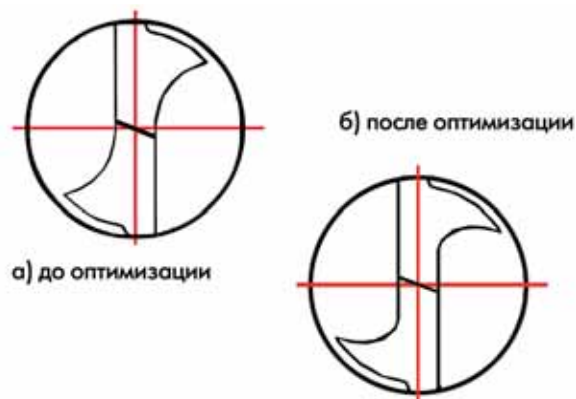


Рис. 2 Форма канавки: а) до оптимизации; б) после оптимизации

температурные параметры и низкое тепловое расширение. Однако полиимид обладает высокой вязкостью, которая затрудняет удаление стружек при сверлении. В результате перенос генерируемого при сверлении тепла также затруднен. Как и при сверлении жестких ПП, у гибких ПП часто возникают такие проблемы, как засорение стружками, загрязнение, неровности и т. п., которые предотвращаются адекватной конструкцией сверла. Было продемонстрировано, что конструкция стандартного сверла с большими винтовым и передним углами, большим отношением канавка/спинка и малой толщиной стержня подходит для сверления гибких ПП (рис. 3).



Рис. 1 Две конструкции сверл со стальным хвостовиком

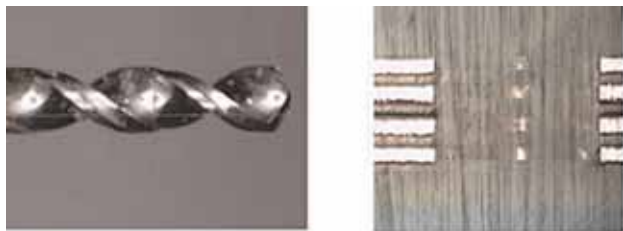


Рис.3 Пример сверла для гибких ПП (а) и результатов их сверления (б)

Достоин внимания в развитии микросверл производство сверл с ультрамалым диаметром. Благодаря прогрессу в печатных платах высокой плотности соединений и подложках ИС диаметры отверстий ПП становятся все меньше. Можно ожидать, что в ближайшем будущем механическое сверление ультрамалых отверстий будет применяться в массовом производстве благодаря совершенствованию материалов сверл, технологических процессов и сверлильных станков с ЧПУ. Для сверления ультрамалых отверстий в основном используются ЧПУ сверлильные станки с высокой скоростью шпинделей (300 или 350 тыс. об./мин) и микросверла с диаметром 2 мм. Необходимо исследовать механизмы сверления на такой высокой скорости шпинделя, чтобы оптимизировать конструкцию и шпинделя, и микросверла. Сегодня механическим сверлением можно достичь высокого качества отверстий диаметром 0,05 мм. Несколько производителей, включая Union Tool, Jinzhou и Kemmer, разработали сверла ультрамалых диаметров – 0,02 мм (рис.4).



Рис.4 Сверло диаметром 0,02 мм

ВЫБОР МЕХАНИЧЕСКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Для того чтобы доминировать в сверлении ПП, механический метод должен совершенствоваться в отношении ультрамалых и глухих отверстий для повышения эффективности и снижения стоимости. При сопоставлении лазерного и механического сверления в первом следует отметить высокую эффективность и способность сверления глухих отверстий. Потребность в лазерных методах также возросла в последние годы благодаря возможности быстро обрабатывать ПП высокой плотности соединений и подложек ИС. Из двух обычно используемых лазерных методов сверления лазеры на CO₂ используются для сверления микроотверстий относительно большого диаметра (например, больше 0,075 мм), а УФ-лазеры – для микроотверстий относительно малого диаметра (например, менее 0,075 мм). Оба эти типа лазерного сверления в основном используются для получения переходных микроотверстий, в то время как для массового создания сквозных отверстий они еще не подходят.

В сравнении с лазерными методами механическое сверление пока наиболее популярный метод для сверления сквозных отверстий. Оно широко используется в индустрии ПП. Статистические данные показывают, что в 2004, 2005 и 2006 годах в мире было продано соответственно 3000, 2800 и 3600 сверлильных станков для ПП. В 2007 году этот показатель возрастет на 17% и составит 4200 станков. Между прочим, успешно разрабатываются станки высокой скорости шпинделя с усовершенствованной конструкцией Z-системы, что означает возможность сверления отверстий ультрамалых диаметров механическим способом. Многие изготовители ИС в Японии применяют механическое сверление сквозных отверстий диаметром 0,025 мм. Они считают, что это экономичнее, особенно, когда подложка содержит стекловолокна. Однако механическое сверление – все еще не подходящий кандидат для глухих отверстий из-за трудностей управления глубиной сверления и сверления глухих отверстий малых диаметров.

В общем, лазерное и механическое сверления не заменяют друг друга, а дополняют.

21 марта 2007 года под руководством Первого вице-премьера Сергея Иванова и министра образования и науки РФ А. А. Фурсенко прошло заседание на предприятии ЗАО "Светлана-Оптоэлектроника", производящем электротехнические изделия, а также полупроводниковые материалы для них. Помимо проведения выездного заседания на территории единственного в России производственного объединения, осуществляющего полный цикл создания полупроводников, Сергей Иванов и другие участники мероприятия встретились с руководителями этого производства.



Генеральный директор компании Г. В. Иткинсон провел гостей по одному из производственных цехов, где осуществляется автоматизированная сборка полупроводниковых источников света. С. Б. Иванов ознакомился с образцами изделий предприятия, обратив особое внимание на энергосберегающие светильники СЛК 2-400, предназначенные для освещения мест общего пользования жилых домов.

Вице-премьер отметил качество работы и качество выпускаемой продукции на технологической линии поверхностного монтажа, состоящей из оборудования SIEMENS, Rehm, EKRA, ASYS. Одним из важнейших новых направлений развития электроники военного назначения, по словам Иванова, является разработка и производство полупроводниковых сверхвысокочастотных электронных компонентов и материалов. Эти материалы являются, в частности, основой антенных решеток для зенитно-ракетных систем и перспективных комплексов фронтовой авиации.