

# Разварка золотым шариком и клиновая ультразвуковая микросварка: сравнение

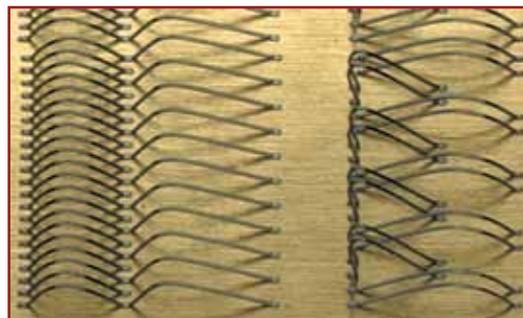
**В статье рассматриваются нюансы методов ультразвуковой разварки проволочных соединений типа «клин-клин» и «шарик-клин».**

**Евгений Свиридов**

svirid@euointech.ru

В течение многих лет ультразвуковая разварка проволочных перемычек является самым надежным и широко распространенным методом в монтажном процессе производства микроэлектроники. Регулярно у инженеров возникает вопрос, под какие приложения следует использовать сварку типа «клин-клин», а под какие — «шарик-клин»? Этот вопрос прорабатывается каждым технологом, потому что электрические характеристики изделия напрямую зависят от метода разварки проволочного соединения. Тем не менее бывают случаи, когда определенные изделия имеют некоторые физические ограничения, такие как температурный диапазон (низкая температура или отсутствие выделения тепла), использование алюминиевой проволоки вместо золотой, либо ленты вместо проволоки или слишком мелкие контактные площадки и/или расстояние между ними (рис. 1).

Как правило, соединение типа «шарик-клин» предусмотрено при термокомпрессионной и термозвуковой микросварке выводов. Термокомпрессионная разварка подразумевает большое усилие прижима и нагрев проволоки примерно от +150 °С (для наиболее распространенных задач), чтобы создать интерметаллическую связь. Термозвуковая разварка предполагает добавление ультразвуковой энергии к процессу термокомпрессии. С применением обоих методов «золотой шарик» (рис. 2) формируется с помощью искры от электрического разрядника, расположенного под сварочным инструментом (капилляром), непосредственно перед моментом разварки. Этот шарик деформируется под воздействием прижима и ультразвука в момент, когда капилляр касается поверхности контактной площадки.



**Рис. 1.** Внешний вид проволочных перемычек

Таким образом происходит диффузия, что в итоге создает интерметаллическую связь.

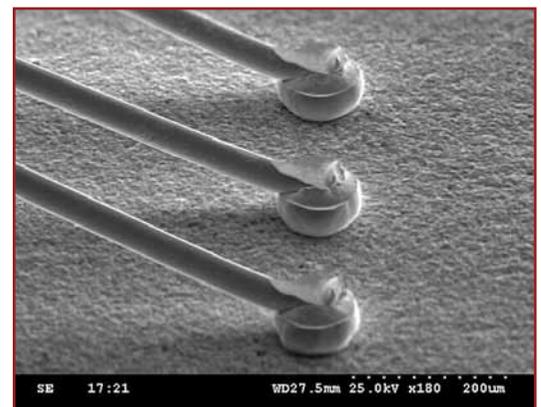
При разварке золотым шариком обеспечивается большая скорость (около 5–12 перемычек/с). Материалы проволоки, используемые для данного приложения, включают золото, палладий с покрытием и медь. Типовые приложения для этого процесса содержат BGA-, QFP-, SOP-, MCM-гибриды и установку «бампов» на пластину. Зачастую методом «шарик-клин» разваривают тонкую проволоку, толщиной до 40 мкм или тоньше.

Идеальным решением для разварки методом «шарик-клин» является полностью автоматическая установка 8000i производства компании Palomar Technologies (США) (рис. 3).

Данное оборудование отличается своей «скорострельностью» (0,125 с/перемычка, 0,077 с/бамп), высочайшей точностью позиционирования ( $\pm 2,5$  мкм,  $3\sigma$ ) и достаточно обширной рабочей областью (300×150 мм), что позволяет разваривать большое количество микросхем за один раз и предоставляет возможность разварки в крупных приборах.

Также одно из главных преимуществ установки — уникальная запатентованная система опускания инструмента, позволяющая достигать при разварке глубины до 10 мм.

Помимо стандартной задачи по разварке перемычек, установка также выполняет стежковую сварку, разварку бампов заданной высоты, установку «за-



**Рис. 2.** Внешний вид сварного соединения «шарик»



Рис. 3. Автоматическая установка Palomar 8000i



Рис. 6. Автоматическая установка Palomar 9000

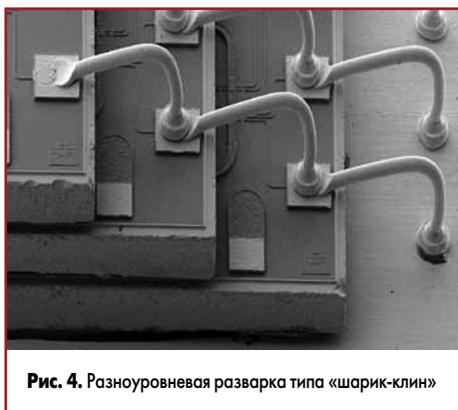


Рис. 4. Разноуровневая разварка типа «шарик-клин»

щитных» бампов и создание так называемого стека бампов (рис. 4).

Оборудование просто программируется, имеет встроенную систему автоматического

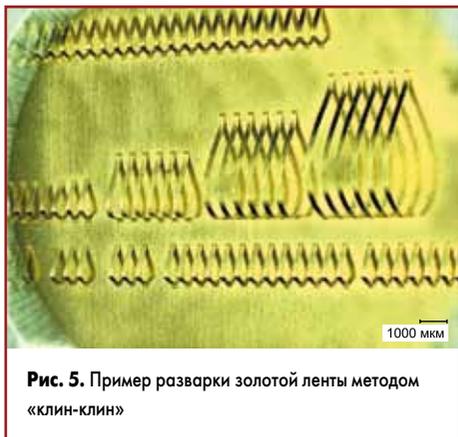


Рис. 5. Пример разварки золотой ленты методом «клин-клин»

оптического распознавания и позиционирования, производит контроль всех параметров сварки в режиме реального времени.

Кроме того, установка осуществляет автоматическую загрузку/разгрузку изделий, что дает дополнительный прирост в производительности.

Palomar Model 8000i широко используются при изготовлении гибридных микросборок; больших комплексных сборок; кристаллов, смонтированных на плате; многокристалльных схем; многосвязных схем; мелкогабаритных устройств; светодиодных сборок и т. д.

Далее рассмотрим технологию клиновой микросварки: в процессе разварки «клин-клин» применяется ультразвуковая энергия и усилие прижима для реализации контакта проволоки с контактной площадкой. Когда используется золотая проволока при разварке «клин-клин», требуется нагрев до +150 °С, причем сварное соединение внешне немного напоминает соединение «шарик» (рис. 5). Эту технологию также называют термозвуковой микросваркой. Для клиновой микросварки преимущественным считается низкотемпературный процесс или процесс, проходящий при температуре окружающей среды, где используется алюминиевая проволока. В момент сварки происходит деформация проволоки посредством «пятки» рабочего инструмента (клина), под которую заправлена проволока. В зависимости от применяемого типа инструмента форма и вид сварного соединения могут различаться (к примеру, «клин» с поперечной канавкой на «пятке»). В отличие от метода «шарик-клин» в процессе

«клин-клин» не формируется шарик на конце рабочего инструмента.

Отсутствие шарика в процессе сварки позволяет выполнять разварку на более мелких контактных площадках шириной до 40 мкм или менее. Обычно здесь предпочтительна алюминиевая проволока, реже — золотая. К типовым задачам, требующим разварки типа «клин-клин», можно отнести высоко-мощные устройства, ВЧ/СВЧ-микросборки, оптоэлектронные микросборки, BGA-, QFP-, SOP-, MCM-гибриды и чувствительные к высокой температуре задачи.

В данном случае идеальным решением является автомат клиновой микросварки 9000 от компании Palomar Technologies (США) (рис. 6). Установка имеет большую рабочую область, возможность разварки не только проволокой диаметром от 17,5 до 75 мкм, но и лентой диаметром от 12,7×50,8 до 25,4×254 мкм. Установка разваривает как золотой, так и алюминиевой проволокой. Оборудование выдает отличную повторяемость: 1 мкм, 3σ. Универсальности данной установке добавляет возможность моторизованной подачи проволоки под углами 45°/60° и 90°. Скорость разварки на оборудовании достигает 7 переключений/с. Palomar 9000 воплощает в себе все современные достижения в технологии микросварки.

Оба метода разварки — «шарик-клин» и «клин-клин» — имеют свои преимущества и недостатки. Надеемся, что данная статья поможет специалистам сделать правильный выбор в пользу подходящего метода сварки.