

## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОВОЛОЧНОГО МОНТАЖА ДЛЯ СБОРКИ МНОГОКРИСТАЛЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

<sup>1</sup>ПЕТУХОВ И.Б., <sup>2</sup>ЛАНИН В.Л., <sup>1</sup>ШКОЛЫК С.Б., <sup>1</sup>ЛАВРИНОВИЧ А.А., <sup>1</sup>ДРАГИЛЕВ Л.Г.

<sup>1</sup>ОАО «Планар-СО», г. Минск, Беларусь, E-mail: petuchov@kbtcm.by

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,

г. Минск, Беларусь, E-mail: vlanin@bsuir.by

Новым подходом в повышении плотности упаковки современных микроселектронных приборов является монтаж нескольких кристаллов на объединительную подложку на основе керамики или кремниевой пластины с последующей установкой данной подложки в необходимый корпус (рис.1). Помимо активных элементов на подложке возможен монтаж элементов поверхностного монтажа, а также 2-х или 3-х кристалльных 3D-конструкций, потенциальные преимущества которых заключаются в уменьшении размеров, сокращении длины межсоединений за счет замены длинных горизонтальных связей на короткие вертикальные. Объединение этих компонентов в одном корпусе существенно снижает массогабаритные характеристики изделия и его стоимость. Однако наличие большого числа проволочных перемычек на различных уровнях усложняет монтаж и не способствует повышению надежности изделия.

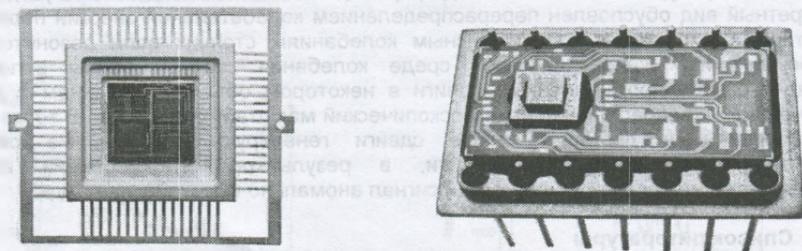


Рисунок 1 – Сборка многокристалльных модулей на объединительных подложках

Технологическая операция монтажа проволочных межсоединений между активными и пассивными компонентами на подложке и внешними выводами корпуса изделия определяется несколькими основными факторами, а именно:

- материалом токопроводящих покрытий и контактных площадок керамической или кремниевой подложки;
- размерами контактных площадок активных структур, расстоянием между ними и разновысотностью их уровней по отношению к объединительной подложке;
- максимальной длиной проволочных межсоединений;
- возможным ограничением по нагреву изделия, в основном из-за паяных элементов поверхностного монтажа.

В настоящее время до 95% изготавливаемых микросхем в мире используют золотую проволоку для обеспечения надежных межсоединений между кристаллом и выводной рамкой методом термозвуковой сварки «шарик-клин». Стабильность диаметра и симметрия образуемых соединений шариком встык на контактных площадках кристаллов определяется наличием встроенной системы контроля в устройстве формирования шарика на основе электроискрового метода оплавления проволоки, микропроцессорным управлением ультразвукового генератора и стабильностью параметров ультразвукового преобразователя. Разброс диаметров исходных шариков  $\pm 2,5$  мкм (до сварки) с учетом погрешности позиционирования сварочной головки  $\pm 3$  мкм на контактных площадках  $50 \times 50$  мкм может привести к выходу сварного соединения за пределы контактной площадки и повреждению топологии кристалла. Необходимо учитывать, что разброс по деформации соединений

шариком встык на кристалле сильно зависит от выбора геометрии рабочего торца капилляра, поэтому необходимо правильно выбирать капилляр с учетом паспортных отклонений размеров рабочего торца.

Несмотря на преимущества метода термозвуковой сварки золотой проволоки, существенным ограничением его использования во многих случаях является необходимость использования нагрева зоны присоединения до 200–240 °С. Сборка многокристалльных модулей с элементами поверхностного монтажа, смонтированными на припойную пасту, будет ограничивать зону нагрева по крайней мере до температуры плавления припойной пасты (180–200 °С). Применение новых ультразвуковых (УЗ) систем повышенной частоты в диапазоне 100–140 кГц позволяет снизить температуру зоны присоединения до 140–180 °С [1].

Альтернативным решением термозвуковой сварки является УЗ сварка алюминиевой проволоки методом «клин–клин», не требующая использования нагрева рабочей зоны. Дополнительные преимущества данного метода заключаются в относительно более простом формировании достаточно длинных межсоединений (до 6–8 мм). Однако, при формировании проволочной перемычки при большой разнице высотности первой и второй точек сварки в соединениях возможны микротрещины в месте перехода соединения – проволока, что при эксплуатации может привести к отказу соединения. Поэтому при сборке многокристалльных модулей возможна последовательная комбинация применения термозвуковой и УЗ микросварки.

Учитывая требования современного производства электронных изделий в ОАО «Планар–СО» разработано новое поколение автоматических установок микросварки ЭМ–4450 и ЭМ–4020ПМ для сборки многокристалльных модулей. Установка ЭМ–4450 (рис. 2) использует термозвуковую сварку методом «шарик–клин» с точностью позиционирования координатной системы  $X, Y, Z \pm 3$  мкм. В установке применен оригинальный привод производства ОАО «Планар–СО» на основе катушек в магнитном поле с оптическими линейками обратной связи контроля перемещения. Для решения задач присоединения сверхтонкой золотой проволоки диаметром 17,5–20,0 мкм и снижения температуры нагрева зоны присоединения, разработана новая УЗ система с частотой резонанса 110 кГц.

Установка ЭМ–4020ПМ (рис. 3) предназначена для УЗ присоединения проволочных выводов из алюминия диаметром от 20 мкм до 75 мкм методом «клин–клин». Для решения задачи формирования качественных микросварных соединений установки содержат следующие механизмы и системы [2]:

1. Прецизионный механизм дозированной бездефектной подачи проволоки с использованием стандартных 2–х дюймовых катушек с проволокой фирм SPM (Малайзия) и HERAEUS (Германия).

2. Прецизионные привода по Z и X,Y координатам с дискретностью 1 мкм и быстродействующим датчиком касания рабочего инструмента с местом сварки, обеспечивающего минимальную деформацию проводника до начала сварки.

3. Сварочные головки с возможностью программирования усилия сварки и обеспечивающие минимальное усилие при касании на сварную точку 5–10 г.

4. УЗ генератор с автоматической настройкой в диапазоне частот 60–120 кГц и выходной мощностью 4 Вт с дискретностью установки 0,001 Вт. Для снижения температуры сварки до 140–180 °С разработан модельный ряд УЗ преобразователей с повышенной частотой резонанса в диапазоне 95–110 кГц и низким импедансом (10–25 Ом) на частоте резонанса.

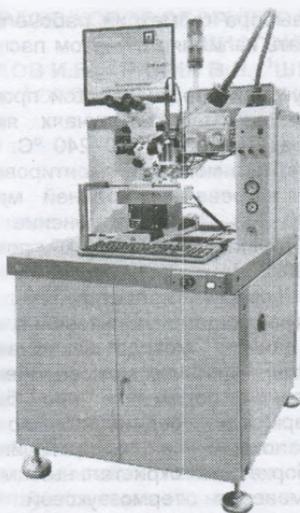


Рисунок 2 – Установка термозвуковой сварки ЭМ-4450

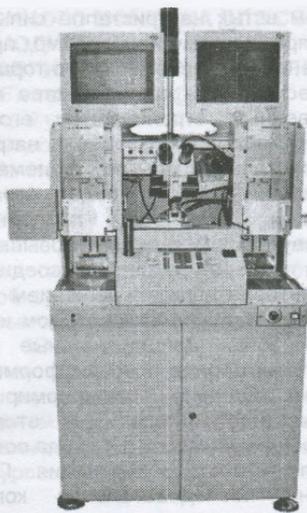


Рисунок 3 – Установка ультразвуковой сварки ЭМ-4020ПМ

Все сварочные параметры программируются через дисплей и сохраняются в памяти установки. Каждая точка сварки стежка и форма петли может быть индивидуально запрограммирована и сохранена в памяти установки. Управление УЗГ может осуществляться по каналу RS-232 или по 8-битному параллельному порту. Широкий диапазон рабочих частот позволяет использовать УЗГ для модернизации эксплуатируемых установок с УЗ системой 60 кГц.

Разработанные установки термозвуковой сварки ЭМ-4450 методом «шарик-клин» и ЭМ-4020ПМ методом «клин-клин» по техническим характеристикам не уступают лучшим мировым образцам, позволяют удовлетворить потребности производителей электронной техники и решить проблемы импортозамещения в области сборочного оборудования для микроэлектроники.

#### **Список литературы:**

1. Ramsey T., Alfaro C. High-Frequency Enhancement for Ambient Temperature Ball bonding // *Semiconductor International*. – 1997. – № 8. – С. 93–96.
2. Новое поколение установок ультразвуковой микросварки / Г. Ковальчук [и др.] // *Технологии в электронной промышленности*. – 2011. – № 8. – С. 36–40.