

КОНТРОЛЬ МИКРОСВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОВОЛОЧНОГО МОНТАЖА В ТЕХНОЛОГИИ «КРИСТАЛЛ НА ПЛАТЕ»

Владимир Ланин vlanin@bsuir.by
Игорь Петухов petuchov@kbtcm.by

Рассмотрены проблемы проволочного монтажа в технологии «кристалл на плате» методом ультразвуковой микросварки алюминиевой проволоки и контроль проволочных межсоединений между токопроводящей дорожкой на плате и контактной площадкой кристалла.

В настоящее время широко развивается технология сборки различных носителей информации и электронных устройств (флэш-карты, бесконтактные карты, сенсоры диагностики, драйверы LCD дисплеев и др.) с применением монтажа кристаллов на плату-носитель с токопроводящей топологией внутренних и внешних межсоединений (Chip on Board—COB). В этой технологии кристаллы интегральных микросхем монтируются на поверхность платы с использованием адгезива, а проволочные выводы присоединяются к контактным площадкам кристалла и подложки с применением ультразвуковой микросварки (рис. 1). Также возможно использование технологии Flip-Chip, однако для этого требуются кристаллы с предварительно установленными объемными выводами («бампами») и применение дорогостоящего оборудования монтажа с использованием анизотропного проводящего клея. Вследствие того, что на подложку монтируются не корпусированные кристаллы, это позволяет не только повысить коэффициент интеграции изделия и минимизировать его размеры, но и получить значительную экономию за счет исключения операции корпусирования активных элементов.

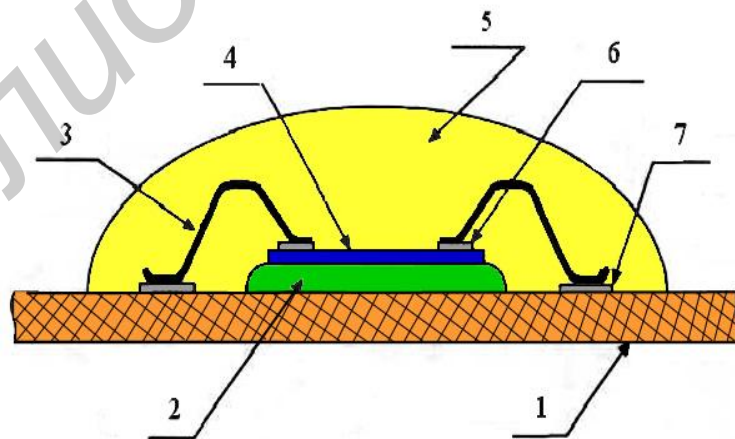


Рис. 1. Схема монтажа COB: 1—плата, 2—адгезив, 3—проволока(Al, Au), 4—кристалл, 5—заливочный компаунд, 6—контактная площадка на кристалле, 7—контактная площадка на плате

Бюджетным и достаточно гибким вариантом создания межсоединений в технологии COB является ультразвуковая микросварка проволочных соединений с использованием полуавтоматического и автоматического оборудования. В качестве подложек могут применяться печатные платы, изготовленные из стеклотекстолита различных марок (FR4, FR5), гибкие платы (полиимид) и т.д. Технологии изготовления подложек на сегодняшний день достигли такого уровня, что в отдельных случаях их используют в качестве объединительных микроплат при сборке 2,5D многокристальных модулей. Технологическая операция монтажа проволочных межсоединений на стеклотекстолитовой подложке определяется несколькими основными факторами, а именно:

- материалом токопроводящих покрытий;
- размерами контактных площадок активных структур,
- расстоянием между ними и разновысотностью их уровней по отношению к подложке;
- максимальной длиной проволочных межсоединений.

Топология для COB технологии не отличается от традиционной, однако контактные площадки подложки, предназначенные для микросварки, требуют специальной подготовки. На медную металлизацию осаждается слой химического никеля толщиной 2–4 мкм, а на него слой иммерсионного золота толщиной 0,2–0,2 мкм для защиты от загрязнения и окисления. Размеры контактных площадок могут быть шириной 150 мкм, с шагом между ними менее 100 мкм. Контактные площадки не должны иметь царапин, сколов, перепадов высоты, шероховатость поверхности должна быть в пределах 1–2 мкм [1]. При металлизации никелем контактных площадок токопроводящих дорожек хорошие результаты при ультразвуковой сварке получены при добавке определенной концентрации бора и фосфора в никель [2,3].

При сборке изделий по технологии COB используется в основном ультразвуковая микросварка алюминиевой проволоки методом «клин-клин» (рис. 2) для исключения использования подогрева рабочей зоны, что необходимо для присоединения золотой проволоки [4].

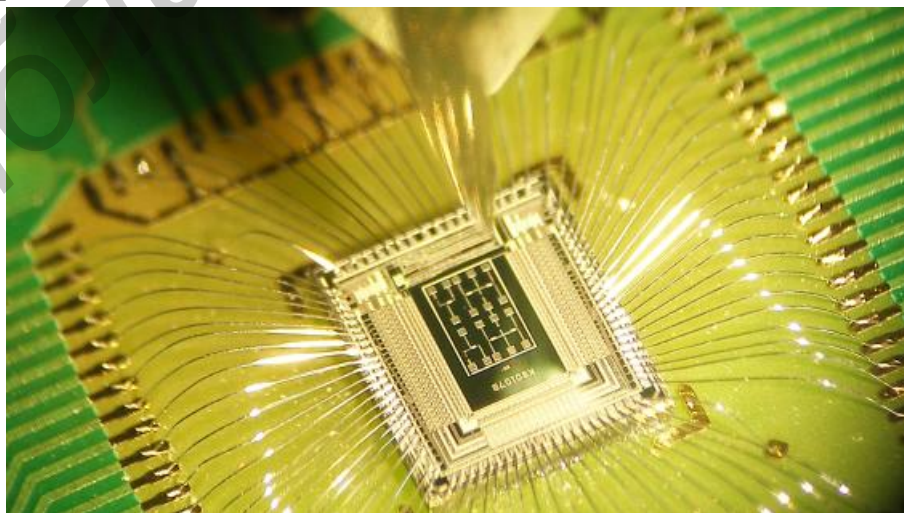


Рис. 2. Проволочный монтаж в технологии COB

Автоматизация присоединения проволоки к контактными площадкам требует наличия контроля проводимой операции, в частности, контроля отсутствия обрыва проводника при полном цикле монтажа проволочного соединения. В автоматических установках проволочного монтажа при наличии гальванического контакта выводной рамки (корпуса прибора) обычно используется для этих целей подача на выводную рамку или на катушку с проволокой небольшого потенциала положительной либо отрицательной полярности порядка 0,5–0,7 В через резистивный делитель от двуполярного источника питания 5 В. Алгоритм контроля в этом случае следующий.

При сварке проволоки к первой точке на выводе прибора (на который поступает потенциал с резистивного делителя), потенциал падает до нуля, при условии заземленной проволоки. Если в процессе формирования проволочного соединения при движении сварочного микроинструмента происходит обрыв, то на выходе резистивного делителя восстанавливается заданный потенциал, который может быть обработан пороговым устройством, например компаратором, а его сигнал соответственно обработан управляющей системой для временной остановки работы установки для устранения неполадки. Подобный алгоритм можно использовать и при термозвуковой сварке золотой проволоки, при этом потенциал с делителя можно подавать на изолированную от корпуса установки катушку с проволокой. Используемый микроинструмент при термозвуковой сварке золотой проволоки, как известно, керамический и не оказывает влияния на контроль. При ультразвуковой сварке используются микроинструменты из проводящих металлических композиций типа карбид вольфрама или карбид титана, что значительно усложняет изоляцию проволоки от корпуса установки.

При сборке приборов по схеме «кристалл - внешний вывод», используется в основном тот же метод «прозвонки», но только небольшой потенциал (отрицательный или положительный) подается на кристалл после образования первого вывода с контактной площадки кристалла, чаще цепи питания. Выбор полярности зависит от структуры самого кристалла и определяется по большому перепаду напряжения с резистивного делителя.

При сборке электронных модулей на стеклотекстолитовых носителях чаще всего токопроводящие дорожки гальванически не связаны между собой, таким образом, создать единую гальваническую связь выходных контактов прибора с выходом резистивного делителя не представляется возможным. Для решения задачи контроля сборки электронных модулей на стеклотекстолитовом носителе (рис. 3) на установке ЭМ-4371 производства ОАО «Планар-СО» предложен емкостной метод. Стеклотекстолитовые носители по две полоски располагаются на вакуумном столике, изолированным от корпуса установки, с общим числом собираемых модулей 48 штук. Подводимый вакуум через клапан, управляемый системой управления установки производит надежную фиксацию модулей в процессе проволочного монтажа.



Рис. 3. Проволочный монтаж модулей на стеклотекстолитовом носителе на установке ЭМ-4371

Инструментом 1 образуется соединение проволоки 2 с токопроводящей дорожкой стеклотекстолитовой подложки. На вакуумный столик 3, изолированный от корпуса 5 прокладкой 4, подается переменное напряжение амплитудой 1 В и частотой 80 кГц с частото задающей цепи генератора 6 (рис. 4). При образовании соединения изменяется емкость частото задающей цепи генератора из-за вносимой емкости “дорожка металлизации стеклотекстолитовой подложки – столик”, что приводит к изменению частоты генератора. Изменение частоты преобразуется в изменение напряжения преобразователем частота - напряжение 7, выходной сигнал которого поступает на аналогово-цифровой преобразователь 8, данные которого обрабатывает микроконтроллер 9.

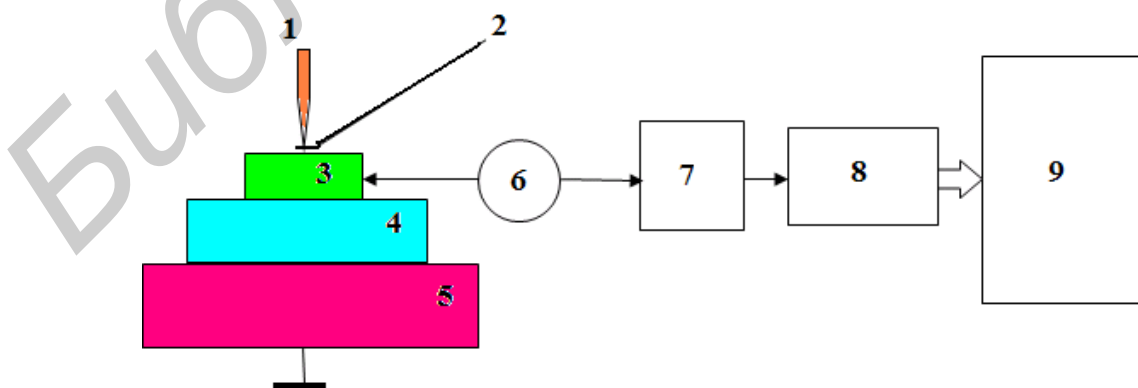


Рис. 4. Устройство контроля обрыва перемычки установки ЭМ-4371

Промышленная апробация устройства показала работоспособность предложенного технического решения. Особенностью сборки данных модулей является использование ультразвуковой системы с частотой резонанса 100 ± 2 кГц для микросварки алюминиевой проволоки. Как известно, ультразвуковые системы повышенной частоты используются в основном в установках термозвуковой микросварки золотой проволоки с целью снижения температуры нагрева рабочей зоны и сокращения времени микросварки [4].

Проведены исследования, которые показали возможность получения надежных сварных соединений при клиновой сварке алюминия при меньшей деформации при использовании ультразвуковой энергии повышенной частоты [5]. Установка клиновой микросварки ЭМ-4371 предназначена для ультразвуковой и термозвуковой микросварки многокристалльных модулей и микросборок с погрешностью позиционирования ± 7 мкм. Внешний вид типовых проволочных соединений процесса сборки модулей на стеклотекстолитовых носителях на установке ЭМ-4371 показан на рис. 5. Существенную роль на воспроизводимую деформацию играет роль точность определения момента контактирования инструмента с точкой сварки. В установке реализован датчик касания на основе изменения импеданса ультразвукового преобразователя и контактного датчика для обеспечения широкого диапазона используемых диаметров проводников (от 20 до 80 мкм).

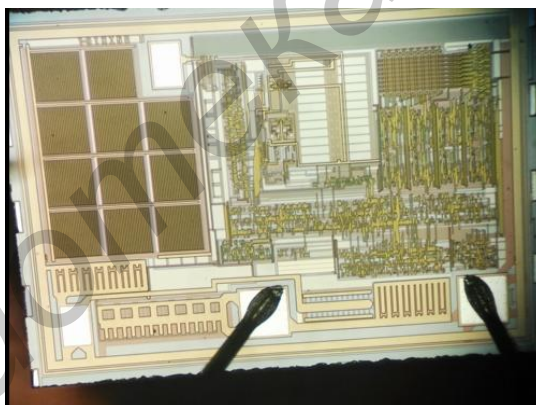


Рис. 5. Внешний вид сварных соединений модулей на установке ЭМ-4371

После контроля обрыва перемычек проведен разрушающий тест контроля прочности соединений тянущим усилием с зацеплением перемычки крючком на установке DAGE 4000 (рис. 6). Использование данной ультразвуковой системы повышенной частоты позволило достичь высокой прочности (для алюминиевой проволоки диаметром 35 мкм прочность соединений составила 12–14 г при испытаниях методом тянущего усилия зацепленным крючком (pull test)).



Рис. 6. Установка контроля прочности перемычек DAGE 4000

При этом высокие показатели прочности соединений обеспечиваются при снижении деформации на 9–10 %, по сравнению с текущим процессом с использованием ультразвуковых систем со стандартным диапазоном частот 66 ± 4 кГц.

Литература

1. Фарассат Ф., Валеев С. Кристалл на плате (COB) – новая эра сборочной технологии // Технологии в электронной промышленности. 2005. № 6. С. 71–76.
2. Ланин В. Л., Цыбульская Л. С., Бекиш Ю. Н., Петухов И. Б., Гаевская Т. В. Свариваемость покрытий никель – бор ультразвуковой микросваркой // Технологии в электронной промышленности. 2012, № 8. С. 82–85.
3. Перевозников С.С., Цыбульская Л.С., Гаевская Т.В. Исследование структуры и свойств электрохимически осажденных покрытий на основе никеля, фосфора и серы // Вестник БГУ. Серия. 2, 2016, №3, С.21–28.
4. Harman, G. Wire bonding in microelectronics. New York: McGraw Hill.2010. 3-d edition. P.426.
5. Lanin V.L., Petuhov I.B. High frequency thermosonic wire bonding // Journal of Science and Engineering. 2014. Vol. 4(2). P. 39–45.