

ОПТИМИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ МЕДНОЙ МИКРОПРОВОЛОКИ В ИЗДЕЛИЯХ ЭЛЕКТРОНИКИ

Петухов И.Б.¹, Ланин В.Л.²

¹ОАО «Планар-СО», Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь
petuchov@kbtcm.by

В настоящее время до 75% изготавливаемых микросхем в мире используют золотую проволоку для обеспечения надежных межсоединений между кристаллом и выводной рамкой, а также между кристаллами и пассивными элементами сложных конструкций типа «система в корпусе». Чаще используется метод термозвуковой сварки «шарик-клин», при этом присоединение проволоки к контактной площадке кристалла производится оплавленным кончиком проволоки в шарик (рис. 1). Термозвуковая сварка представляет собой ультразвуковую сварку с дополнительным нагревом рабочей зоны до 220-240 °С и практически вытеснила из производства электронных изделий термокомпрессионную сварку с температурой рабочей зоны от 300 до 320 °С.

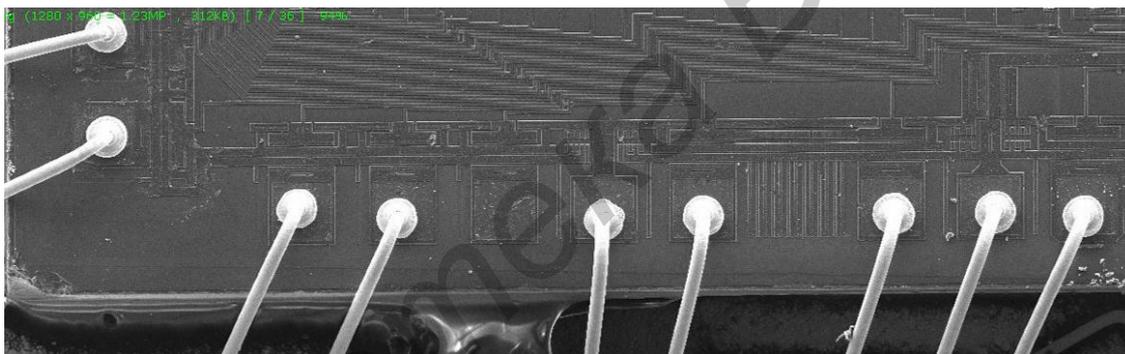


Рис. 1. Проволочные соединения золотой проволокой методом «шарик-клин»

В производстве микросистемных приборов главной движущей силой является снижение стоимости изделий. В приборах силовой электроники, где больший диаметр проволоки необходим для обеспечения токовой нагрузки, стоимость золотой проволоки составляет значительную долю стоимости изделий. Растущий интерес к использованию медной проволоки как альтернативы золотой проволоке объясняется прежде всего меньшей стоимостью, которая приблизительно в 2 раза ниже стоимости золотой проволоки. Это позволяет снизить стоимость приборов и повысить их конкурентоспособность.

Теплопроводность у меди в 1,6 раз выше, чем у алюминия, и в 1,3 раза выше, чем у золота. Лучшая теплопроводность медной проволоки может обеспечить дополнительный теплоотвод от кристалла прибора при большом числе выводов. Меньшее электрическое сопротивление позволяет использовать медную проволоку диаметром в 1,25 раза меньше по отношению к диаметру золотой проволоки при одной и той же плотности тока. Это преимущество актуально для транзисторов средней мощности в малогабаритных корпусах для поверхностного монтажа.

Для микросварного соединения медной проволоки с алюминием характерен существенно медленный рост интерметаллидов (примерно в 5 раз по сравнению с

соединением Au-Al) [1], что гарантируют большую устойчивость прочности соединения при повышенных температурах в течение длительного периода.

Несмотря на очевидные преимущества, общеизвестны два основных недостатка, сдерживающих широкое применение медной проволоки. Во-первых, это быстрая окисляемость проволоки, особенно при повышенных температурах. Медь на воздухе покрывается оксидной пленкой, которая существенно влияет на качество сборочных операций при микросварке внутренних соединений между кристаллом и корпусом. Для предотвращения окисления и получения шариков сферической формы на конце медной проволоки используется инертный газ (смесь 95% азота и 5% водорода) при сборке методом «шарик-клин». Для обеспечения оплавления кончика медной проволоки разработана оригинальная конструкция разрядника, обеспечивающая с одной стороны, искровой разряд при подаче высоковольтного импульса, а с другой – подачу в зону искрообразования защитного газа. Во-вторых, это повышенная твердость медной проволоки, что требует тщательного подбора режимов сварки, исключающих кратерообразование на контактных площадках.

Для достижения качественной сварки медной проволокой используется, как правило, более высокая нагрузка на сварочный инструмент и увеличенная УЗ энергия. Это приводит, во-первых к повышенному механическому воздействию на контактную площадку кристалла, и во-вторых к сокращению срока службы инструмента в результате интенсивного износа. В исследовании использовались два типа медной проволоки диаметром 30 мкм производства ф.Танака [2] : CFB-1 и CLR-1A. Второй тип проволоки CLR-1A имеет тонкое (несколько десятков нанометров) покрытие палладием для защиты от атмосферного окисления и увеличения срока использования (до 6 месяцев).

Режимы оплавления медной проволоки потребовали увеличения энергии искрового разряда по сравнению с золотой проволокой такого же диаметра. Если для образования стандартного шарика ($\varnothing 60$ мкм) на золотой проволоке диаметром 30 мкм ток разряда составляет 25 мА и время разряда 1,2 мС (при отрицательной полярности высоковольтного напряжения на разряднике по отношению к проволоке), то для медной проволоки такого же диаметра потребовалось установить ток разряда 55 мА и время разряда 2,8 мС. Расход защитного газа составлял 0,6 литр/мин. При более высоком расходе наблюдается ассиметричное положение шариков относительно оси проволоки и заметное влияние на искрообразование. При меньшем расходе пропадает видимый блеск на поверхности шариков и появление шероховатости. Внешний вид оплавленных шариков на кончике медной проволоки при оптимизированном процессе представлен на рис.2

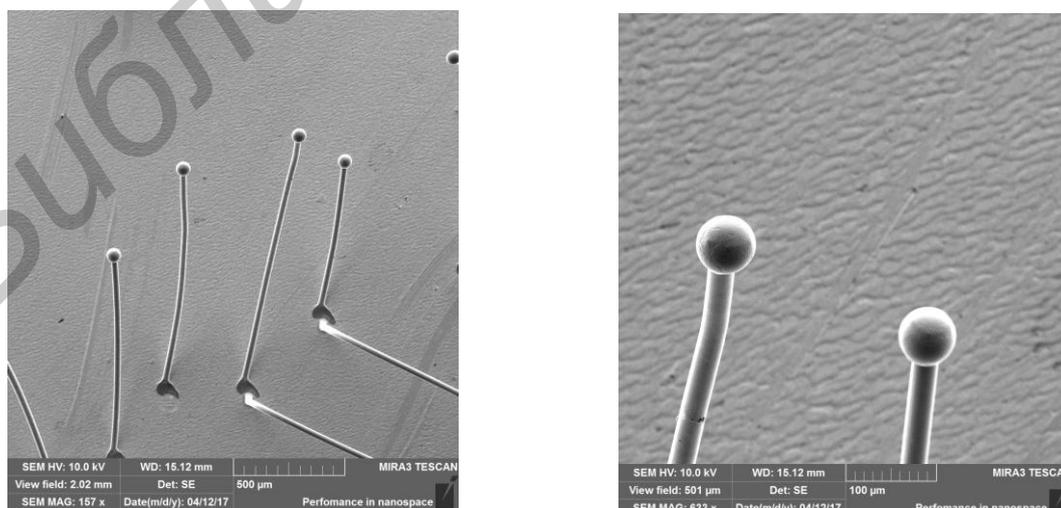


Рис. 2. Оплавленные шарики на кончике медной проволоки

Присоединение медной проволоки двух типов проводилось на установке присоединения медной проволоки ЭМ-4461 с использованием ультразвуковой системы стандартной частоты 64 кГц и ультразвуковой системы повышенной частоты 110 кГц. Ввиду повышенной микротвердости медной проволоки для достижения необходимой прочности сварных соединений ультразвуковая мощность, подводимая к ультразвуковому преобразователю была увеличена в 1,4-1,5 раза по сравнению с процессом присоединения золотой проволоки такого же диаметра (30 мкм). При этом деформация шарика при приемлемой прочности и отсутствия «отлипов» от поверхности присоединения на стандартной 64 кГц частоте получалась была завышенной (рис.3а).



Рис. 3. Вид соединений шариком встык при использовании ультразвуковой частоты 64 кГц а) и ультразвуковой частоты 110 кГц б).

При использовании ультразвуковой системы повышенной частоты 110 кГц форма сварных соединений практически сравнима с формой присоединения золотой проволокой. При сравнении двух типов проволоки заметна более стабильная вторая сварка клином для проволоки типа CLR-1A с палладиевым покрытием (рис.4). Отмечено также прямолинейность формирования проволочных перемычек из медной проволоки из-за ее большей упругости.

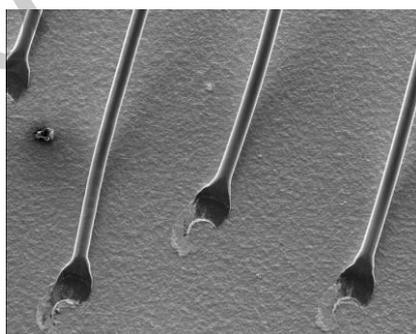


Рис. 4. Вид соединений шариком встык при использовании ультразвуковой частоты

Литература

1. C.C. Lee, T.A. Tran, V. Mathew, R. Ibrahim, P.L. Eu Copper ball voids for Pd-Cu wires: affecting factors and methods of controlling/IEEE 66th Electronic components and technology components conference,2016, p. 606-612.
2. http://pro.tanaka.co.jp/en/products/Bonding_Wires.html