

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МИКРОСВАРКИ ПРОВОЛОЧНЫХ ВЫВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

К. т. н. И. Б. Петухов, И. Н. Кипарин

ОАО «Планар-СО»
Республика Беларусь, г. Минск
petuchov@kbtcm.by

Для повышения качества микросварки алюминиевых и медных выводов большого диаметра разработана ультразвуковая технологическая система автоматической установки микросварки, которая отличается стабилизацией сварочного усилия и безударной отрезкой проволоки в конце цикла монтажа вывода. Исследовано влияние формы рабочего торца сварочного наконечника на прочность сварных соединений.

Ключевые слова: ультразвуковая микросварка, ультразвуковой преобразователь, ультразвуковой резак, резонансная частота, сварочное усилие.

При монтаже мощных дискретных полупроводниковых приборов и модулей одним из наиболее распространенных способов электрического соединения контактных площадок кристалла с выводами корпуса являются проволочные перемычки. Проволочный монтаж остается одним из основных методов сборки полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, что объясняется высокой автоматизацией процесса, универсальностью по отношению к различным технологическим вариантам производства и геометрическим размерам изделий [1].

Проволочные межсоединения выполняются после того, как кристаллы отсортированы и смонтированы в корпусе. Монтаж межсоединений в мощных дискретных полупроводниковых приборах и модулях осуществляется в основном методом ультразвуковой сварки алюминиевой (медной) проволоки или ленты. Диапазон диаметров используемых круглых проводников — от 100 до 500 мкм, типовых размеров ленточных выводов — от 700 × 80 мкм до 200×250 мкм (ширина × толщина) [2].

В современных установках ультразвуковой сварки (УЗС) значительную часть в неравномерность сварочного усилия составляют колебания, вносимые подвеской ультразвукового преобразователя (УЗП). В различных конструкциях сварочной головки подвеска УЗП реализуется различными способами, в частности на подшипниковых опорах или плоскопараллельных пластинах. Преимуществом подвески на плоскопараллельных пластинах является отсутствие трения качения и повышенная износостойкость по сравнению с узлами на подшипниковых опорах, что делает их вариантом, привлекательным для применения в системах УЗС. Однако у подвески на плоскопараллельных пластинах есть и недостаток: зависимость усилия в зоне сварки от величины перебега сварочной головки после момента контактирования рабочего инструмента с местом присоединения, за счет которого обеспечивается необходимая деформация проводника.

Для компенсации указанного недостатка нами был разработан алгоритм компенсации изменения сварочного усилия, введенный в контур управления актуатором сварочной нагрузки, выполненным на базе катушки в магнитном поле. Алгоритм позволил скомпенсировать неконтролируемые изменения сварочного усилия, вносимые подвеской на плоскопараллельных пластинах, величина которых достигает 60—80 г, что для усилия, например, 300 г (усилие для присоединения проволоки диаметром 250 мкм) составляет порядка 20%.

Важное значение для качества сварного соединения имеет форма торца сварочного наконечника. В последнее время для УЗС проводников большого сечения широко используется инструмент с V-образным профилем рабочего торца без капиллярного отверстия под проволоку (рис. 1, а). Проволока подается под торец с помощью специальной пластиковой направляющей, надетой на инструмент или закрепленной на отдельном держателе (рис. 1, б). Аналогичные направляющие используются и для ленточных выводов. Практические испытания такого инструмента на разработанной автоматической установке ЭМ-4341 показали, что сварные соединения достигают высокой прочности в достаточно широком диапазоне рабочих параметров, в частности времени сварки. Тестирование прочно-

сти на отрыв крючком показывало значения усилий, сравнимые с величиной разрывного усилия проволоки. Это объясняется образованием в месте сварного соединения ребра жесткости на верхней стороне проволоки (рис. 1, в).

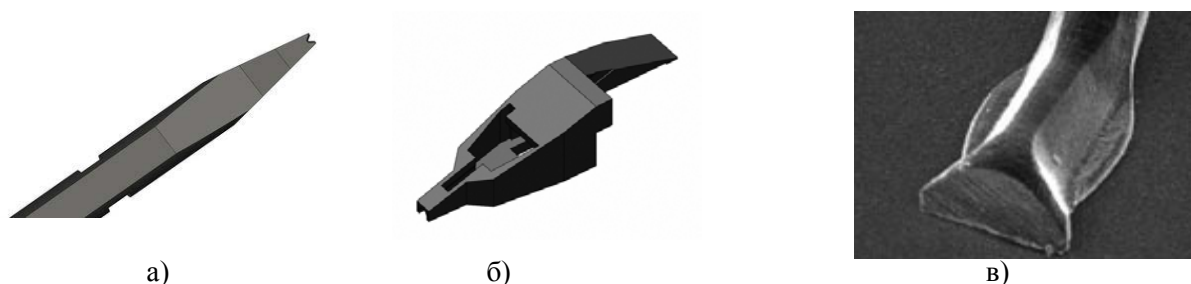


Рис. 1. Сварка проводников большого сечения:

а — рабочий торец сварочного инструмента; б — пластиковая направляющая для проволоки; в — получаемое соединение

Для отделения проволоки после последней точки сварки разработана система перемещения ножа с наложением на него ультразвуковых колебаний. Для обеспечения малых габаритов и потребляемой мощности, была изменена традиционная схмотехническая топология ультразвукового генератора (УЗГ). Традиционно усилитель мощности УЗГ проектируется для работы в линейном режиме с использованием системы фазовой автоподстройки частоты. Для реализации усилителя мощности УЗГ была выбрана полумостовая двухтактная схема выходного каскада, работающая в ключевом режиме. При этом использован режим работы задающего генератора с прямым захватом частоты с положительной обратной связью по току. Для регулирования выходной мощности программируется напряжение питания выходного каскада УЗГ. Ультразвуковые колебания, прикладываемые к ножу, позволяют производить обрезку проволоки с минимальным воздействием на контактную площадку. В сварочной головке используется сварочный инструмент длиной 63,5 мм фирмы SPT (Швейцария), обеспечивающий глубокий доступ в рабочую зону. Инструмент установлен заподлицо с верхней кромкой торца волновода. Резонансная частота ультразвука — 56,7 кГц, импеданс УЗП с инструментом составляет 23 Ом, а добротность — 560.

Таким образом, разработанная ультразвуковая технологическая система для присоединения проводников большого сечения в изделиях силовой электроники отличается стабилизацией сварочного усилия за счет компенсации влияния плоскопараллельных пластин подвески сварочной головки и безударной отрезкой проволоки с приложением ультразвуковых колебаний к резаку. Инструмент, имеющий рабочий торец с V-образной канавкой длиной 63,5 мм, совместим с ультразвуковой системой установки ЭМ-4341 производства ОАО «Планар-СО». Все это позволило обеспечить высокую прочность сварных соединений за счет формирования ребра жесткости на вершине проволоки и минимизации образования микротрещин в переходе сварная точка — проволока.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Harmann G. G. Wire Bonding in Microelectronics.— NY: McGraw Hill, 2010.— 446 p.
2. Материалы для производства микросхем и полупроводниковых приборов. Проволока, ленты для микросварки.— <http://ostec-materials.ru/materials/spm>.

I. B. Petuhov, I. N. Kiparin

Technology system for thick wire bonding

To improve the quality of bonding aluminum and copper thick wire, an ultrasonic technology bonding system has been developed. The system makes it possible to stabilize the bonding force and provides an unstressed wire cut at the end of the output mounting cycle. The authors investigate the bond quality and shape of tip bonding tool was investigated. The authors investigate how the shape of the working end of the bonding tip affects the strength of the bonded joints.

Keywords: ultrasonic bonding, ultrasonic transducer, ultrasonic cutter, resonance frequency, force bonding.