

К. т. н. В. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, к. т. н. В. Л. ЛАНИН,
В. Ф. ЛАСТОЧКИНА

Дата поступления в редакцию
01.07 1997 г.

Оппонент д. т. н. А. А. РОССОШИНСКИЙ

Республика Беларусь, г. Минск

ТЕРМОЗВУКОВАЯ РАЗВАРКА МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ЗОЛОТОЙ ПРОВОЛОКОЙ НА МЕДНЫХ РАМКАХ

Модернизация автомата ЭМ 4060П позволила обеспечить необходимое качество разварки микросварных соединений методом термозвуковой сварки.

The modernization ЭМ 4060П (EM 4060P) beam tape-automated bonder has allowed to provide needed boiling soft quality of microbonding connections by method of the thermosonic bonding.

Автоматизированная сборка плоских корпусов интегральных микросхем (ИМС) с высокой производительностью выполняется на ленточных носителях, имеющих перфорацию и траверсы для соединения с кристаллом. Переход к носителям на медной основе с локальным покрытием серебром, имеющим большую теплопроводность и технологичность изготовления, требует снижения температуры разварки межсоединений и повышения их качества.

Разварка в режиме термокомпрессии при температуре 300...330°C на установках ЭМ 4060, ЭМ 4060П приводит к окислению медной рамки и ухудшению серебряного покрытия, что сказывается на качестве последующих технологических операций.

Термозвуковая сварка (ТЗС) позволяет формировать соединения под действием УЗ-колебаний, температуры и усилия нагружения инструмента [1, с. 9–12], однако для этого требуются специализированные установки. В автомате ЭМ 4060П (выпуска 1992 г.) предусмотрен режим ТЗС, однако реальная конструкция генератора и преобразователя

не позволяет добиться хорошего качества разварки в режиме термозвука при сравнительно низких температурах (200...240°C). Это возможно на установках разварки моделей 1482 и 1484 фирмы «Kulicke and Soffa» (США) [2]. На ГНПКТМ «Планар» совместно с разработчиками оборудования КБТЭМ-СО произведена доработка автомата ЭМ 4060П: усовершенствованы ультразвуковой генератор, преобразователь и блок формирования „шарика“ (БФШ). Модернизированный БФШ обеспечивает ток разряда в диапазоне 1...6 А. Разрядник стал изготавливаться в форме иглы, что снизило динамическое воздействие проволоки на него и уменьшило пережог формируемого шарика в его верхней части. Улучшено согласование преобразователя с УЗ-генератором и усовершенствованы конструкции столика и прижима, которые обеспечивают надежное жесткое закрепление выводов рамки, что является необходимым условием ТЗС и УЗ-сварки. Это дало возможность снизить температуру разварки до 230–250°C.

Сравнительные данные по механической прочности межсоединений на разрыв и сварных соединений (шариков на кристалле) на сдвиг при различных режимах разварки приведены в табл. 1. Соединения выполнялись проволокой диаметром 25 мкм фирмы Heraeus, имеющей собственную прочность 11,5 г. Разварка осуществлялась по 14-выводной медной рамке фирмы «Gold Star» с серебряным покрытием толщиной 3–5 мкм. Анализ данных показывает, что ТЗС, кроме снижения степени окисления рамки, позволяет увеличить механическую

Таблица 1

Прочность микросварных соединений

Тип установки	Метод	Режим сварки		Прочность на разрыв, г $F_{\min} \dots F_{\max}; F_{\text{ср}}$	Прочность на сдвиг, г $F_{\min} \dots F_{\max}; F_{\text{ср}}$	Усилие прижима, Н
		Температура, °С	Давление, г			
ЭМ 4060, ЭМ 4060П (1992 г.)	ТКС	300...330	36; 90	4,0...8,0; 5,6	20...32; 23,7	10–15
Модернизованная ЭМ 4060П (1994 г.)	ТЗС	240...260	30; 95	4,5...8,0; 6,0	22...32; 27,2	10–15
Модель 1484 фирмы «Kulicke and Soffa» (1984 г.)	ТЗС	215...240	28; 60	5,0...8,0; 6,6	28...35; 31,7	–

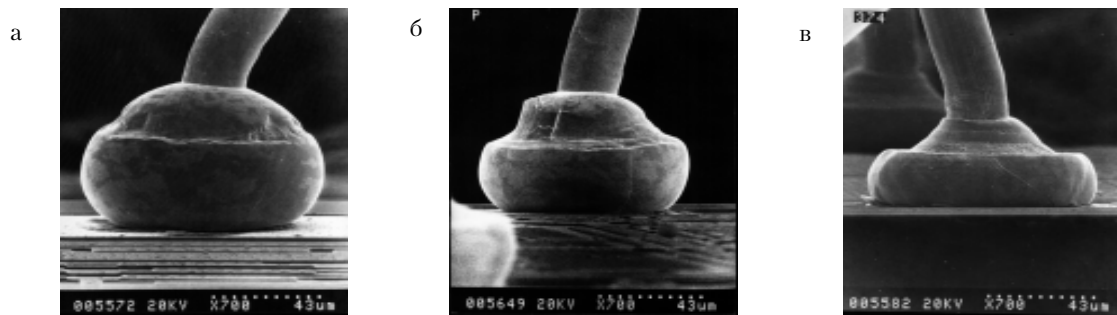


Рис. 1. Внешний вид шарика золотой проволоки, сформированного на различных установках: а – ЭМ 4060П без доработки БФШ; б – ЭМ 4060 с доработкой БФШ; в – автомат разварки 1484 «Kulicke and Sofa»

прочность микросварных соединений. Изменение конструкции столика (отказ от пьедестала под выводы рамки) и применение прижимающего выступа на прижиме обеспечивают более равномерное обжатие выводов рамки и высокое качество термозвуковой сварки при 230–250°C.

В процессе термозвуковой сварки «встык шариком» для обеспечения качественного сцепления материала проволочного вывода с материалом контактных площадок шарик деформируют, создавая определенную площадь сцепления материалов. Степень деформации шарика, а именно, его остаточная толщина после образования сварного соединения на кристалле («высота» сварного соединения), является одним из критериев оценки качества проведения сборочных операций микросхем. (Ведущие зарубежные фирмы электронной промышленности «Motorolla» и «Gold Star» при квалификационной аттестации процессов сборки микросхем проводят оценку уровня процесса микросварки как по величине прочности микросварных соединений на разрыв и сдвиг, так и по величине остаточной толщины шарика на кристалле, которая по требованиям этих фирм, должна составлять 10–30 мкм для проволоки диаметром 25 мкм при ТЗС.)

Сравнительная оценка степени деформации микросварных соединений при различных условиях разварки проведена по анализу фотоснимков образцов (рис. 1), выполненных с помощью растрового электронного микроскопа типа S-806 (Hitachi).

Степень обжатия при формировании микросварного соединения рассчитывалась по формуле

$$k = \frac{d-h}{d},$$

где d – диаметр шарика в исходном состоянии;

h – высота микросварного соединения после обжатия.

Анализ исходных и сформированных шариков показал, что на установках ЭМ 4060П с доработанными БФШ получены шарики диаметром 65–70 мкм без значительного изменения размеров в процессе разварки. В то же время на установках без модернизации БФШ добиться образования шариков с минимальными размерами (65–70 мкм) и высокой степенью их равномерности очень сложно. Наблюдается значительный разброс по высоте и увеличению диаметра шариков до 90–95 мкм. Автоматы разварки 1484 фирмы «Kulicke and Sofa» обеспечивают формирование шариков диаметром 60–65 мкм с высокой степенью воспроизводимости в процессе разварки микросхем.

При термокомпрессионной микросварке (ТКС) на ЭМ 4060, ЭМ 4060П добиться столь же высокой степени деформации сварного соединения не удается (табл. 2).

Анализ влияния температуры столика при термозвуковой и термокомпрессионной сварке показал, что степень деформации сварного соединения практически не зависит от температуры сварки в диапазоне, обеспечивающем образование качественных

Таблица 2

Степень деформации микросварного соединения

Тип установки	Метод	Режим сварки		Диаметр сварного шарика, мкм	Диаметр сварного соединения после разварки, мкм	Высота сварного соединения, мкм	Степень обжатия
		Температура, °С	Давление, г				
1484	ТЗС	205	40	60–63	93–97	26	0,58
		235	40		93–96	24,5–25	0,60
ЭМ 4060П с доработкой БФШ	ТКС	300	43–45	65–70	97	35–36	0,48
		340	40–45		90	31–32	0,54
		320	60–65		90	26–27	0,61
ЭМ 4060	ТКС	300	25–35	65–90	97	44–45	0,43
		320	25–35		90	32–33	0,49

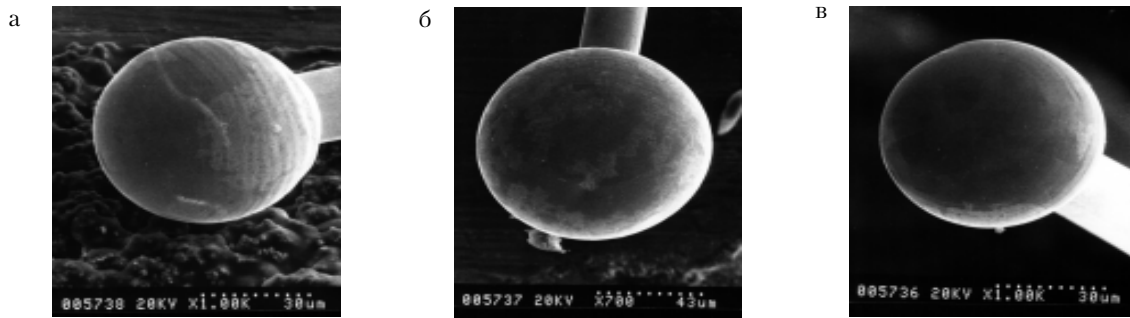


Рис. 2. Внешний вид микросварных соединений, полученных различными методами:
 а – ТЗС; б – ТКС на установке без доработки; в – ТКС на установке с доработкой

Таблица 3

Прочность соединения после термоциклических воздействий

Метод	Прочность межсоединений на разрыв, г			Прочность шарика на сдвиг, г		
	После разварки	10 циклов	30 циклов	После разварки	10 циклов	30 циклов
ТКС	5,4	5,45	4,9	24,6	24,2	20,5
ТЗС	6,6	6,55	6,5	29,9	30,7	29,9

микросварных соединений (205...235°С для ТЗС, 300...340°С для ТКС), а определяется, главным образом, давлением и начальным диаметром шарика, образованного БФШ. (Из-за нестабильности исходного размера остаточная толщина шариков колеблется от 32 до 45 мкм при разварке на ЭМ 4060 без доработки БФШ.)

Следует отметить, что при ТКС под высоким давлением (свыше 60 г) остаточная толщина шарика составляет 27 мкм, т. е. укладывается в требования зарубежных фирм. Однако при этом возможны нарушения структуры кремния под контактными площадками, а также симметричности формы сварного соединения.

На рис. 2 приведены фотографии микросварных соединений, полученных разными методами.

Определялась устойчивость микросварных соединений, полученных термокомпрессионной и термозвуковой сваркой, к термоциклам. Для этого медные рамки с кристаллами и разваркой межсоединений золотой проволокой диаметром 25 мкм подвергались испытаниям в диапазоне температур –60...+150°С. Значения прочности межсоединений на разрыв и прочность шарика на кристалле на сдвиг после разварки, 10 и 30 термоциклов приведены в табл. 3. Как показали исследования, термозвуковая сварка более устойчива к термоциклическим воздействиям: изменений прочности соединения практически не произошло.

Для оценки дефектности структуры материала кристалла под контактными площадками образцы после разварки подвергались травлению в растворе ортофосфорной кислоты. Затем производилась оценка внешнего вида кристалла под микроскопом. После термокомпрессионной сварки при температуре 340 – 345°С и давлении на первой сварке 60 – 65 г на контактных площадках микросхемы выявлены нарушения структуры кремния – «выколы», которые указывают на неоптимальный режим разварки межсоединений. На кристаллах, прошедших режим термозвуковой сварки при температуре 240°С, дефектов структуры кремния в зонах контактных площадок не выявлено.

Таким образом, в случаях, когда необходимо проводить разварку межсоединений золотой проволокой на медных рамках при относительно низких температурах, целесообразно применение термозвуковой сварки. Доработанная установка ЭМ 4060П обеспечивает качественную термозвуковую сварку при температурах 230...250°С.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Онегин Е. Е., Зенькович В. А., Битно Л. Г. Автоматическая сборка ИС. – Минск : Выш. шк., 1990.
2. Howard W. Markstein. Wire bonding surges toward market growth and new technology // Electronic packag. and prod. – 1984. – N 2. – P. 90 – 100.



Научно-производственное объединение ИНТЕГРАЛ — крупнейшее предприятие в Восточной Европе по разработке и производству изделий электронной техники.
 Это более 1500 типов интегральных схем, 400 типов полупроводниковых приборов, 40 типов ЖК-индикаторов и панелей, 150 видов ТНП, 60 наименований спецтехнологического оборудования.

Республика Беларусь, 220064, г. Минск, пл. Казинца.
 Тел. (0172) 773-232, 772-031. Факс (0172) 781-662.
 E-mail: mark@integral.minsk.by