

Илья Сергеевич Новиков родился в 1983 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2006 г. Аспирант кафедры “Проектирование и технология производства электронной аппаратуры” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор семи научных работ в области систем автоматизированного проектирования.



I.S. Novikov (b. 1983) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 2006. Post-graduate of “Design and Technology of Electronic Apparatus Production” of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 7 publications in the field of computer-aided design.

Вадим Анатольевич Шахнов — д-р техн. наук, профессор, член-кор. РАН, заведующий кафедрой “Проектирование и технология производства электронной аппаратуры” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 160 научных работ в области проектирования электронных средств.



V.A. Shakhnov (b. 1941) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1966. D. Sc. (Eng.), professor, head of “Design and Production Technology of Electronic Apparatus” department of the Bauman Moscow State Technical University, corresponding member of RAS. Author of 160 publications in the field of microelectronics, information technologies and nanotechnology.

УДК 621.791.35

Ф э н Л э й

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОЕДИНЕНИЙ, ПАЯННЫХ БЕССВИНЦОВЫМ ПРИПОЕМ

Проведены исследования микроструктуры и механических свойств соединений паянных бессвинцовым припоем (Sn99.3Cu0.7), его предела прочности на разрыв.

Ключевые слова: экология, эвтектика, фаза, смачиваемость, оптимальность, припой, соединение, шлиф.

В последнее время при изготовлении радиоэлектронной техники все большее внимание уделяется вопросам экологической безопасности – проблемам бессвинцовой пайки. Припой (Sn99.3Cu0.7) является одним из самых широко рекомендованных эвтектических составов бессвинцовых припоев. Температура его плавления равна 227 °С, он имеет высокие механические свойства и может заменить свинцовый припой (63Sn37Pb) при монтаже микроэлектроники. Предварительные испытания показали, что по выносливости бессвинцовый припой значительно превосходит припой Sn/Pb [1]. Благодаря добавлению 0,7% Cu улучшается смачиваемость поверхности [2]. Таким образом, главная проблема выбора оптимальных параметров технологических процессов пайки бессвинцовым припоем заключается в поиске подходящего технологического процесса пайки.

Испытание на растяжение. Технологический процесс пайки должен состоять из следующих операций:

- механической или химической очистки (например, ортофосфорной кислотой) поверхности пайки;
- предварительной обработки применяемого бессвинцового припоя;
- введение припоя, его расплавление и удаление излишков.

Очистка и предварительная обработка имеют важное значение, так как благодаря им достигается наименьший разброс характеристик прочности спая.

Для выполнения процесса пайки использовалась паяльная станция в виде нагревающей пластины со стабилизатором заданной температуры от комнатной до 400 °С. В процессе пайки изменяли температуру и продолжительность пайки.

В соответствии с ГОСТ 28830–90 образцы для испытания на растяжение были изготовлены спаиванием двух медных стержней $\varnothing 3,5$ мм с тем, чтобы была получена равномерность в распределении напряжений растяжения в области спайки и обеспечена соосность стержней. Образец и его геометрические параметры приведены на рис. 1.

Прочность соединений, паянных бессвинцовым припоем. Прочность на растяжение – это одно из главных свойств механических паяных соединений. Чаще всего руководствуются показателями качества и прочности паяных соединений, установленными ГОСТ 30535–97, в соответствии с которым, главным параметром прочности выбирается предел прочности на растяжение. Оценка среднего арифметического и среднеквадратического отклонения (СКО) служит основой для расчетов параметров надежности. Чем больше СКО, тем хуже технологический процесс.

В процессе испытаний было исследовано влияние температуры и времени пайки на прочность паяного соединения. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

Результаты испытаний

Длительность технологического процесса, с	Температура нагрева, °С							
	245		250		260		270	
	σ , МПа	СКО	σ , МПа	СКО	σ , МПа	СКО	σ , МПа	СКО
5	99,1	6,30	103,1	4,84	97,9	4,90	95,6	7,21
10	97,7	5,60	101,8	4,59	98	4,76	93,4	7,9
15	97,9	5,10	100,7	4,55	97,6	4,87	—	—
20	94,2	5,56	100,1	4,65	96,6	5,74	84,4	8,91

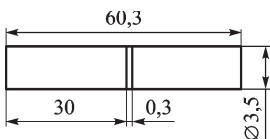


Рис. 1. Геометрические параметры образца

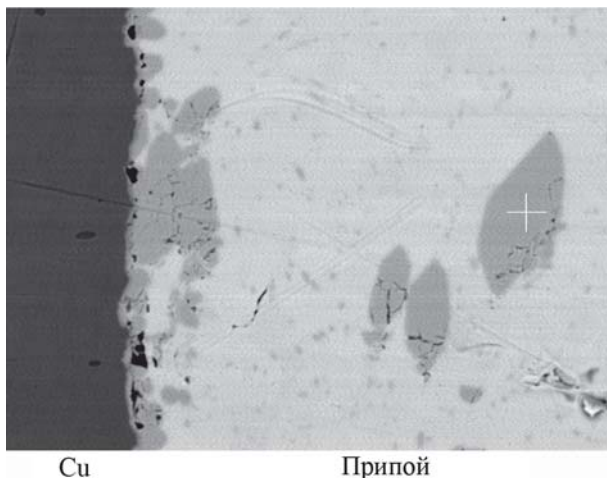


Рис. 2. Микрофотография шлифа ($\times 2000$) паяного соединения

При испытаниях на растяжение отрыва от меди не наблюдалось, таким образом, из-за смачивания поверхности при добавлении 0,7% Cu достигалась высокая адгезионная прочность.

Влияние температуры и времени пайки на микроструктуру паяных соединений. С помощью сканирующего электронного микроскопа было проведено визуальное исследование микроструктуры бессвинцового припоя после получения гладкой поверхности паяных соединений, обработанных мелкой наждачной бумагой и алмазной пастой. Изучаемые образцы при испытании на растяжение были подготовлены аналогичным способом.

На рис. 2 показана микрофотография шлифа паяного соединения, полученного при температуре пайки 245 °C и времени пайки 15 с. Видно, что в местах контакта олова с медью внутри прослойки есть участки, которые отличаются по цвету и от меди, и от олова, можно предположить, что это и есть частицы паяного соединения [4].

Чтобы подтвердить такое предположение, был проведен микро-рентгеновский спектральный анализ, с помощью которого был установлен состав указанных участков (рис. 3). Выявлено, что частицы состоят из 39,23% меди и 60,77% олова. В соответствии с диаграммой состояния двойных сплавов Sn–Cu такие частицы являются соединениями–фазой η' , что означает упорядочение атомов в кристаллической решетке соединения [5]. На рис. 4 верхняя кривая отображает содержание олова, нижняя — меди. Соединение получено при температуре пайки 245 °C и времени пайки 15 с. При этом видно, что на более темных участках содержание меди выше, а на более светлых — больше содержание олова.

Возможно, что при контакте припоя с медью из-за загрязнений на поверхности могут появляться пустоты. Слишком крупные пустоты в

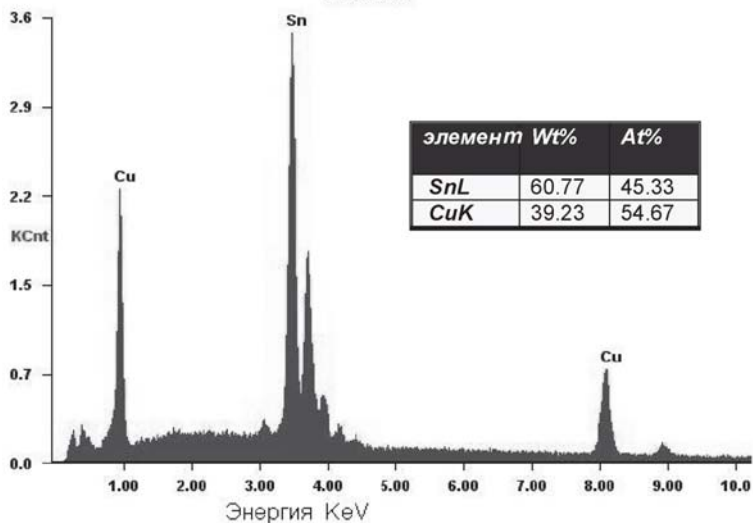


Рис. 3. Результат микрорентгеновского спектрального анализа

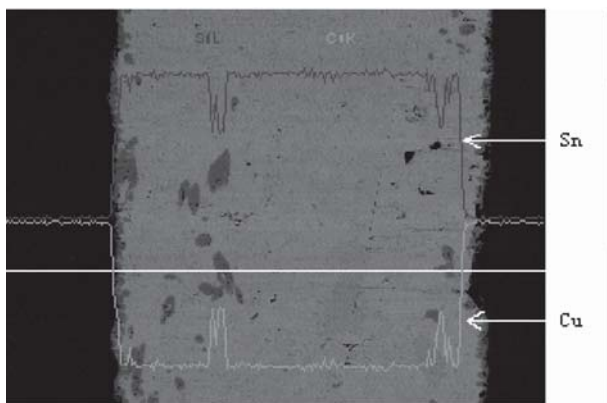


Рис. 4. Содержание меди и олова по результатам спектрального анализа

припое влекут за собой проблемы надежности, особенно тогда, когда бессвинцовые сборки подвергают циклическим термическим воздействиям. Наличие фазы $\text{Sn}_5\text{-Cu}_6$ также может снижать теплопроводность и увеличивать электрическое сопротивление. Исследования показали: если пустоты занимают до 25 % всего объема соединения, то уменьшения надежности не наблюдается.

Многочисленные исследования показали, что при использовании медных проводников наблюдается чуть более высокий объем пустот по сравнению с Ni/Au и серебром [4]. В отдельных случаях свой вклад вносят и формы соединений. Такие компоненты, как бессвинцовые микросборки или большие плоские поверхности препятствуют удалению газа во время процесса пайки, что приводит к увеличению числа пустот [4].

Заключение. 1. Результаты эксперимента на растяжение показали, что данный бессвинцовый припой (Sn99.3Cu0.7) пригоден для соединения медных деталей и обеспечивает высокий предел прочности соединения благодаря добавлению 0,7% Cu для улучшения смачиваемости поверхности.

2. В припое найдены частицы соединения–фазой η (60,77% Sn и 39,23% Cu), таким образом, речь идет о композитном материале, что повышает прочность припоя. Эти соединения возникают раньше, еще при изготовлении припоя, так как мало вероятно, что частицы соединения успели образоваться за время пайки, которое составляло 15 с.

3. При контакте олова с медью появились пустоты небольшого объема, что не влияет на прочность соединения. В связи с этим необходимо экспериментально проверить способы очистки или промывки поверхности перед пайкой.

4. Установлено что прочность паяного соединения удовлетворяет требованиям и превышает прочность соединения на основе чистого олова, установлено также присутствие частиц η -фазы в припое.

5. Рекомендован следующий режим пайки: температура 250 °C и выдержка 10... 15 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В о т и н ц е в А. М. Современные материалы для бессвинцовой технологии // Подготовка к введению европейских директив RoHS и WEEE. – С. 30–34.
2. G u X i a o - y a n Investigation on the wettability of Sn-Cu lead-free solder in electronic packaging // Semiconductor technology. – 2006. – Vol. 31. No. 5. P. 337–339.
3. F u l o n g Z h u H o n g h a i Z h a n g. Investigation of microstructures and tensile properties of a Sn-Cu lead-free solder alloy // J Mater. Sci: Mater. electron. – 2006. – No. 17. – P. 379–384.
4. П е т е р Б и о к к а. Дефекты бессвинцовой пайки // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. – 2005. – № 1. – С. 1–4.
5. Х а н с е н М. А н д е р к о К. Структуры двойных сплавов. Т. 1. – М.: Металлургия, 1970. – 678 с.

Статья поступила в редакцию 27.03.2008

Фэн Лэй родился в 1978 г., окончил Харбинский политехнический университет (Harbin Institute of Technology) Китая в 2002 г. Аспирант кафедры “Проектирование и технология производства электронной аппаратуры” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 7 научных работ в области приборостроения.

Feng Lei (b. 1978) graduated from the Harbin Institute of Technology (People’s Republic of China) in 2002. Post-graduate of “Electronic Apparatus Design and Production Technology” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 7 publications in instrument engineering.