

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.3.049.77.002.72

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ
ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ ПОВЕРХНОСТНОМ МОНТАЖЕ**В.Х. ВИДЕКОВ¹, В.Л. ЛАНИН², Т.Г. ГЕОРГИЕВА¹¹Технический университет, София, Болгария,²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*Поступила в редакцию 6 октября 2006*

Исследован процесс формирования межсоединений расплавлением бессвинцовой паяльной пасты при кондуктивном и конвекционном нагреве для плат с двухсторонним поверхностным монтажом. Установлено, что при лазерном сверлении отверстий диаметром менее 300 мкм и применении бессвинцовой паяльной пасты возможен переход на нижележащий уровень непосредственно под контактной площадкой.

Ключевые слова: межсоединения, платы, поверхностный монтаж, паяльные пасты.

Введение

Поверхностный монтаж как конструктивно-технологическое направление для миниатюризации электронной аппаратуры позволяет уменьшить габариты конструкции, снизить расход материалов, а малая масса компонентов уменьшает их восприимчивость к воздействиям вибрации, что особенно важно для надежной работы аппаратуры. Уменьшение длины выводов и соответствующее снижение паразитных индуктивностей, емкостей и сопротивлений приводят к улучшению электрических параметров и увеличению надежности аппаратуры [1]. В микромодулях с двухсторонним поверхностным монтажом межсоединения выполняют через сквозные отверстия, которые, согласно стандартам, не должны находиться в области контактных площадок, потому что в результате смачивания туда затекает припой. При монтаже элементов с матричными выводами на контактные площадки над отверстиями для повышения плотности монтажа необходимо исключить проникновение припоя в отверстия и уменьшение его дозы.

Бессвинцовые паяльные пасты не смачивают поверхность так же хорошо, как эвтектический припой Sn63/Pb37, который растекается тонким и широким слоем. Исследования показали, что, в то время как припой Sn63/Pb37 имеет растекаемость 93%, у бессвинцовых паст этот параметр варьируется от 73 до 77% [2]. Вследствие худшей смачиваемости паяемых поверхностей и металлизированных отверстий изменяются и условия формирования межсоединений в платах с двухсторонним поверхностным монтажом.

Методика формирования межсоединений при поверхностном монтаже

Исследован процесс проникновения припоя в отверстия при нанесении пасты в зависимости от вида покрытия (медь, никель, золото), диаметра отверстий в плате, объема и

вида пасты, температуры и времени процесса. Глубина заполнения припоем отверстия капиллярного типа прямо пропорциональна поверхностному натяжению $\sigma_{1,2}$ и смачивающей способности припоя $\cos\theta$ и обратно пропорциональна диаметру капилляра D и плотности припоя ρ [3]:

$$h = \frac{4\sigma_{1,2} \cos\theta}{D\rho g}. \quad (1)$$

При использовании бессвинцовой паяльной пасты можно ожидать, что при уменьшении диаметра отверстия туда не попадет припой.

Отверстия больших размеров 0,4–0,7 мм выполнялись сверлением в плате из FR4 с двухсторонней металлизацией, меньших размеров от 150 до 300 мкм — при помощи лазера. В матрицах из 10×10 и 13×13 отверстий металлизация медью выполнялась электрохимическим путем, затем на две матрицы наносился никель, а на две других — золото. Таким образом, группа из 4 матриц по 150 отверстий каждая имела покрытия из меди, медь-никель-золото, медь-никель, медь-золото.

Для обеспечения качества формирования соединений при проектировании трафарета для нанесения паяльной пасты учтены следующие рекомендации [4]:

размер апертуры в трафарете должен составлять 75–90% от размера контактной площадки, а для интегральных микросхем — не менее ½ шага вывода компонента;

для чип-компонентов с шагом выводов более 0,75 мм ширина апертуры уменьшается равномерно с каждой из ее сторон, таким образом, чтобы апертура располагалась по центру контактной площадки;

минимальная ширина апертур должна быть равна 5 максимальным диаметрам частиц паяльной пасты;

для снижения вероятности образования шариков припоя под чип-компонентами использованы специальные конструкции апертур, причем для уменьшения вероятности образования спаев под микросхемами апертуры сдвинуты на внешний край площадки (рис. 1);

для уменьшения прилипания пасты к стенкам трафарета углы апертур закруглены;

для больших контактных площадок размер апертур уменьшен путем деления перемычками шириной 0,2 мм на две и больше апертур;

максимальная толщина трафарета должна быть близка трем максимальным диаметрам частиц припоя, входящих в состав паяльной пасты;

отношение ширины апертуры в трафарете к толщине трафарета составляет не менее 1,5, а отношение площади контактной площадки к площади стенок окна в трафарете не менее 0,66.

Трафарет спроектирован с помощью системы автоматизированного проектирования САМ 350. На предварительном этапе определены: число типоразмеров корпусов SMD, вариант исполнения апертуры для каждого корпуса, толщина и метод изготовления трафарета.

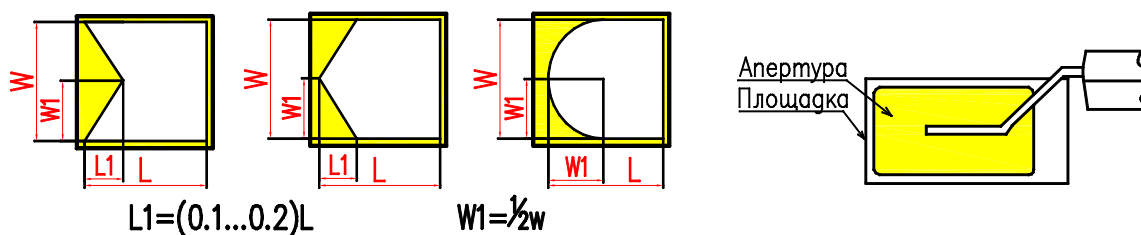


Рис. 1. Варианты исполнений апертур для исключения дефекта "шарики припоя"

Материалом для формирования соединений была выбрана бессвинцовая паста фирмы Multicore, которая имеет состав Sn–3,8Ag–0,7Cu [5], а для пайки SMD — паяльная паста голландской фирмы COBAR S62-XM3S, которая имеет следующие характеристики: состав 62Sn/36Pb/2Ag, содержание припоя 90,30%, частицы припоя размером 25–45 мкм, содержание флюса 9,66%, флюс безотмывный; вязкость по Malcom PCU205 при 25°C 164 П, время сохранения свойств после нанесения 16 ч, температура плавления 179°C.

Руководствуясь правилом "трех шариков" припоя, выбираем толщину трафарета

$$S=3D, \quad (2)$$

где D — максимальный диаметр частицы припоя (для пасты COBAR S62-XM3S $D=45$ мкм).

В качестве материала для изготовления трафарета выбрана бериллиевая бронза толщиной 150 мкм. Для исключения превышения размеров апертур за счет протравов, характерных для химического травления, выбран метод изготовления трафарета лазерной резкой.

Апертуры для чип-компонентов 0805 и 1206, транзисторов SOT-23, микросхем SO-8, корпуса SMD кварца, дросселя 1006, конденсатора SMB-A уменьшены эквивалентно с каждой стороны до 80% площади соответствующих контактных площадок, для выводов SMD кварца, дросселя 1006 — разделены перемычками на более мелкие для исключения вычерпывания пасты, для микросхемы QFP-44 — уменьшены до 70% площади контактных площадок и смещены на их внешний край.

Паста наносилась при помощи металлических масок толщинами 200 и 120 мкм. Количество пасты на площадке и профиль отпечатка контролировались с помощью лазерного профиломера. Паста расплавлялась с помощью кондуктивного и конвекционного источников нагрева. Кондуктивный осуществлялся на столике с регулируемой температурой до 400°C с точностью 2 град при непрерывном контроле на микроскопе. Температура нагреваемого столика составляла 280°C, время 145–160 с. Процесс прекращался через 15 с после расплавления пасты.

Конвекционный нагрев осуществлялся при помощи промышленной печи фирмы ERSA. Режимы нагрева определялись рекомендуемым температурным профилем пайки для паяльных паст на основе сплава Sn/Pb в печах с инфракрасным нагревом [6] (рис. 2).

Предварительный нагрев снижал тепловой удар на электронные компоненты и плату. При скорости роста температуры не более 1–3°C/с происходит испарение растворителя из паяльной пасты. Высокая скорость предварительного нагрева приводит к преждевременному испарению растворителя, входящего в состав паяльной пасты, и к повреждению компонентов за счет теплового удара, разбрызгиванию шариков припоя и возникновению перемычек припоя. Разница температур предварительного нагрева и оплавления не должна превышать 100°C.

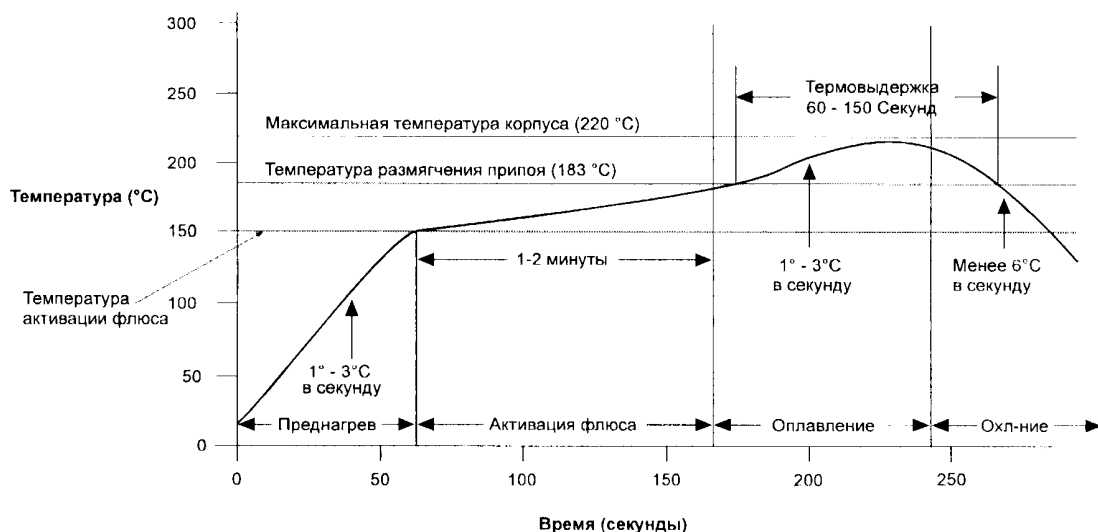


Рис. 2. Рекомендуемый температурный профиль оплавления паяльных паст на основе Sn/Pb

Стадия стабилизации позволяет активизировать флюсующую составляющую и удалить избыток влаги из паяльной пасты. Скорость роста температуры при ее возрастании от 150 до 185°C не должна превышать 0,6°C/с. На этой стадии обеспечивается нагрев всех компонентов на плате до одинаковой температуры, происходит удаление оксидной пленки с паяемых поверхностей. Время этапа активации флюса составляет 60–120 с. Если стадия стабилизации проводится недостаточное время, результатом могут быть дефекты типа "холодная пайка" и "надгробный камень".

На стадии оплавления температура повышается до расплавления паяльной пасты и происходит формирование паяного соединения. Для образования надежного паяного соединения максимальная температура пайки должна на 30–40°С превышать точку плавления паяльной пасты и составлять 205–225°С. Для предотвращения таких дефектов как холодная пайка или перемычки припоя необходимо выдержать температуру корпусов электронных компонентов выше температуры расплавления припоя в течение 60–150 с, а на этапе пайки максимальную температуру — не более 30 с. Скорость роста температуры не должна превышать 1–3°С/с.

Этап оплавления заканчивается образованием полномерных припойных галтелей. Быстрое последующее охлаждение уменьшает образование интерметаллидных соединений, однако нельзя забывать о термических напряжениях, приводящих к повреждению компонентов при слишком большой скорости охлаждения. Скорость охлаждения платы не должна превышать 6°С/с. Качество доз припоя контролировалось на контактных площадках с прямой и обратной стороны подложки визуальным осмотром. Затем выполнялись шлифы поперечных сечений отверстий в платах, которые исследовались под микроскопом с увеличением 250 раз.

Результаты исследований

В области отверстий диаметром 200–250 мкм независимо от вида нагрева не наблюдались разбрызгивания и остатки зерен паяльной пасты (рис. 3,а). В контрольной области, сформированной нанесением защитной маски на плату и нанесением пасты, остатки зерен были (рис.3,б).

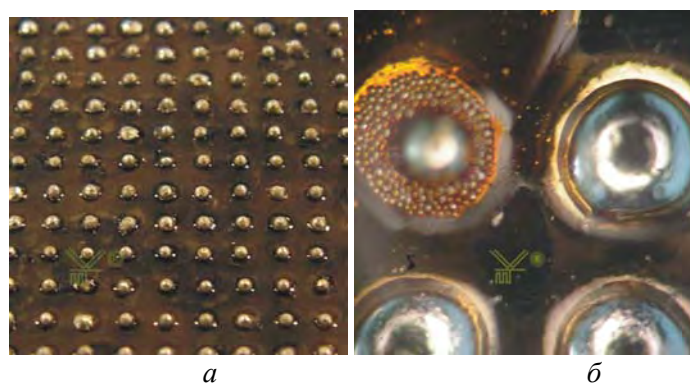


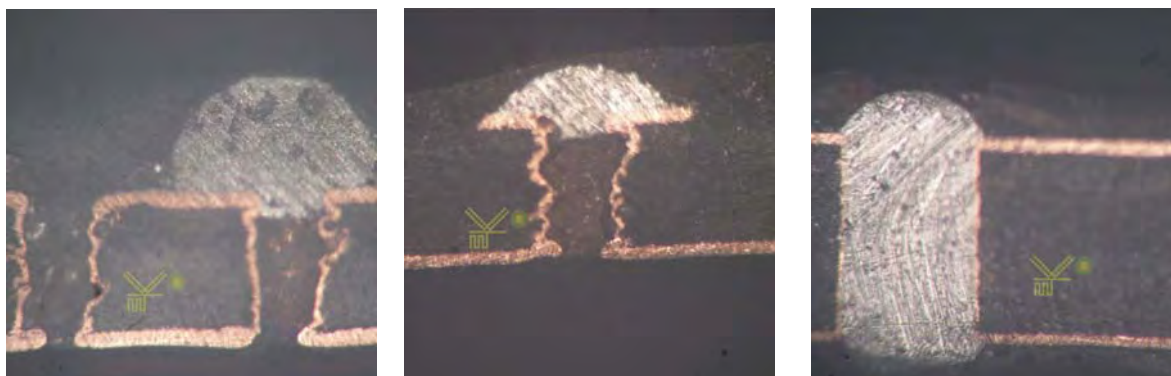
Рис. 3. Внешний вид доз припоя на плате (а) и их структура (б)

На затекание в отверстия влияет первоначальное заполнение отверстий пастой в процессе нанесения. Поэтому были сделаны отпечатки при разных углах ракеля. При угле меньше 40 град заполняются отверстия диаметром 0,5–0,7 мм, а для отверстий, выполненных лазером, заполнение практически отсутствует.

При механически выполненных отверстиях больших диаметров припой затекает в них и заполнение отверстий зависит от количества пасты, попавшей в них во время нанесения. Если угол наклона ракеля при нанесении пасты менее 40 град, то отверстия в плате заполняются полностью припоем и формирование межсоединений под контактной площадкой невозможно.

На рис. 4 показан результат растекания бессвинцовой паяльной пасты при кондуктивном нагреве и лазерном формировании отверстия без образования площадок — слева и при конвекционном нагреве с сформированных площадок — справа. Заполнение припоем отверстий отсутствует, поэтому возможен переход на нижележащий уровень соединений прямо под площадкой.

После регулировки режимов ИК конвекционного нагрева получен профиль пайки, соответствующий рекомендуемому для оплавления пасты COBAR S62-XM3S.



a

б

в

Рис. 4. Растекание припоя при кондуктивном (*a*), конвекционном нагреве (*б*) и большом диаметре отверстий (*в*)

После проведения корректирующих действий была запаяна партия изделий в количестве 200 шт. Соответствие нового разработанного трафарета стандарту IPC-7525 позволило уменьшить число дефектов, таких как "шарики припоя", до 1,5% от общего числа паяемых изделий, спаи выводов — до 1%.

Заключение

Экспериментально установлено, что для бессвинцовых паст при лазерном сверлении отверстий с диаметром менее 300 мкм заполнение припоем отверстий при всех видах покрытий отсутствует. При механически просверленных отверстиях диаметром 350–600 мкм их заполнение припоем зависит от угла наклона ракеля при нанесении пасты. При отверстиях диаметром больше 400 мкм, практически весь припой стекается в них до полного заполнения. В случае применения SMD с матричными выводами возможен переход на нижележащий уровень прямо под контактной площадкой, если диаметр отверстий меньше 250 мкм. Установка температурного профиля ИК-пайки в соответствии с рекомендуемым позволила полностью исключить непропаи соединений и "холодные" пайки и снизить до минимума другие дефекты.

INTERCONNECTIONS FORMATION AT BILATERAL SURFACE MOUNT TECHNOLOGY

V.H. VIDEKOV, V.L. LANIN, T.G. GEORGIEVA

Abstract

Process of interconnections formation by fusion Pb-free soldering pastes is investigated at conductive and convection heating for payments with bilateral surface mount technology. It is established, that at laser drilling apertures in diameter less than 300 microns and application Pb-free soldering pastes transition to a under laying level under a contact platform is possible.

Литература

1. *Strauss R.* Surface Mount Technology. Manchester: But.-Heinemann, 1994. 361 p.
2. *Lopez E.P., Vianco P.T., Rejent J.A.* // J. of Electronic Materials. 2005. Vol. 34, № 3. P. 299–310.
3. *Manko H.H.* Solders and Soldering. New York, McGraw-Hill, 2001.
4. IPC-7525 Stencil Design Guidelines // Руководящие указания по конструированию трафаретов.
5. Lead-Free Soldering in Electronics / Ed. by K. Suganuma. New York: Marcel Dekker, Inc, 2004.
6. *Wassink K.R.J.* Soldering in Electronics. Ayr. Scotland, Electrochem. Publ. 2001.