

Бесвинцовые припой

В последние несколько лет стремительно развивался процесс перехода к новому типу припоев – бесвинцовым припоям. Родоначальниками в данной области считаются японские производители, которые уделяют большое внимание охране окружающей среды и стремятся получить новую безопасную и перспективную технику сборки печатных плат.

Основными причинами перехода к новому типу припоев (помимо экологической безопасности) являются более высокие эксплуатационные характеристики таких припоев. Однако существует ряд причин, по которым промышленное применение такого типа припоев до сих пор ограничено. Дело в том, что бесвинцовый тип припоев имеет более высокую температуру пайки, что сказывается на сложности паяльного оборудования: приходится выдерживать более узкую границу термопрофиля (рис. 1).

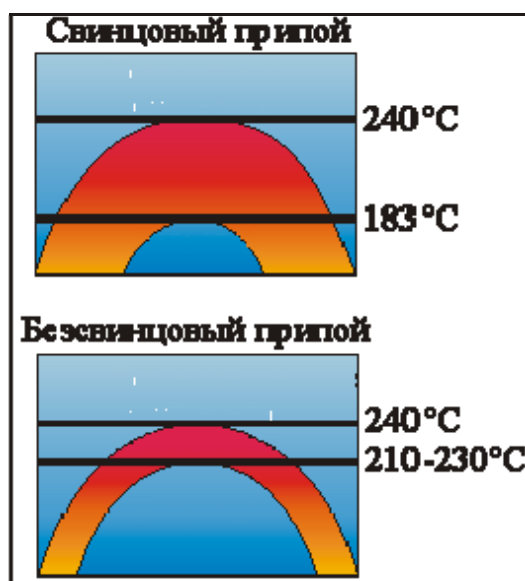


Рис. 1.

Оборудование должно иметь термодатчики расположенные по всей площади нагрева печатной платы и контролировать термопрофиль в режиме реального времени.

Естественно, что переоборудование сборочного цеха для использования бесвинцового типа припоев экономически невыгодно для производителей, однако, по мнению специалистов, борьба за чистоту окружающей среды и требования к повышению качества пайки при постоянной тенденции уменьшения размеров устройств, приведут к полному переходу электронной промышленности на бесвинцовые припои к концу 2005 года.

Подбор оптимального термопрофиля

При использовании бесвинцовых припойных паст разница температур между участками плат с большей массой и меньшей должна быть минимальной. Это достигается правильно подобранным температурным профилем пайки. Уменьшить разницу температур позволяют следующие методы:

1. Увеличение времени предварительного нагрева. Этот метод позволяет в значительной степени уменьшить температурную разницу, однако при увеличении времени предварительного нагрева происходит испарение флюса, что приводит к ухудшению смачиваемости из-за окисления спаиваемых поверхностей.
2. Увеличение температуры предварительного нагрева. Обычно температура

предварительного нагрева 140-160°C, однако для бессвинцовых припойных паст она может быть увеличена до 170-190°C. Так как температура преднагрева повышена, скачок температур между этапом преднагрева и пайки будет меньше чем в обычном термопрофиле, следовательно не будет такой заметной разницы температур различных участков печатной платы, вызванной разной скоростью нагрева. Недостаток этого метода, как и предыдущего, заключается в быстром испарении флюса (еще на этапе предварительного нагрева), что сказывается на надежности пайки.

3. Трапециевидный термопрофиль (рис. 2).

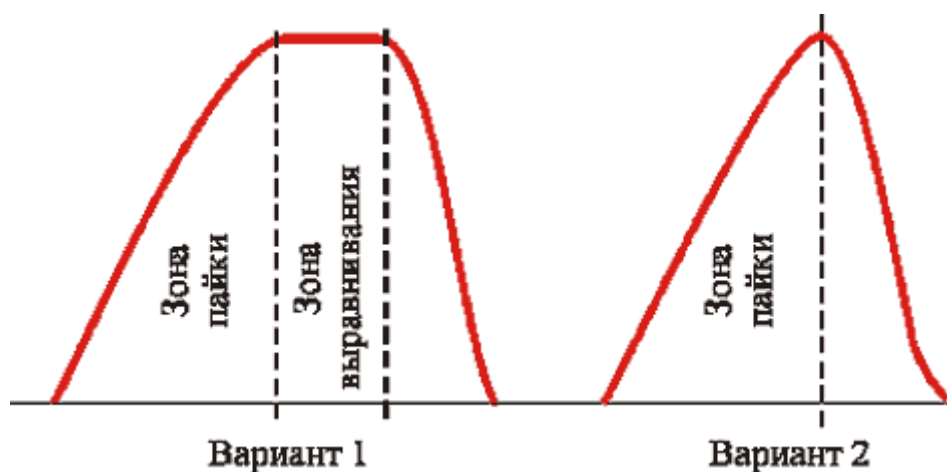


Рис. 2.

Используя такую форму термопрофиля современные печи оплавления позволяют уменьшить температурную разницу между 45 мм BGA и корпусом SO микросхемы до 8°C, что считается приемлемым.

Основные типы бессвинцовых припоев

Существует 5 основных групп бессвинцовых припоев:

1. SnCu Медьсодержащие эвтектические припои изначально создавались для пайки печатных плат волной припоя. Недостатком этого типа является высокая температура расплавления и худшие механические свойства по сравнению с другими бессвинцовыми припоями.

2. SnAg Серебросодержащие припои используются в качестве бессвинцовых припоев уже много лет. Они имеют хорошие механические свойства и лучше паяются чем медьсодержащие припои. Эти припои также являются эвтектическими, температура расплавления 221°C. Сравнительные тесты пайки таким типом припоя и обычным свинецсодержащим припоем показывают значительное преимущество бессвинцового припоя по надежности пайки.

3. SnAgCu Сплав олова серебра и меди является трехкомпонентным эвтектическим припоем. Он использовался задолго до появления серебросодержащего припоя. Преимущество такого типа заключается в более низкой температуре расплавления (217°C). Соотношение компонентов в таком припое является по сей день предметом постоянных дискуссий. Припой с составом 95,5%Sn+3,8%Ag+0,7Cu рекомендован для Brite-Euram project (European Research in Advanced Materials). Этот проект показал, что такой тип припоя обладает лучшей надежностью и спаиваемостью чем серебро- и медьсодержащие бессвинцовые припои. Добавление сурьмы (0,5%Sb) позволило приспособить этот тип припоя для пайки волной. Этот тип припоя используется в

промышленности наряду с серебросодержащим. Предпочтение тому или иному типу отдается исходя из экономических соображений и оборудования производства.

4. SnAgBi (Cu) (Ge). Низкая температура плавления такого сплава сильно повышает надежность пайки. Температура расплавления такого типа припоя в различных сочетаниях соотношений металлов колеблется в диапазоне 200-210°C. Компания Matsushita подтвердила, что этот тип припоев обладает лучшей спаиваемостью среди бессвинцовых припоев. Добавление Cu и/или Ge улучшает прочность паяного соединения, а также смачиваемость спаиваемых поверхностей припоем. Значительная тенденция такого типа припоев образовывать припойные перемычки по сравнению с другими бессвинцовыми припоями может быть уменьшена добавлением других примесей.

5. SnZnBi Этот тип припоев имеет температуру расплавления близкую к эвтектическим свинецсодержащим припоям, однако наличие Zn приводит ко многим проблемам связанным с их химической активностью:

1.	Малое	время	хранения	припойной	пасты
2.	Необходимость		использования	активных	флюсов
3.	Чрезмерное		шлакование	и	окисление
4.	Потенциальные	проблемы	коррозии	при	сборке

Использование такого типа припоев рекомендуется для пайки в среде защитного газа.

Для сборки особо важных устройств (оборонная промышленность, автономные устройства) рекомендуется использование высококачественных SnAgCu припоев с добавкой (при необходимости) Sb. Для профессиональной техники (промышленность, системы связи) рекомендуется использование SnAgCu или SnAg двухкомпонентных эвтектических припоев. Для техники широкого потребления (TV, аудио- видео, офисное оборудование) может использоваться широкий диапазон сплавов, таких как SnAgCu(Sb) и сплавов SnAg группы. В меньшей степени используются SnCu и SnAgBi припои – их выбор обусловлен финансовой политикой компаний (в основном по отношению к Bi содержащим припоям).

Сегодня выдано множество патентов на сплавы различных составов для замены свинцовых припоев. Не все сплавы коммерческие, но выбор достаточно широкий. В настоящее время сложно ответить на вопрос, какой сплав самый лучший, однако выбор уже есть. Сплавы отличаются как по температуре плавления, так и по смачиваемости, прочности, стоимости. Каждый припой обладает уникальным сочетанием свойств.

При переводе изделий на бессвинцовую пайку приходится учитывать целый ряд факторов. Припои подбирают, исходя из особенностей конструкции устройства, топологии печатной платы, механических и электрических характеристик блока, условий его эксплуатации. При выборе учитывают также температуру плавления припоя, надежность паяных соединений, устойчивость монтируемых компонентов к температуре пайки, различия режимов при пайке оплавлением и волной припоя.

Основной критерий при выборе припоя – это температура плавления. Все припои по этому признаку можно разделить на четыре группы: низкотемпературные (температура плавления ниже 180°C), с температурой плавления, равной эвтектике Sn63/Pb37 (180...200°C), со средней температурой плавления (200...230°C) и высокотемпературные (230...350°C). Основные типы бессвинцовых припоев приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные типы бессвинцовых припоев

Тип	Состав (мас. части), %	Температура плавления, °С
<i>Низкотемпературные бессвинцовые припои</i>		
Sn/Bi (олово/висмут)	Sn42/Bi58	135...140 (эвтектика)
Sn/In (олово/индий)	Sn48/In52	115...120 (эвтектика)
Bi/In (висмут/индий)	Bi67/In33	107...112
<i>Низкотемпературные бессвинцовые припои для замены эвтектики Sn/Pb</i>		
Sn/Zn (олово/цинк)	Sn91/Zn9	195...200
Sn/Bi/Zn (олово/висмут/цинк)	Sn89/Zn8/Bi3	189...199
Sn/Bi/In (олово/висмут/индий)	Sn70/Bi20/In10	143...193
<i>Среднетемпературные бессвинцовые припои</i>		
Sn/Ag (олово/серебро)	Sn96,5/Ag3,5	221 (эвтектика)
Sn/Ag (олово/серебро)	Sn98/Ag2	221...226
Sn/Cu (олово/медь)	Sn99,3/Cu0,7	227 (эвтектика)
Sn/Ag/Bi (олово/серебро/висмут)	Sn93,5/Ag3,5/Bi3	206...213
Sn/Ag/Bi (олово/серебро/висмут)	Sn90,5/Ag2/Bi7,5	207...212
Sn/Ag/Cu	Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7	217 (эвтектика)
Sn/Ag/Cu/Sb (олово/серебро/медь/сурьма)	Sn96,7/Ag2/Cu0,8/Sb0,5	216...222
<i>Высокотемпературные бессвинцовые припои</i>		
Sn/Sb (олово/сурьма)	Sn95/Sb5	232...240
Sn/Au (олово/золото)	Au80/Sn20	280

Низкотемпературные припои имеют ограниченное применение. В их состав входят, кроме олова, висмут и индий. Самые распространенные эвтектические сплавы – олово-висмут и олово-индий. Трудно ожидать, что сплавы с низкой температурой плавления обеспечат надежные паяные соединения при высоких температурах эксплуатации. Существуют также ограничения по поставкам индия и висмута, высока стоимость припоев на их основе.

Большинство среднетемпературных припоев для замены свинца – это сложные по составу сплавы на основе олова с добавлением меди, серебра, висмута и сурьмы. К сожалению, ни один из них не может полностью заменить Sn63/Pb37, у всех сплавов выше температура плавления. Наиболее близкий по своим свойствам припой Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7 сегодня используется для пайки оплавлением при поверхностном монтаже.

Сплавы с большим содержанием свинца имеют температуру плавления около 230°C. В этом температурном диапазоне практически отсутствуют бессвинцовые припои для замены. Самый дешевый заменитель – это припой Sn99,3/Cu0,7, который рекомендован для пайки волной припоя. Недостаток Sn/Cu-припоев – высокая температура плавления (227°C для эвтектики) и низкая прочность. Предпочтительны эвтектические сплавы, поскольку их кристаллизация происходит в узком температурном диапазоне, при этом отсутствует смещение компонентов, в результате чего достигается более высокая надежность соединений (меньше вероятность получения «холодных» паек).

Лучшими свойствами обладают сплавы Sn/Ag, у них более высокая смачиваемость и прочность по сравнению с Sn/Cu. Эвтектический сплав Sn96,5/Ag3,5 с температурой плавления 221°C при испытаниях на термоциклирование показал более высокую надежность по сравнению с Sn/Pb. Припой Sn96,5/Ag3,5 многие годы успешно применяется в специальной аппаратуре.

Эвтектический припой Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7 был получен в результате доработки базового сплава Sn/Ag. Несколько лет назад этот сплав был неизвестен, поскольку припой Sn/Ag/Cu имел более низкую точку плавления (217°C) по сравнению с Sn/Ag. Точный состав этого припоя по-прежнему остается предметом для обсуждения. Sn/Ag/Cu может быть использован для получения как универсальных, так и высокотемпературных припоев.

Sn93,5/Ag3,5/Bi3 имеет более низкую температуру плавления и более высокую надежность паяных соединений. Сплав обладает наилучшей паяемостью среди всех бессвинцовых припоев. Добавление меди и/или германия к Sn/Ag/Bi значительно повышает смачиваемость, а также прочность паяного соединения.

Припой Sn89/Zn8/Bi3 имеет температуру плавления, близкую к эвтектике Sn/Pb, однако наличие в его составе цинка приводит к ряду проблем. Припойные пасты на этой основе имеют короткое время жизни, требуется флюс повышенной активности, при оплавлении образуется труднорастворимая окалина, паяные соединения подвержены коррозии, требуется обязательная промывка соединений после пайки.

National Electronics Manufacturing Initiative (NEMI) рекомендует для пайки оплавлением сплав Sn_{3,9}/Ag_{0,6}/Cu, для пайки волной – менее дорогие припои Sn_{0,7}/Cu и Sn_{3,5}/Ag, поскольку во втором случае требуются большие объемы припойного материала. Такого же мнения придерживается и европейский консорциум IDEALS. В настоящее время эта организация занята изучением сплава Sn/Ag_{3,8}/Cu_{0,76}, считая его пригодным как для оплавления и пайки волной, так и для ремонтных работ.

JEIPA предлагается три сплава для замены Sn/Pb – олово/серебро/медь (Sn/Ag/Cu) и два сплава на основе олово/серебро/висмут (Sn/Ag/Bi). Другие производители рассматривают возможность использования нескольких бессвинцовых припоев, включая Sn/Ag/Bi, лучший из которых определится в процессе промышленных испытаний.

Самая последняя информация приводится на сайтах производителей.

Результаты проводимых во многих странах исследований говорят о том, что на сегодняшний день лидером в бессвинцовой гонке являются сплавы системы Sn/Ag/Cu. Возможно, через некоторое время будут найдены и другие составы.