

Водосмываемые паяльные пасты для пайки электронных компонентов

Водосмываемые паяльные пасты, разработанные для трафаретной печати, обеспечивают высокую точность дозирования и обладают коррозионной стойкостью. Связующие, входящие в состав паяльных паст, отмываются в ультразвуковых ваннах дистиллированной водой.

Олег Шапошников

o.shaposhnikov@list.ru

Владимир Ланин
Светлана Зернина
Марина Алтухова

Введение

Важными аспектами, определяющими научно-технический уровень современных СВЧ-устройств, являются высокая надежность при малых габаритах и весе, невысокая себестоимость, малые потери энергии в проводниках, большая мощность рассеяния и возможность автоматизации технологии их изготовления [1].

В производстве современных СВЧ-модулей сборка и монтаж навесных элементов (резисторов, конденсаторов, микросхем типа BGA и др.) считается наиболее трудоемкой операцией, которая требует нанесения на платы паяльной пасты. Паяльную пасту в строго заданном количестве наносят через трафарет на контактные площадки платы, а затем размещают навесные элементы и проводят пайку оплавлением дозированного количества пасты. Разработано и выпускается достаточно большое количество ручного, полуавтоматического и автоматического оборудования для нанесения паяльных паст, монтажа и пайки [2]. Однако статистические данные показывают, что до 64% отказов электронных модулей возникают на этапе нанесения и оплавления паяльной пасты [3].

В электронной и радиотехнической промышленности получил распространение наиболее прогрессивный метод монтажа с использованием трафаретной печати паяльной пастой. Трафаретная печать требует определенных свойств паяльной пасты, а именно:

- хороших тиксотропных свойств и сохранения формоустойчивости дозы пасты на контактных площадках;
- хорошей смачиваемости и растекания расплавленного порошка припоя, входящего в состав пасты, по контактным площадкам;
- отсутствия окисления порошка припоя, входящего в состав пасты;
- однородности состава по всему объему в течение времени хранения при определенных условиях.

Не менее важно обеспечить тщательную отмывку мест пайки и флюса-связки, входящего в состав пасты, а также коррозионную стойкость соединений, паянных паяльной пастой. Традиционно в качестве флюса используют спиртовые растворы канифоли, в которых главный компонент — абетиновая кис-

лота, способная растворять оксиды металлов с образованием комплексных соединений. Сухой канифоли свойственна нейтральная некоррозионная среда, но ее спиртовые растворы имеют коррозионную агрессивность, проявляющую себя, в частности, в контакте с медью [4].

Поставлена задача оценить качество и свойства вновь разработанных паяльных паст для монтажа электронных компонентов и предназначенных для нанесения методом трафаретной печати.

Свойства паяльных паст для трафаретной печати

Основные свойства и химический состав слабоактивированных некоррозионных припойных паст, разработанных на предприятии для трафаретной печати, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства слабоактивированных паяльных паст

Марка пасты	Состав припоя	Размер частиц, мкм	Характеристика
ПОС 61-КТП	Sn 59-61 Pb 39-41	25–45	Канифольная, водосмываемая
ПОСК 50-18 КТП	Sn 49-51 Pb-30-34 Cd-17-19	25–45	Канифольная, водосмываемая
ПОС 61-ТГ	Sn 59-61 Pb 39-41	25–45	Водосмываемая
ПОСК 50-18 ТГ	Sn 49-51 Pb-30-34 Cd-17-19	25–45	Водосмываемая
ПОС 61-ТГК	Sn 59-61 Pb 39-41	25–45	Канифольная, водосмываемая
ПОСК 50-18 ТГК	Sn 49-51 Pb-30-34 Cd-17-19	25–45	Канифольная, водосмываемая
ПОС 61-КТЩе	Sn 59-61 Pb 39-41	25–45	Канифольная, водосмываемая
ПОСК 50-18КТЩе	Sn 49-51 Pb-30-34 Cd-17-19	25–45	Канифольная, водосмываемая

На протяжении длительного времени паяльные пасты № 1 и 2 используются на предприятии и хорошо себя зарекомендовали при производстве СВЧ-микросборок [5, 6]. Вновь разработанные паяльные пасты № 3–8 обладают преимуществом хорошей отмывки дистиллированной водой. Для оценки техно-

логических свойств паяльных паст выбраны наиболее важные их параметры:

- коэффициент растекания пасты при комнатной температуре;
- флюсующая активность составляющих паяльных паст;
- коррозионная активность флюса-связки паяльной пасты;
- степень очистки флюса-связки после оплавления.

При определении коэффициента растекания при комнатной температуре, паяльные пасты через трафарет толщиной 150 мкм и диаметром отверстия 0,3 мм наносили на пластины из поликора. Диаметры отпечатков измеряли с помощью микроскопа МБС-10 при 16-кратном увеличении. Коэффициент растекания определяли как:

$$K_p = (D_2/D_1) \times 100\%,$$

где D_1 и D_2 — диаметры отпечатков пасты сразу после нанесения и через 1 ч выдержки.

В таблице 2 представлены данные коэффициентов растекания паст на основе порошка ПОС 61 при комнатной температуре.

Таблица 2. Коэффициенты растекания паст на основе порошка ПОС 61

Паста	Коэффициент растекания
ПОС 61-КТП	4,4%
ПОС 61-ПГ	1,6%
ПОС 61-ПГК	0%
ПОС 61-КПЩе	0%

Отпечатки паст № 5 и 7 имеют четкую форму, флюс-связка не выделяется на поверхность дозы. Паяльные пасты № 1 и 3 имеют незначительный коэффициент растекания, от 1,6 до 4,4%. В этих пастах на поверхности отпечатка выступает тонкий слой флюса-связки. Коэффициент растекания зависит от реологических свойств паяльной пасты. Тиксотропность паяльных паст обеспечивает формирование четких отпечатков, позволяющих закреплять паяемые элементы на контактных площадках и не образовывать мостики (перемычки) между ними. В качестве тиксотропного материала в пастах № 1–2 и № 7–8 использовали полиэтиленгликоль с молекулярной массой 1500–2000.

Исследования показали, что на все перечисленные свойства оказывает влияние качество канифоли и ее марка. Особенно это выражено в пастах № 1 и 2. В зависимости от кислотного числа паяльная паста имеет различный срок хранения и различные реологические свойства. Применение канифоли с кислотным числом 168–169 позволяет на протяжении длительного времени (6 месяцев) сохранять эластичность и формоустойчивость, что важно для трафаретной печати. Правильно подобранное процентное соотношение растворителей (триэтанолamina, этиленгликоля и др.) гарантирует четкость отпечатка (рис. 1).

Флюсующая активность паяльных паст зависит от состава флюса-связки и качества порошка припоя. Во всех составах использовали порошки припоев ПОС 61 и ПОСК 50-18

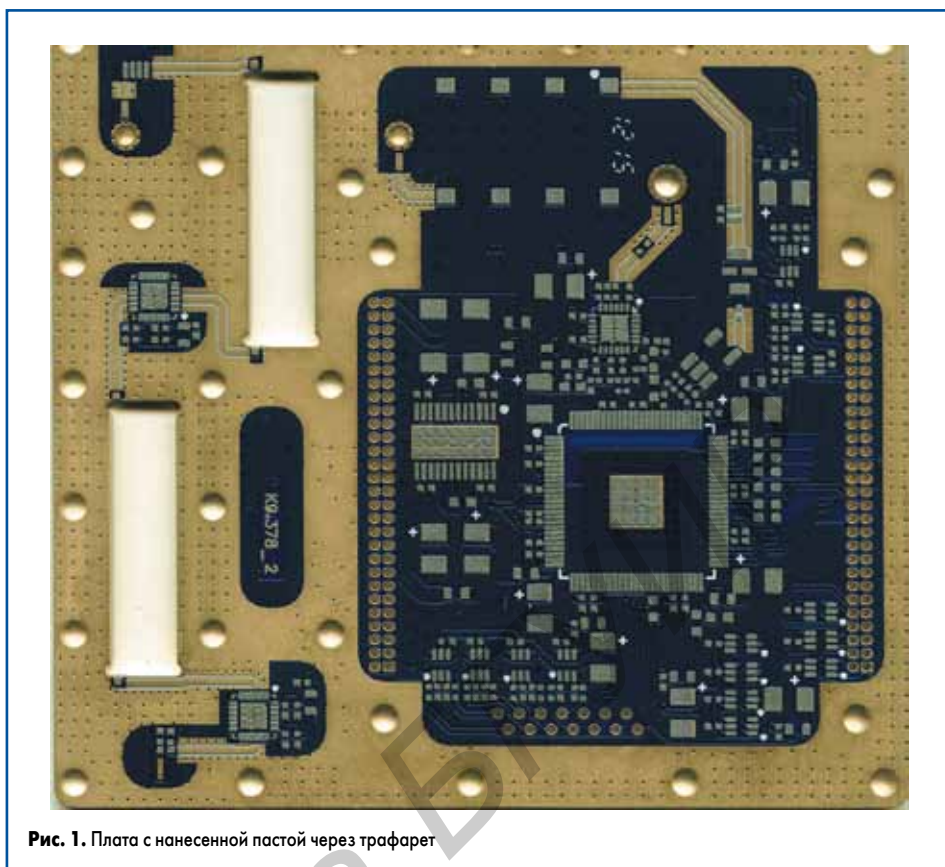


Рис. 1. Плата с нанесенной пастой через трафарет

одной партии, полученные ультразвуковым распылением в защитной атмосфере [7].

Для распыления припоя применяют УЗ-установки на магнитострикционных или пьезоэлектрических преобразователях (рис. 2). Заготовка в виде прутка припоя подается в зону плавления высокочастотного индуктора, а затем капли припоя попадают на колеблющийся волновод и распыляются в защитной среде. Распыление происходит в среде азота с производительностью до 1 кг/ч. В установках получают порошки припоев ПОС 61, ПОИн-52, ПОСК 50-18 с размером сферических частиц 10–160 мкм, в которых содержание кислорода по массе из за распыления в среде инертного газа не превышает $5 \times 10^{-2}\%$.

Паяльные пасты наносили через трафарет на образцы в виде пластин из меди толщиной 0,4 мм, покрытые сплавами олово-висмута, серебра-сурьмы, а также на контактные площадки плат, покрытые гальваническим и иммерсионным золотом и горячим оловом. Оплавление



Рис. 2. УЗ-установка получения порошка припоя

паяльных паст проводили в конвекционной печи SM 500 CXE-NT по термопрофилю в соответствии с температурой плавления припоев и пайки навесных элементов. Флюсующую активность оценивали по коэффициенту растекания паяльной пасты после оплавления:

$$K = S_1/S_0,$$

где S_0 — площадь отпечатка паяльной пасты, S_1 — площадь растекания после оплавления пасты.

В таблицах 3 и 4 приведены результаты флюсующей активности паяльных паст на основе порошков припоев ПОС 61, ПОСК 50-18.

Таблица 3. Коэффициенты растекания паст на основе припоя ПОС 61

Покрывтие	Способ нанесения покрытия	Паста			
		№ 1	№ 3	№ 5	№ 7
Золото	Гальванический	2,05	1,9	1,3	2,3
	Иммерсионный	2,7	2,7	2,4	1,4
Серебро-сурьма	Гальванический	1,1	0,97	1,5	1
Олово-висмут	Гальванический	8	5,1	6,2	13
Горячее олово	Лужение	0,8	1,04	0,76	3,3

Таблица 4. Коэффициенты растекания паст на основе припоя ПОСК 50-18

Покрывтие	Способ нанесения покрытия	Паста			
		№ 2	№ 4	№ 6	№ 8
Золото	Гальванический	1,3	1,4	1	2
	Иммерсионный	1	1	0,9	1
Олово-висмут	Гальванический	8,9	12,3	7,6	13
Серебро-сурьма	Гальванический	0,85	1,1	1	0,6
Горячее олово	Лужение	0,8	1,2	1,1	1,86

Практически все составы паст имеют коэффициент растекания $K_p > 1$ или близкий к 1, что соответствует ОСТ4 ГО.033.200. Высокие показатели коэффициента присущи олово-висмутному покрытию и гальваническому золоту для всех паст. Пасты № 1, 2, 5, 6 имеют $K_p < 1$ на образцах с покрытием горячим оловом. Вероятной причиной является наличие прочной оксидной пленки олова и частичное растворение его в расплаве припоя.

Коррозионную активность определяли после оплавления паяльных паст по массовому показателю коррозии на образцах в виде медных дисков диаметром 25 мм толщиной 0,4 мм, покрытых олово-висмутом толщиной 6–9 мкм. Образцы загружали в бюксы с флюсом-связкой и выдерживали 24 ч. Массовый показатель коррозии определяли как:

$$L = (m_1 - m_2) / S \times t,$$

где m_1 и m_2 — исходная масса образца и его масса после воздействия флюса, S — площадь образца, t — время воздействия.

Кроме того, часть медных непокрытых образцов помещали в бюксы с флюсом-связкой на длительное время с замером массы образцов в исходном состоянии и через определенные промежутки времени. Хорошую флюсоустойчивость, как правило, обеспечивают флюсо-связки, содержащие активные составляющие, которые дают возможность развиваться после некачественной очистки коррозионным процессам на границе припоя и покрытия.

В таблице 5 приведены данные по сопротивляемости коррозионному разрушению олово-висмутного покрытия во флюсах-связках, входящих в состав паяльных паст.

Таблица 5. Массовый показатель коррозии

Флюс-связка паст	Массовый показатель коррозии, г/см ² ·с
ПОС 61-КТП	0
ПОС 61-ТГ	$0,16 \times 10^{-5}$
ПОС 61-ТГК	0
ПОС 61-КТЩе	0

Расчетные значения массового показателя коррозии показывают, что флюсо-связки, содержащие в своем составе канифоль, не вызывают коррозии покрытия. Наблюдается незначительная коррозия на образцах с паяльной пастой № 3, 4, вызванная тем, что в составе

флюса-связки содержится аммоний лимоннокислый.

Кроме того, чтобы определить, насколько активными являются применяемые в паяльных пастах флюсо-связки, проведен тест на коррозию медной пластинки при длительной выдержке. Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6. Коррозионные свойства медной пластины в течение испытаний

Паста	Масса образцов начальная, г	Масса образцов через 12 месяцев, г	Масса образцов через 24 месяца, г	Масса образцов через 30 месяцев, г	Изменение массы, г
ПОС 61-КТП	0,5998	0,5998	0,5998	0,5998	0
	0,6067	0,6067	0,6066	0,6066	0
ПОС 61-ТГ	0,5866	0,5864	0,5864	0,5862	0,0004
	0,5908	0,5906	0,5906	0,5905	0,0003
ПОС 61-ТГК	0,5888	0,5885	0,5878	0,5878	0,001
	0,5854	0,5850	0,5848	0,5848	0,0006
ПОС 61-КТЩе	0,5961	0,5961	0,5961	0,5961	0
	0,5832	0,5832	0,5832	0,5832	0

Незначительное изменение массы произошло у образцов, находящихся во флюсо-связке паяльных паст № 3 и 5 в течение 30 месяцев, что свидетельствует о слабом коррозионном воздействии этих флюсов. Использование ультразвуковой очистки в моющих жидкостях практически полностью исключает наличие коррозии в паяных соединениях.

Условия эксплуатации изделий ответственного назначения требуют выполнения очистки плат с навесным монтажом. Паяльные пасты № 3–8 являются водорастворимыми, поэтому очистку проводили в дистиллированной воде в ультразвуковой ванне. Степень очистки от остатков флюса-связки определяли по электропроводности дистиллированной воды с помощью прибора ИЭВ-1. Измеряли исходное значение дистиллированной воды, затем образцы плат с нанесенными составами оплавливали в конвекционной печи. Очистку плат проводили в ультразвуковой ванне при температуре воды +40...+50 °С и времени озвучивания 180 с. Очищенные образцы помещали в дистиллированную воду на 120 с, а затем измеряли электропроводность и сравнивали с исходным значением. Паяльные пасты состава № 1 и 2 отмывались с предва-

рительной замочкой и очисткой в этиловом спирте. Результаты качества очистки приведены в таблице 7.

Таблица 7. Удельное сопротивление дистиллированной воды и спирта

Паста	Отмывочная среда	Электропроводность, 10^{-6} Сим/см	
		До отмывки	После отмывки
ПОС 61-КТП	спирт	1,5	1,5
ПОС 61-ТГ	вода дистиллированная	3,2	3,3
ПОС 61-ТГК	вода дистиллированная	3,21	3,29
ПОС 61-КТЩе	вода дистиллированная	3,2	3,31

Полученные результаты свидетельствуют о хорошем качестве очистки, что дополнительно подтверждается визуальным осмотром под микроскопом и длительными испытаниями изделий в условиях влажной среды. Разработанные паяльные пасты сохраняют свои свойства в течение шести месяцев хранения в холодильнике.

Выводы

Разработаны водосмываемые паяльные пасты для трафаретной печати, обеспечивающие высокую точность дозирования и обладающие коррозионной стойкостью. Свяжующие, входящие в состав паяльных паст отмываются в ультразвуковой ванне дистиллированной водой.

Экспериментально определены коэффициенты растекания паяльных паст на основе порошков припоев ПОС 61 и ПОСК 50-18 по паяемым поверхностям контактных площадок с различными покрытиями. Использование этих данных на практике позволяет выбирать оптимальные сочетания состава паяльных паст под покрытия, что обеспечивает получение качественных и надежных паяных соединений элементов на плате.

Литература

- Климачев И. И., Иовдальский В. А. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования. М.: Техносфера, 2006.
- Медведев А. М. Сборка и монтаж электронных устройств. М.: Техносфера, 2007.
- Вестерлакен Э. Характеристики паяльных паст: что нужно знать // Технологии в электронной промышленности. 2009. № 8.
- Медведев А. Материалы для монтажной пайки. Часть 1 // Технологии в электронной промышленности. 2006. № 5.
- Авторское свидетельство № 1365537, СССР. Паяльная паста для низкотемпературной пайки. Григорьева Е. М., Архипова Т. В. Оpubл. 21.10. 1985.
- Припой и флюсы для пайки, припойные пасты. ОСТ 4 Г 0.033.200.
- Косолапов Н. А., Рабкин В. Б., Шапошников О. А. Ультразвуковое распыление металлических расплавов. Порошки припоев для паяльных паст: Обзоры по электронной технике. Сер. 7 «Технология, организация производства и оборудование». М.: ЦНИИ «Электроника», 1990, вып. 1.