

# Улучшение паяемости внешних выводов интегральных микросхем в корпусе DIP

**Несмотря на широкое применение поверхностно-монтажных компонентов в технологии электронных модулей, монтаж выводных компонентов в металлизированные отверстия печатных плат по-прежнему остается востребованным при сборке электронных устройств. Такая технология экономически целесообразна как при ручной многономенклатурной сборке модулей с низкой плотностью компонентов в регионах с дешевой рабочей силой, так и в крупносерийном производстве, имеющем полностью автоматизированную традиционную инфраструктуру.**

**Аркадий Турцевич  
Владимир Ланин**

vlanin@bsuir.by

**Ярослав Соловьев  
Анатолий Керенцев**

akerentsev@transistor.com.by

## Введение

Многовыводные компоненты для монтажа в отверстия плат — интегральные микросхемы (ИС) в корпусах с двухрядным расположением выводов — изготавливают литыми в пластмассовых (PDIP) или керамических корпусах (CDIP). Финишное покрытие внешних выводов PDIP-корпусов состоит из никелевого гальванического покрытия поверх медной рамки и горячего лужения, которое должно обеспечивать паяемость.

Сейчас для изготовления ИС в PDIP-корпусах используются выводные рамки, изготовленные из медного сплава МЗСр с локальной полосой серебра. Наиболее часто встречающийся дефект при выходном контроле электронных модулей — это неудовлетворительное качество паяных соединений внешних выводов по критерию увеличенного содержания пустот (более 25% по IPC-A-610-D). Как правило, основная причина этого дефекта — неудовлетворительная паяемость выводов компонента. Технические условия испытаний на паяемость в международной практике регламентируют стандарты IPC j-STD 002/003, в которых по-прежнему используется метод погружения выводов в расплавленный припой и критерий приемы — 95% площади, смоченной припоём [1].

В отечественной электронной промышленности применяют испытания на паяемость по методу 402-1 ГОСТ 20.57.406-81 погружением в расплав и ускоренным старением изделий следующими методами воздействий:

- водяной пар в течение 4 ч;
- повышенная влажность: в течение 10 суток при температуре  $40 \pm 2$  °С и относительной влажности  $93 \pm 3\%$ ;
- повышенная температура: 155 °С в течение 16 ч.

После ускоренного старения изделия выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 2 ч, а затем испытывают выводы: погружают их в паяльную ванну с расплавом припоя ПОС 61 при 235 °С и наносят спиртоканифольный флюс.

После герметизации полупроводниковых приборов пресс-материалами на основе фенольных, эпоксидных либо кремнийорганических смол на выводах остается тонкий слой пластмассы, называемый облоем. Удаление облоя с выводов полупроводниковых приборов необходимо для улучшения смачиваемости их припоём при лужении и повышения надежности паяного соединения.

Более эффективным способом удаления облоя является обдув корпуса полупроводникового прибора струей сжатого воздуха, содержащего абразивный порошок с размером зерен 0,5–1,0 мм из синтетических материалов, помола твердых зерен, стеклянных шариков, а также смеси этих материалов. Полупроводниковые приборы подвергают обдуву струями в герметичной камере, содержащей распылительные сопла. В течение рабочего цикла вся поверхность корпуса обрабатываемого изделия оказывается в зоне действия сопел, одни из которых распыляют порошок снизу, а другие сверху, с независимым регулированием давления струи от 0,4 до 0,9 МПа.

Для исключения появления микротрещин в кристалле полупроводниковых приборов во время зачистки облоя, повышения процента выхода годных приборов и их эксплуатационной надежности при циклических изменениях температуры окружающей среды предложено проводить зачистку облоя перед окончательным отверждением пластмассы, а поверхность пластмассового корпуса в области расположения полупроводникового кристалла при зачистке защищать металлической полосой [2].

Перед зачисткой облоя проводится электрохимическое обезжиривание выводов: на катоде 42 мин и на аноде 21 мин. Отмечено образование на поверхности серебра налета от темно-рыжего до черного цвета, который полностью не удаляется при последующей зачистке облоя. Это вызывает ухудшение качества горячего лужения и снижает паяемость внешних выводов.

Исследовано влияние различных операций процесса подготовки внешних выводов компонентов

в корпусе PDIP на паяемость и определены причины, вызывающие в последующем дефекты паяных соединений.

**Методика подготовки внешних выводов к пайке**

До зачистки облоя изделия подвергались электрохимическому обезжириванию в растворе следующего состава: NaOH — 10–15 г/л; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — 20–30 г/л; Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> — 30–70 г/л; стекло жидкое — 10–30 г/л. Обезжиривание проводилось при температуре 65...80 °С и плотности тока 3 А/дм<sup>2</sup>. После этого выводные рамки были сгруппированы по цвету серебряного покрытия — светлое и с черным налетом, а затем выполнялась зачистка облоя, промывка, травление и горячее лужение выводов.

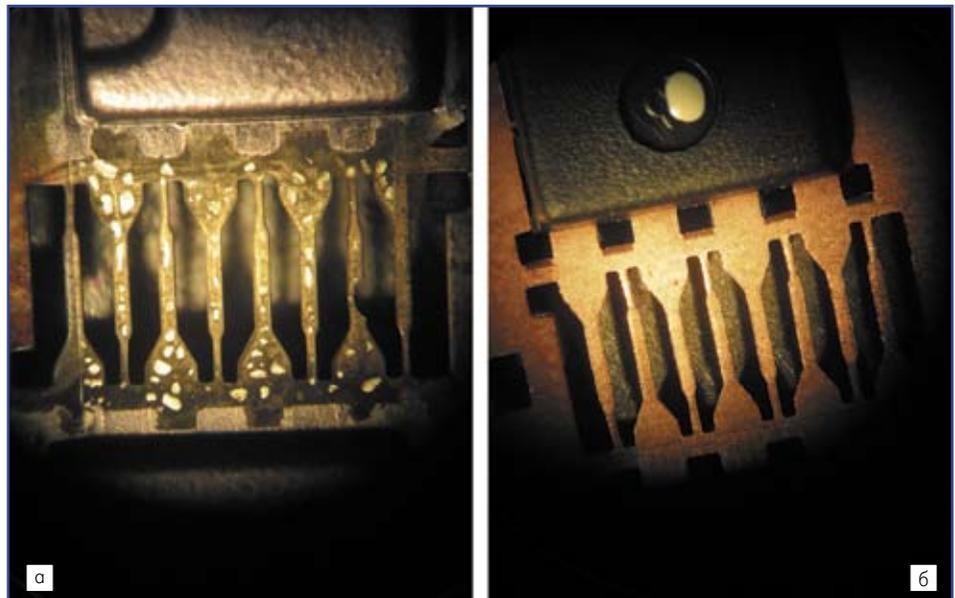
Исследовано семь вариантов обработки поверхности выводов перед лужением:

1. Зачистка абрикосовой косточкой (гранулы 0,5–0,8 мм) и отмывка.
2. Зачистка абрикосовой косточкой и отмывка в ультразвуковой ванне.
3. Обработка в диметилформамиде (ДМФ) (120 °С, 5 мин) и гидроабразивная зачистка.
4. Обработка в ДМФ (120 °С, 10 мин) и гидроабразивная зачистка.
5. Обработка в ДМФ (120 °С, 15 мин) и гидроабразивная зачистка.
6. Обработка в ДМФ (120 °С, 30 мин).
7. Обработка в ДМФ (120 °С, 30 мин) и травление.

Горячее лужение выводов осуществлялось с использованием припоя ПОС-61 и активного флюса (кислота ортофосфорная — 18%; аммоний хлористый — 9,8%; глицерин — 40%; неонол — 0,2%; остальное — вода).

Для варианта подготовки поверхности электрохимическим обезжириванием (42 мин на катоде и 14 мин на аноде) и зачисткой облоя абрикосовой косточкой качество горячего лужения неудовлетворительное: при этом выявляется до 30% брака лужения (непокрытые участки и точечные непокрытия). Установлено, что несмачивание припоем отмечается в основном на слое серебра, содержащем черный налет.

Дополнительная УЗ-отмывка рамок в установке «ПСБ-Галс», содержащей раствор тринатрийфосфата и неонла, позволяет разрыхлить черный налет, который, как правило, удаляется последующей зачисткой абрикосовой



**Рис. 1.** Внешний вид выводов после электрохимического обезжиривания и зачистки облоя: а) со стороны полосы серебра; б) с обратной стороны рамки

**Таблица.** Состояние поверхностей выводов при электрохимическом обезжиривании

Режимы	Внешний вид поверхности выводов	
	серебряной поверхности	медной поверхности
42 мин на катоде, 14 мин на аноде	80% рамок с темным налетом на поверхности серебра	Черный налет присутствует
10 мин на катоде	15% рамок со слабым потемнением серебряной полосы	Черный налет отсутствует
15 мин без наложения тока	0% Темный налет отсутствует	Черный налет отсутствует

косточкой. Однако использование ультразвука в режиме кавитации может приводить к проникновению агрессивных сред к кристаллу ИМС и снижению надежности изделий.

В вариантах с зачисткой облоя гидроабразивом и предварительной обработкой кипячением в ДМФ от 5 до 15 мин черный налет удалялся полностью и брака по лужению не было. При этом наилучший результат получен для обработки в ДМФ в течение 15 мин. При кипячении в ДМФ в течение 30 мин и последующем травлении в горячей 10%-ной серной кислоте черный налет на серебре также не возникал, и качество лужения было удовлетворительное.

**Анализ причин некачественного лужения выводов**

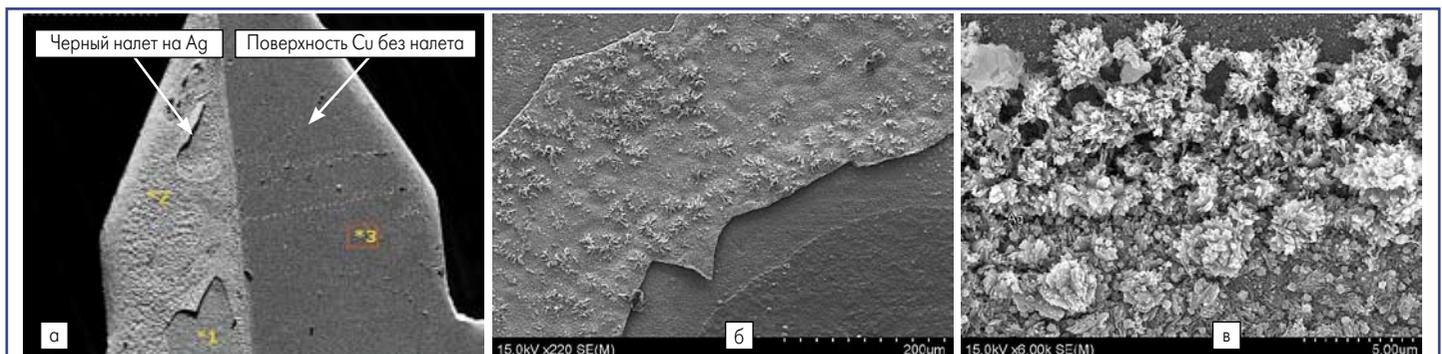
Установлено, что некачественное лужение отмечается только на тех ИС, внешние выводы которых имеют черный налет после электро-

химического обезжиривания. Поэтому оценено влияние режимов электрохимического обезжиривания при температуре 75 °С на образование черного налета на серебре (таблица).

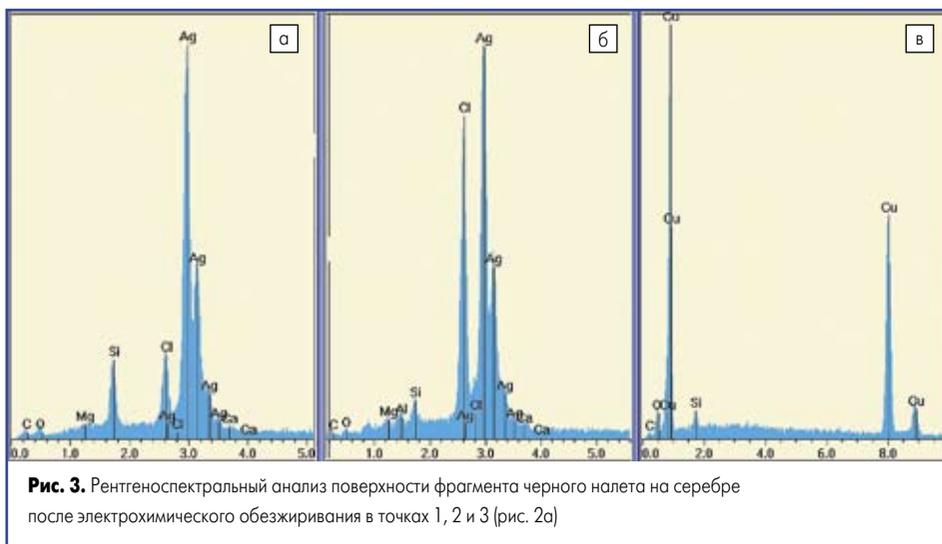
Судя по данным таблицы, темный налет на поверхности серебра возникает при длительном нахождении деталей на катоде. В то же время на обратной стороне рамки, не содержащей серебра, поверхность меди остается чистой (рис. 1).

При обработке в течение 10 мин такой налет появляется в виде слабого потемнения поверхности серебра на 15% выводных рамок, а при длительной обработке в течение 42 мин уже 80% выводных рамок имеют черный налет на серебряном покрытии.

Детальный анализ состояния поверхности после электрохимического обезжиривания с помощью растровой микроскопии выявил некоторые особенности образования черного налета (рис. 2).



**Рис. 2.** Внешний вид фрагмента выводов ИМС после электрохимического обезжиривания в течение 42 мин на катоде и 14 мин на аноде: а) медный вывод с полосой серебра; б, в) фрагменты черного налета на серебре



**Рис. 3.** Рентгеноспектральный анализ поверхности фрагмента черного налета на серебре после электрохимического обезжиривания в точках 1, 2 и 3 (рис. 2а)

Рентгеноспектральным анализом установлено, что на поверхности серебра отмечается повышенное содержание таких элементов, как Si, Cl, Ca, O<sub>2</sub> и C. Это указывает на то, что при длительной выдержке деталей на катоде отрицательно заряженные цветные металлы (медь, серебро), не растворяющиеся в щелочных растворах, притягивают к себе положительно заряженные ионы металлов, мыла и некоторых коллоидов, содержащихся в электролите. При этом на деталях образуется рыхлый налет.

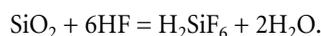
Следует отметить, что в составе обезжиривающего раствора присутствуют компоненты, обладающие эмульгирующим действием: тринатрийфосфат Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и жидкое стекло (Si, K, O<sub>2</sub>). В этом заключен существенный недостаток: в случае плохой промывки после обезжиривания при последующем активировании в слабокислом растворе неотмытое жидкое стекло под действием кислоты разлагается с образованием нерастворимой пленки оксида кремния [3]. Кроме того, в процессе обезжиривания на аноде в результате выделения кислорода происходит дополнительная пассивация серебра.

Анализ спектра медной поверхности (рис. 3в) показывает присутствие в основном таких элементов, как Si и O<sub>2</sub>, но при этом пики заметно меньшей интенсивности, чем на серебряной поверхности, что связано с их более низким электрохимическим потенциалом по сравнению с серебром.

Применение флюса на основе ортофосфорной кислоты для горячего лужения показало, что присутствие темного налета на выводах приводит к ухудшению качества горячего лужения (рис. 4). Кроме того, при касании тела корпуса ИС расплавом припоя при 270...310 °С происходит выгорание флюса с образованием белого твердого налета на поверхности корпуса, который полностью не отмывается (рис. 5). Белый налет представляет собой, как правило, продукты разложения ортофосфорной кислоты.

Следует отметить, что наплывы и неравномерность слоя припоя на выводах являются исправимым браком, а непокрытые участки с характерными оксидами из-за несмачиваемости припоем выводов, имеющих загрязнения, состоящих из оксида кремния, которые не могут быть удалены химически ни в одном имеющемся травителе на участке гальваники.

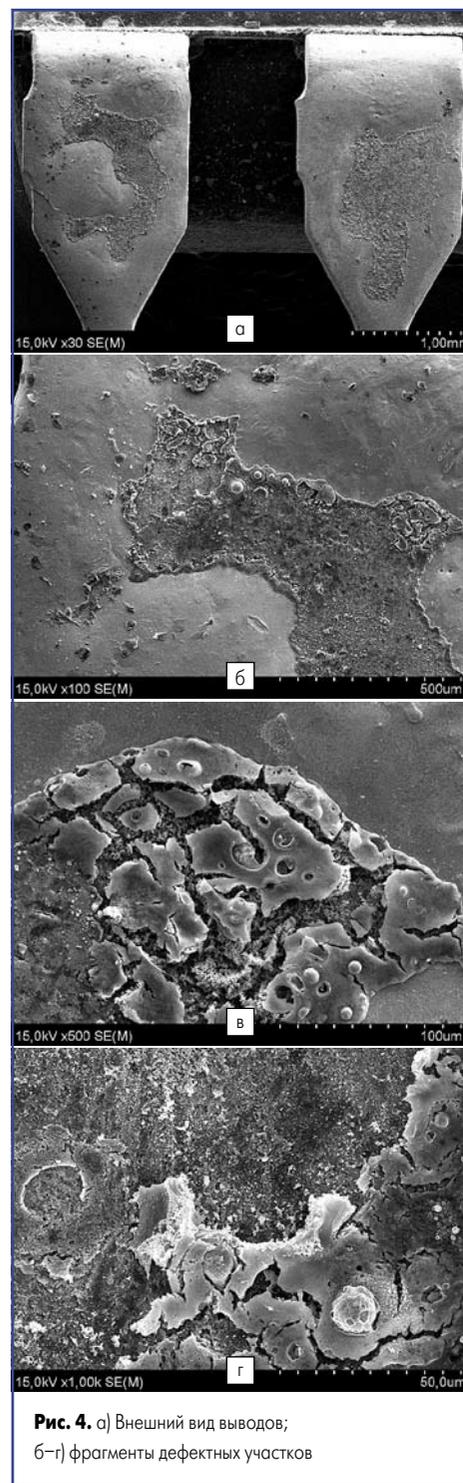
Поэтому было опробовано травление в растворе плавиковой кислоты с образованием растворимого соединения H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>:



Удаление оксидов с вытравливанием их из непокрытых припоем углублений происходит при соотношении HF: H<sub>2</sub>O = 1:3 в течение 30–45 с. После такой реставрации поверхности и последующего горячего лужения припой равномерно смачивает всю поверхность вывода и полностью соответствует техническим требованиям.

Известно, что электрохимическое обезжиривание цветных металлов необходимо проводить только на катоде и кратковременно, а черные металлы обезжиривают вначале на катоде, а затем меняют направление тока и в течение 1–2 мин обезжиривают на аноде. Такой способ почти полностью предотвращает наводороживание. Поэтому было опробовано электрохимическое обезжиривание в «мягком» режиме только на катоде в течение 7–10 мин. Качество горячего лужения выводов для данных режимов соответствовало требованиям ТД.

Экспериментально подобран оптимальный вариант удаления белого налета с поверхности полимерного корпуса в щелочном растворе: Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> — 20 г/л и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — 15 г/л. Для повышения эффективности отмывки раствор в ванне постоянно подвергался перемешиванию барботированием сжатым воздухом.



**Рис. 4.** а) Внешний вид выводов; б-г) фрагменты дефектных участков



**Рис. 5.** Общий вид корпуса с белым налетом после горячего лужения

**Выводы**

В результате исследования влияния технологических факторов на качество горячего лужения внешних выводов ИС в корпусе PDIP, изготовленных на выводных рамках из материала МЗСр, установлено:

- Технологические режимы электрохимического обезжиривания в растворе, содержащем в качестве эмульгатора жидкое стекло, оказывают существенное влияние на качество горячего лужения выводов.
- Длительная обработка (на катоде 42 мин и на аноде — 14 мин) приводит к ухудшению качества лужения: в результате на серебре, обладающем более высоким электрохимическим потенциалом, чем медь, осаждается рыхлый налет темного цвета. Он с избытком содержит элементы жидкого стекла и при последующем активировании в слабокислом растворе под действием кислоты разлагается с образованием нерастворимой пленки оксида кремния.
- Электрохимическое обезжиривание только на катоде в течение 7–10 мин с последующей зачисткой облоя и травлением является эффективным способом подготовки деталей к лужению. При этом качество горячего лужения соответствует техническим требованиям и обеспечивает хорошую паяемость выводов.

- Устранение белого налета на поверхности пластмассового корпуса достигается обработкой в щелочном растворе. ■

**Литература**

1. Печатные платы: Справочник / Под ред. К. Ф. Кумбза. Кн. 2. М.: Техносфера, 2011.
2. Ланин В. Л., Керенцев А. Ф. Дефекты паяных соединений при монтаже внешних выводов транзисторов в силовых модулях // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 3.
3. Груев И. Д. и др. Электрохимические покрытия изделий радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1988.