

Вакуумная пайка — залог качественного паяного соединения

Современные компании-производители электроники и микроэлектроники нуждаются в передовых технологиях, чтобы соответствовать неуклонно растущим требованиям к надежности выпускаемой продукции.

Антон Кантер

anton@avanteh.ru

Введение

Пайку можно назвать одним из самых сложных этапов при производстве радиоэлектронной продукции. Построение и отладка термопрофиля — творческий и непростой процесс, который под силу опытным и, зачастую, креативным сотрудникам. Но даже имея идеальный термопрофиль, в условиях производства можно столкнуться с массой дефектов, возникающих при пайке.

В более ответственных сферах производства радиоэлектронной продукции появляется необходимость создания максимально надежного паяного соединения, устойчивого к коррозии и способного перенести различные воздействия, как температурные, так и механические.

Одним из параметров надежности паяного соединения можно назвать его однородность. Присутствие пустот в паяном соединении может привести к коррозии и последующему выходу изделия из строя. Также одним из важных факторов качественной пайки можно назвать смачиваемость спаиваемых поверхностей. В этой статье проанализированы варианты создания специальных условий при пайке, которые напрямую влияют на качество паяного соединения.

Влияние вакуума и его функции при пайке

Чтобы оценить влияние вакуума и понять принцип его действия, рассмотрим типовой профиль пайки изделий в вакууме, представленный на рис. 1.

Вакуум используется в процессе пайки два раза. Первый раз — сразу после помещения продукта

пайки в систему пайки в вакууме. Это действие используется для удаления воздуха из рабочей камеры. После создания вакуума камера может быть наполнена специальным газом или смесью газов.

Второй раз вакуум создается в фазе оплавления. При переходе припоя в жидкое состояние вакуум позволяет выместить воздух из объема паяного соединения, таким образом можно удалить образовавшиеся пустоты. После достижения вакуума в рабочую камеру может быть также подан газ (или смесь газов) для создания дополнительных условий при пайке.

Примеры паяных соединений при пайке в воздухе и специальной среде с использованием вакуума приведены на рис. 2.

Влияние специальной атмосферы при пайке и ее функции

Для повышения качества паяного соединения пайку можно проводить в специальной атмосфере, что позволяет минимизировать процессы окисления и улучшить смачиваемость поверхностей.

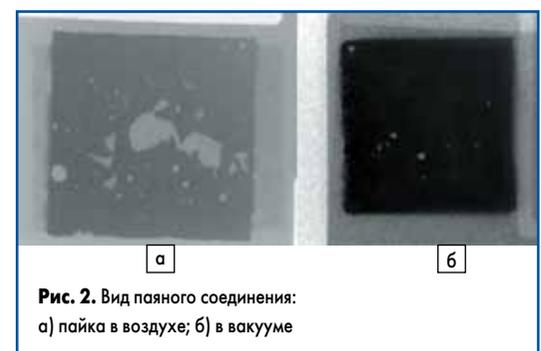
Технологию пайки можно условно разделить на две группы по типу активации поверхностей перед пайкой (табл. 1):

- пайка с использованием флюса;
- пайка без использования флюса.

Рассмотрим возможные типы атмосферы для обоих способов пайки изделий.

Таблица 1. Типы используемых паяльных материалов в зависимости от типа пайки

Тип пайки	Тип паяльного материала
Пайка с использованием флюса	Паяльная паста, пресс-форма припоя с флюсом, фольга с флюсом
Пайка без использования флюса	Пресс-форма припоя, фольга



Пайка с использованием флюса

При этом способе пайки функцию активатора поверхностей перед пайкой будет выполнять флюс. Специальная среда, которая может создаваться в современных системах вакуумной пайки, должна обеспечивать лишь отсутствие окислений на спаиваемых поверхностях.

В качестве инертной среды можно использовать следующие газы:

- азот, аргон и т. д. (любые инертные газы);
- формир-газ (95% азота + 5% водорода).

Азот

Как известно, азот (N_2) — бесцветный, безвкусный, не имеющий запаха газ. В атмосфере азот является основной составляющей. (На его долю приходится примерно 78% атмосферы, еще 20,9% занимает кислород, 0,9% — аргон. Остальная часть атмосферы состоит из углекислого газа, водорода, неона, гелия, криптона, ксенона и других газов.) Газообразный азот широко используется в промышленности, благодаря своей химической инертности.

Достоинства:

- Нет окисления при пайке.
- Доступность и безопасность при работе.

Недостаток — не подготавливает площадки и поверхности к пайке.

Формир-газ

Формир-газ — это смесь из 95% азота и 5% водорода. Основное свойство водорода — способность разрушать оксидные пленки на поверхностях, тем самым удаляются окисления.

Достоинства:

- Активация площадок, создание инертной среды.
- Нет специальных требований к безопасности.

Недостаток — низкая способность подготавливать поверхности.

Пайка без использования флюса

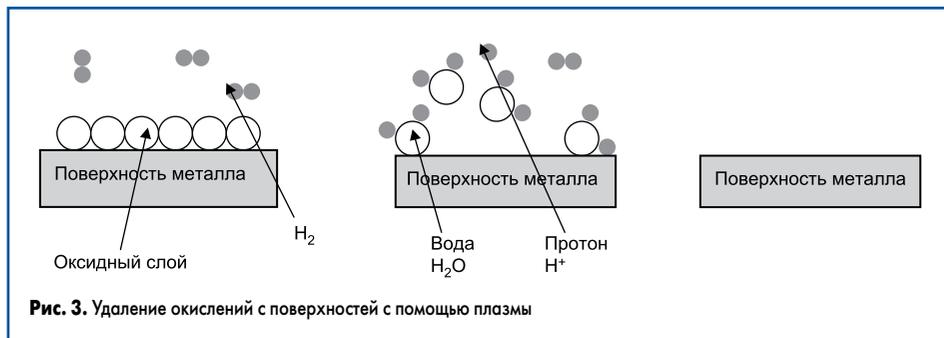
Этот способ пайки целесообразно использовать при производстве изделий с высокой степенью ответственности. Технология пайки без использования флюса является гораздо более «чистой», так как после пайки отсутствуют загрязнения от веществ, находящихся в составе флюса. Остатки флюса необходимо тщательно удалять с помощью отмывки, так как зачастую они становятся причиной выхода изделия из строя. При пайке без флюса специальная атмосфера, создаваемая в рабочей камере, должна не только обеспечивать активацию поверхностей при пайке, но и препятствовать образованию окислений.

Возможные варианты специальной атмосферы при пайке без использования флюса:

- пайка в парах муравьиной кислоты ($HCOOH$);
- пайка в водородной среде (H_2);
- пайка с использованием плазмы.

Пайка в парах муравьиной кислоты ($HCOOH$)

Муравьиная кислота — химический реагент, позволяющий убрать окисления с поверхностей. В системах вакуумной пайки инертный газ проходит через емкость с муравьиной кис-



лотой, в результате чего образуется «влажный газ», содержащий пары муравьиной кислоты. Пар, взаимодействуя с поверхностями, удаляет окисления и подготавливает их к пайке. Муравьиную кислоту рекомендуется использовать в профиле в фазе активации поверхностей. Температура должна быть между +130 и +170 °С, что особенно важно при использовании низкотемпературных припоев, так как альтернативные варианты подготовки поверхности при низких значениях температуры неэффективны.

Достоинства:

- Удаление оксидного слоя.
- Не нужно использовать флюс.

Недостатки — повышенные требования к безопасности.

Пайка в водороде (H_2)

Очищенный от примесей паров воды и других газов водород эффективно удаляет окислы металлов.

Водород гораздо более активный восстановитель, чем формир-газ или пары муравьиной кислоты. Так, например, окислы железа восстанавливаются в водороде примерно в 20 раз быстрее, чем в формир-газе при +500 °С, и в 10 раз быстрее при +300 °С. Недостатком водорода является взрывоопасность, ограничивающая его применение. Также следует отметить, что водород эффективно проявляет свои полезные свойства лишь при температуре выше +280 °С.

Достоинства:

- Очищение от окислений.
 - Улучшение смачиваемости.
 - Отсутствие загрязнений.
- Недостатки:
- Наличие открытого пламени при удалении водорода из рабочей камеры.
 - Повышенные требования к безопасности.

Пайка с использованием плазмы для подготовки поверхностей перед пайкой

Плазма — это частично или полностью ионизированный газ, образованный из нейтральных атомов (или молекул) и заряженных частиц (ионов и электронов). Важнейшей особенностью плазмы является ее квазинейтральность, это означает, что объемные плотности положительных и отрицательных заряженных частиц, из которых она образована, оказываются почти одинаковыми. Плазму иногда называют четвертым (после твердого, жидкого и газообразного) агрегатным состоянием вещества.

Влияние плазмы на поверхности спаиваемых материалов (рис. 3):

- Оказывается механическое воздействие, как при пескоструйной обработке.
- Подготовка поверхности проводится ионизированным газом.
- УФ-излучение разрушает длинные цепи углеродных соединений и используется для отверждения специальных покрытий.

При использовании плазмы достигается эффект, когда поверхностное натяжение поверхности становится максимально близким к поверхностному натяжению самого материала пайки (например, к пресс-форме). При таком эффекте припой равномерно смачивает всю площадь паяного соединения (рис. 4), а не собирается в шарики за счет большего поверхностного натяжения.

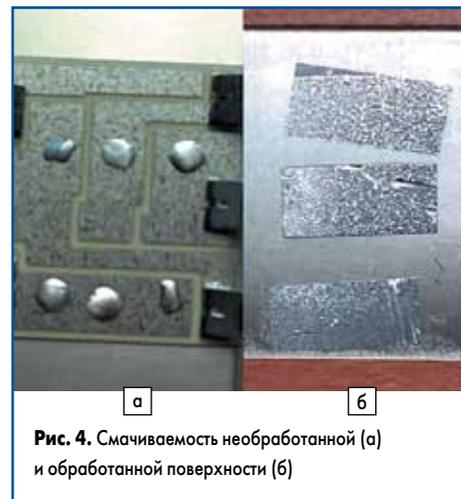


Рис. 4. Смачиваемость необработанной (а) и обработанной поверхности (б)

Достоинства:

- Улучшение смачиваемости и активация поверхности.
 - Отсутствие брака.
- Недостаток — повышенные требования к вакууму.

Оборудование для пайки в вакууме и сферы его применения

Компания Budatec (Германия) уже 15 лет занимается разработкой и выпуском систем вакуумной пайки. В Берлине находится исследовательская лаборатория, в которой специалисты Budatec проводят испытания пайки изделий заказчика.

Оборудование Budatec обладает следующими возможностями:

- Для процессов пайки:
 - удаление пустот при пайке;
 - отсутствие окисления;

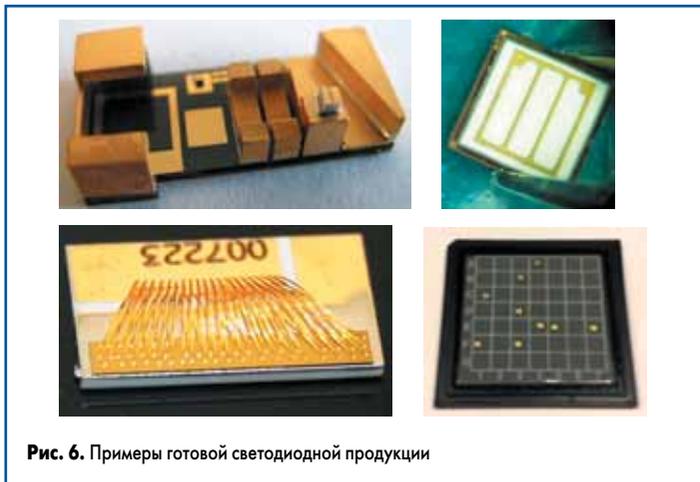
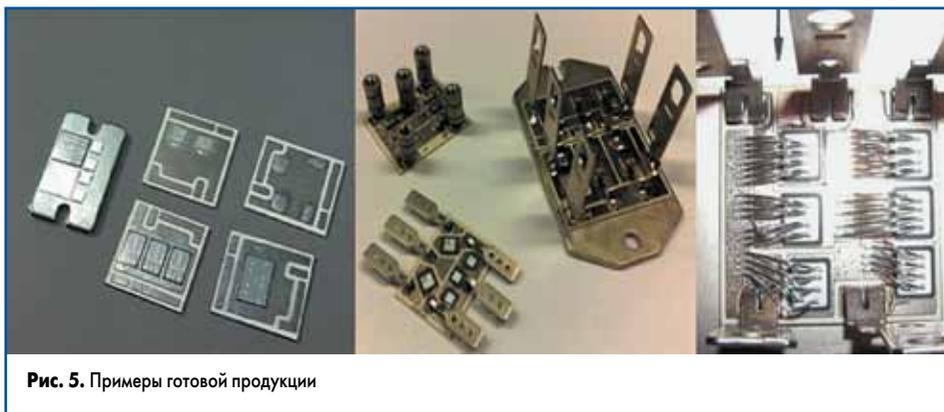

Рис. 6. Примеры готовой светодиодной продукции

Рис. 7. Примеры корпусирования и герметизации корпусов

Рис. 5. Примеры готовой продукции

- улучшение смачиваемости поверхностей;
- возможность использования плазмы для очистки поверхностей перед пайкой;
- быстрый нагрев и быстрое охлаждение (3 К/с);
- отсутствие загрязнений при пайке (при использовании технологии пайки без флюса).
- Для работы с клеями-компаундами:
 - сушка и дегазация в одном устройстве;
 - удаление пустот;
 - улучшение клеящей способности поверхностей.

- Упаковка компонентов и корпусирование микросхем:
 - герметичное запаивание корпуса микросхем с формир-газом;
 - возможность работы с такими газами, как азот, аргон, гелий и др.;
 - сборка продукции при вакууме до 0,1 мбар.
- Типовое применение систем вакуумной пайки:
 - производство высоковольтных систем,
 - микроэлектроника,
 - установка кристаллов,
 - сушка компаундов (рис. 5).

- Производство светодиодной продукции (рис. 6):
 - УФ-диоды;
 - лазерные диоды.
- Корпусирование и герметизация корпусов (рис. 7).
Компания Budatec предлагает три варианта машин для пайки в вакууме:
 - VS160S (рис. 8, табл. 2). Это начальная модель в линейке, с помощью которой можно паять продукцию в азоте, формир-газе и парах муравьиной кислоты. Для работы с системой необходим вакуумный насос, предлагаемый в качестве опции.
 - VS160UG (рис. 9, табл. 3). Эта модель также позволяет паять продукцию в азоте, формир-газе и парах муравьиной кислоты. Система поставляется в комплекте с вакуумным насосом. Она установлена на станину, внутри которой удобно располагаются все необходимые газовые магистрали, в том числе система подачи паров муравьиной кислоты (рис. 9б).
 - VS320 (рис. 10, табл. 4). Старшая модель из всей линейки оборудования. Система позволяет производить пайку всеми описанными в статье методами: в среде азота, формир-газа, водорода, паров муравьиной кислоты, возможна установка генератора плазмы


Рис. 8. Внешний вид машины для пайки VS160S

Таблица 2. Технические характеристики машины для пайки VS160S

Технические характеристики	Значение
Размер нагревательной поверхности	160×160 мм
Максимальная высота компонентов	50 мм
Максимальная температура пайки	+450 °С
Скорость нагрева и охлаждения (max)	3 К/с
Максимальная нагрузка нагревательной поверхности	2,5 кг
Рабочие газы	N ² ; N ₂ H ₂ 95/5%
Электропитание	400 В/16 А
Подключение системы охлаждения водой	10 л/мин.
Вес печи	Около 50 кг
Опциональное оснащение:	
Измерение абсолютного давления	
Пластинчатый насос с комплектующими	
Программное обеспечение для записи данных	
Подставка с подводом рабочих газов и возможностью размещения насоса	
Газовая линия НСООН с интегрированным газовым барботером	
Система улавливания паров флюса	

Таблица 3. Технические характеристики системы для пайки VS160UG

Технические характеристики	Значение
Размер нагревательной поверхности	160×160 мм
Максимальная высота компонентов	50 мм
Максимальная температура пайки	+450 °С
Скорость нагрева и охлаждения (max)	3 К/с
Максимальная нагрузка нагревательной поверхности	2,5 кг
Рабочие газы	N ₂ ; N ₂ H ₂ 95/5%
Электропитание	400 В/16 А
Подключение системы охлаждения водой	10 л/мин.
Вес печи	Около 80 кг
Опциональное оснащение:	
Измерение абсолютного давления	
Пластинчатый насос с комплектующими	
Программное обеспечение для записи данных	
Подставка с подводом рабочих газов и возможностью размещения насоса	
Газовая линия НСООН с интегрированным газовым барботером	
Система улавливания паров флюса	



Рис. 9. Система для пайки VS160UG:

а) внешний вид; б) емкость с муравьиной кислотой

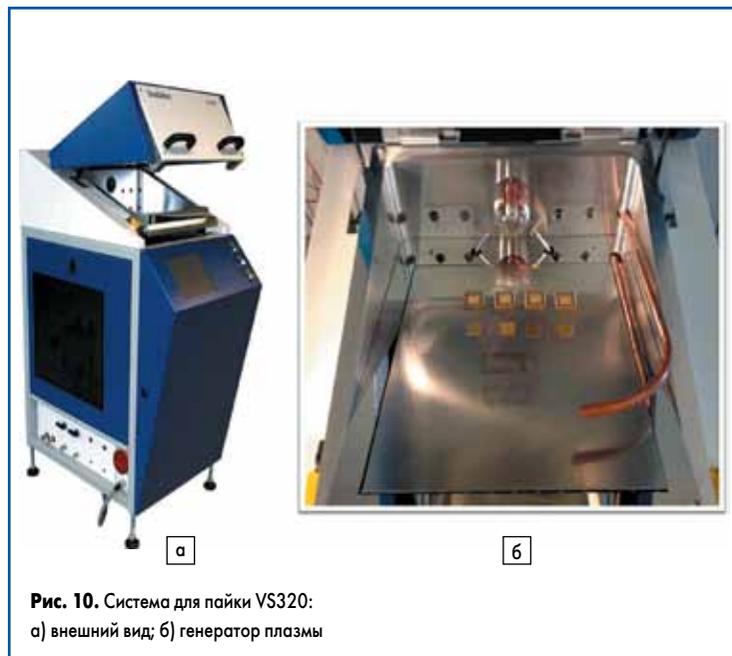


Рис. 10. Система для пайки VS320:

а) внешний вид; б) генератор плазмы

(рис. 10б). Пайку в среде водорода можно проводить при содержании газа до 100%. Для удаления газа из рабочей камеры над машиной устанавливается дожигатель отработанного газа — для обеспечения безопасности.

Заключение

В статье мы рассказали о технологии пайки в вакууме с использованием специальных газов и рассмотрели преимущества и недостатки возможных вариантов компоновки системы для проведения этого техпроцесса. Технология вакуумной пайки является наиболее эффективным способом получения качественного паяного соединения при изготовлении продукции для ответственных сфер применения.

В ноябре 2013 года компания «АванТех» (представитель компании Budatec в России) проведет презентацию новой машины для пайки в вакууме для серийного производства.

Таблица 4. Технические характеристики системы для пайки VS320

Технические характеристики	Значение
Размер нагревательной поверхности	320×320 мм
Максимальная высота компонентов	100 мм
Максимальная температура пайки	+450 °С
Скорость нагрева и охлаждения (max)	2,5 К/с
Максимальная загрузка нагревательной поверхности	15 кг
Рабочие газы	N ₂ ; N ₂ H ₂ 95/5%; H ₂ до 100%
Электропитание	400 В/32 А
Подключение системы охлаждения водой	10 л/мин.
Вес печи	Около 300 кг
Опциональное оснащение:	
Измерение абсолютного давления	
Пластинчатый насос с комплектующими	
Программное обеспечение для записи данных	
Подставка с подводом рабочих газов и возможностью размещения насоса	
Газовая линия HCOOH с интегрированным газовым барботером	
Система улавливания паров флюса	
До пяти газовых линий	
Интегрированное оборудование для обработки плазмой	