

Мягкая пайка без флюса с применением плазмы для подготовки поверхностей

Во многих областях применения электронных модулей — например, в медицинской, космической и авиационной технике, военной, автомобильной и энергетической промышленности — приходится отказываться от использования припоев с флюсом, ведь они становятся причиной ухудшения качества, требуя дополнительных усилий при очистке поверхностей.

Дирк Буссе (Dirk Busse)

info@budatec.de

**Перевод:
Андрей Кудрявцев**

info@avanteh.ru

Введение

Типичными примерами таких электронных модулей могут служить микросистемы, датчики или гибридные СВЧ-схемы. Но применение технологии пайки без флюса связано с рядом проблем. Одна из главных — непрочность паяных соединений. При смачивании поверхности увеличивается краевой угол, приходится чаще работать с более высокими температурами пайки, кроме того, за счет припоя оксидный слой не удаляется с поверхности.

Выход из данной ситуации — вакуумная пайка. В этом случае в качестве преформ в основном применяются готовые припои. Данная технология позволяет снизить температуру плавления и исключить окисление в ходе всего процесса. Кроме того, в качестве восстановителей могут использоваться, например, формирующий газ или муравьиная кислота. Под их воздействием оксидные пленки на спаиваемых поверхностях разрушаются.

При работе с проблемными материалами, например никелем, этого часто оказывается недостаточно.

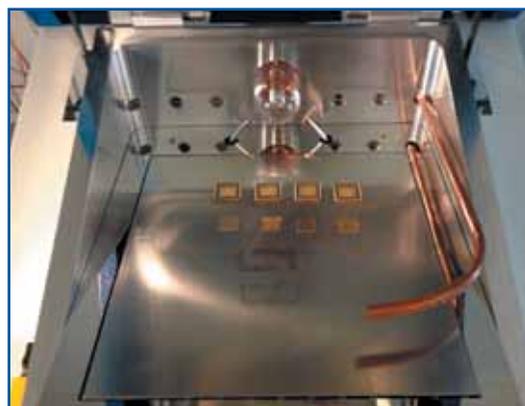


Рис. 1. Вакуумная паяльная печь с микроволновым генератором VS320

Дополнительной сложностью остаются фазы нагрева и охлаждения, четко заданные в термопрофилях. Критичные процессы пайки (корпусирование микросхем, упаковка компонентов и т. д.) подчиняются строгим требованиям, предъявляемым к качеству паяного соединения, — их вакуумная пайка удовлетворить не способна.

Одним из возможных решений проблемы становится предварительная обработка поверхностей плазмой, которая может удалить с них окисления.

Вакуумная паяльная печь, предполагающая использование плазмы, — это идеальное решение (рис. 1).

Преимущества предварительной обработки поверхностей при помощи плазмы:

- увеличение поверхностного натяжения за счет выравнивания микронеровностей;
- удаление оксидного слоя (при использовании водорода) и устранение органических загрязнений (при использовании кислорода);
- улучшение смачиваемости и растекаемости;
- стандартизация процесса пайки за счет улучшения однородности паяного соединения;
- упрощение процесса пайки с более высокой технологической осуществимостью;
- возможность «регенерации» подержанных конструктивных элементов (крышки, корпуса, основания печатных плат).

Что такое плазма?

Плазма — это частично или полностью ионизированный газ, состоящий из нейтральных атомов или молекул, внешние электроны которых удалены за счет ударной ионизации. Она содержит носители заряда (электроны и ионы), чьи свойства зависят от генерации плазмы (генератор) и характеристик процесса (конфигурация диодов, триодов, управляющий электрод и т. д.). Другими параметрами влияния являются давление, температура, газовый поток, а также используемые газы.



Рис. 2. Коваровые крышки с Ni/Au, круглой PbSn(5) и стержневой формы AuSn(20)

Типичная плазма содержит:

- нейтральные молекулы: плотность $\sim 10^{16}/\text{см}^3$;
- радикалы: $\sim 10^{14}/\text{см}^3$;
- электроны и положительные ионы: $\sim 10^8/\text{см}^3$.

Существует в один миллион раз больше радикалов, чем ионов, поскольку их долговечность гораздо выше. Они создаются за счет диссоциации, дисмутации и рекомбинации. Для их формирования достаточно незначительной энергии. Радикалы — это незаряженные частицы, содержащие один или несколько неспаренных электронов, легко формирующие связи.

Ионы — это электрически заряженные атомы или молекулы, образующиеся в результате потери одного или нескольких электронов. За исключением тех случаев, когда плазма является неизотропной, а сами ионы активными, прямого ионного травления не происходит. При использовании аргона ионы являются физическими составляющими процесса травления.

Основная реакция происходит за счет радикалов. Они очень активны и образуют связи с поверхностями, где впоследствии происходят химические процессы. При высоких давлениях формируется больше радикалов, чем при низких.

При изготовлении электронных компонентов преимущественно используется высокочастотная плазма в мегагерцевом (RF-генератор) или гигагерцевом диапазоне (MW-генератор). Ввиду способности к оптимальному удалению пустот при обработке спаиваемых поверхностей плазмой для ионизации используются частоты магнетронов в диапазоне 2,43 ГГц. Предпочтение отдается формиру-газу, содержащему 60% водорода и 40% аргона.

Воздействие плазмы на поверхность:

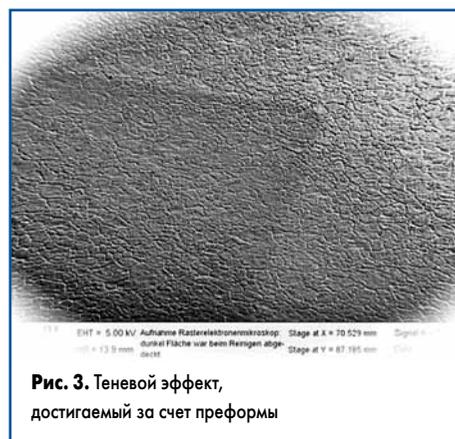
- физическое воздействие обеспечивается за счет горячих электронов и ионов. На этом этапе изменяется микроструктура (эффект распыления). Наиболее высокой эффективностью обладают тяжелые ионы (Ar^+);
- химическое воздействие достигается за счет свободных радикалов (нейтральные атомы или молекулы с ненасыщенными связями). Здесь создается максимальный эффект, в том числе и для легких молекул (H_2), если они обладают значительным химическим средством;
- незначительным может считаться воздействие излучений (например, в ультрафиолетовом диапазоне).

На рис. 2 слева (9.4) представлено оплавленное преформ с обработкой поверхности плазмой, а справа (8.4) — без нее.

Какие методы измерения существуют?

Для того чтобы иметь возможность оценить активирование поверхности при ее обработке плазмой, рекомендуются методы замера смачиваемости, поскольку именно этот параметр лучше всего отражает эффект обработки. Методы замера следующие:

- визуальное сравнение поверхностей, обработанных и не обработанных плазмой;
- сравнительные исследования поверхностного натяжения, выполняемые при помощи тестовых чернил. Этот метод является частью проверки технологических процессов;
- замер краевого угла смачивания или сканирование профилей. Этот метод служит в основном для базовых проверок;
- световой или растровый электронный микроскоп (REM). Данное исследование позволяет оценить изменения микроструктуры поверхностей;
- рентгеновский анализ, в особенности при корпусировании микросхем.



На рис. 3 представлено визуальное сравнение поверхностей, выполняемое при помощи преформы.

Каковы возможные повреждения, вызванные обработкой поверхности плазмой?

Использование высокочастотной плазмы в мегагерцевом диапазоне (рис. 4) характе-

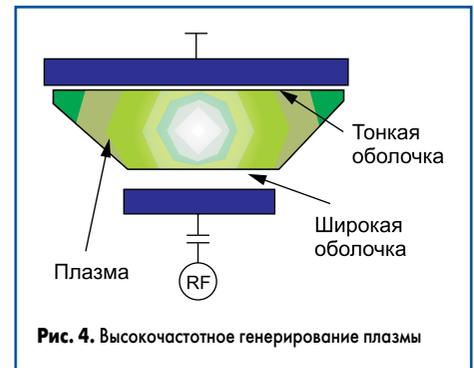


Рис. 4. Высокочастотное генерирование плазмы

ризуется значительным снижением поверхностного натяжения (увеличивается вместе с высокочастотным потоком и уменьшается вместе с частотой возбуждения) в приконтактном слое. Ионы ускоряются в этом направлении и становятся причиной повреждений. Подобный эффект весьма желателен при анизотропном травлении, но нежелателен при очистке и подготовке поверхности.

В микроволновой плазме (2,43 ГГц) не наблюдается значительного снижения поверхностного натяжения в приконтактном слое, так как ширина и снижение поверхностного натяжения зависят от мощности потока и диапазона частот возбуждения плазмы. Ввиду того что направленный плазменный поток отсутствует, само воздействие является изотропным и весьма эффективным для очистки поверхностей. Незначительный и постоянный поток газа обеспечивает достаточное количество ионов. Поскольку речь идет о безэлектродной плазме, созданной при помощи магнетрона, с частотой 2,43 ГГц, а сам генератор находится вне приемника, то проблема повреждений за счет ускоряющихся ионов отсутствует.

При использовании внешнего генератора пик мощности подаваемой микроволновой энергии должен приходиться на приемник. Если там находятся электронные блоки с металлическими компонентами критической длины, вероятно проявление эффекта антенны, что способно стать причиной разрушения электронных конструктивных элементов (например, ленточных проводников). В качестве антенны могут выступать и гибкие проволочные выводы.

Необходимо обратить внимание и на возможность термических повреждений, вызванных чрезмерной плотностью плазмы и слишком высокой температурой электрода. Эти параметры регулируются в ходе процесса. Вероятность повреждений, вызванных ультрафиолетовым излучением, незначительна.

Выводы

Обработка поверхностей электронных узлов плазмой при частоте в 2,43 ГГц до начала мягкой пайки увеличивает поверхностное натяжение обработанных поверхностей и улучшает смачиваемость. Кроме того, удаляются оксидные пленки, препятствующие смачиванию. Повреждения компонентов, вызванные плазмой, маловероятны. Таким образом, этот метод обеспечивает возможность отказа от флюса при мягкой пайке.