

# Ультразвуковые системы пайки USS-9200 и USS-9500

**Технология пайки под действием механических ультразвуковых колебаний была открыта еще в 40-х годах прошлого века, но по причине отсутствия в то время активных припоев не нашла широкого применения. Эта технология вновь стала актуальной только благодаря появлению современных активных припоев и недорогих ультразвуковых установок.**

**Николай Васюнькин**

nikolay@clever.ru

## Введение

Главной идеей технологии ультразвуковой пайки является исключение разрушающе-коррозионного действия флюса, который используется в стандартной технологии для удаления окисей с паяемых поверхностей. Вместо кислотных флюсов в этой технологии используется вибрация, создаваемая ультразвуком.

Применение соответствующего паяльного оборудования требует целостного понимания процесса и смысла пайки. УЗ-пайка с применением низкотемпературных припоев без флюсов позволяет спаивать алюминий, магний, сталь и другие тяжело паяемые материалы, такие как стекло или керамика (рис. 1). УЗ-пайка с использованием припоя без флюса удаляет окислы с поверхности, обеспечивая ее смачиваемость. То есть требование пайки — чистая паяемая поверхность. Тяжелые окислы (ржавчина, масляные пленки, грязь) могут быть убраны механически, химически или с помощью УЗ-очистки.

Также при помощи УЗ-пайки могут быть спаяны пленки, платы, литые изделия и другие материалы различных видов и форм. А если возможно предварительное лужение, могут быть спаяны даже несходные металлы и металлы разной толщины.

При производстве электроники УЗ-пайка наиболее актуальна в таких сферах, как:

- разработки НИИ и прототипное производство;
- полупроводниковое производство;
- производство компонентов (пайка мелкопроводных выводов конденсаторов, варисторов и т. д.);
- производство электронных ламп (микроволновых ламп);
- производство сенсоров (непосредственно в НЖ-корпусах);

- лужение микроподложек ПП, керамики или кремния.

Особо хочется выделить применение бесфлюсовой технологии при пайке полупроводников и СВЧ-полигонов, где корродирующее действие флюса зачастую становится причиной некачественного соединения. Исключение флюса из процесса пайки здесь является главным механизмом повышения качества и надежности паяного соединения. Большие поверхности могут быть залужены УЗ и затем спаяны отдельно.

## Технология

УЗ-пайка проводится без применения флюса. Даже при повторной пайке (например, стекла) нет необходимости в использовании флюса.

Как правило, для проведения пайки необходимо расплавить не только припой, но и прогреть контактные поверхности (к примеру, вывод компонента и контактную площадку), чтобы обеспечить надежное паяное соединение. При УЗ-пайке паяемые материалы должны обладать высокой теплопроводностью (например, алюминий, керамика), то есть достаточный прогрев является ключом качественной и надежной пайки. Недостаточный прогрев — причина некачественной пайки с использованием УЗ.

Широко распространено заблуждение, что УЗ-колебания используются для нагрева паяного соединения. На самом деле тепло поступает от керамического нагревателя, встроенного в паяльник. Назначение УЗ-колебаний при пайке — расплавление припоя.

Как известно, при пайке можно выделить несколько процессов, отвечающих за адгезию/смачиваемость/создание паяного соединения.



Рис. 1. Образцы паяных соединений УЗ-пайкой

### Механические процессы

Перечислим механические процессы (относятся только к паяемым материалам, таким как металлы, стекло, керамика, различные оксиды металлов):

- Удаление оксидов с поверхности контактной площадки, что позволяет припою вступить в реакцию с ней.
- Заполнение микротрещин и пор расплавленным припоем, что увеличивает размер паяемой поверхности.
- УЗ-колебания вытесняют пузырьки газов из жидкого припоя и обеспечивают создание паяного соединения, не содержащего пустоты. Недаром этот процесс получил большое распространение для технологий с применением высокого вакуума. Обычное паяное соединение разрушается при таких условиях.

Удаление окислов с поверхности происходит следующим образом: УЗ-колебания «улучшают» расплавленный припой за счет вытеснения остатков окислов, микропузырьков газа. При подаче УЗ-колебаний к газовым включениям в расплавленном припое микропузырьки увеличиваются в размерах до тех пор, пока когезионные силы в состоянии сдерживать увеличивающиеся внутреннее давление. Затем пузырек лопается, освобождая энергию в виде волны, направленной в расплавленный припой. Эта энергия проходит через расплавленный припой, достигает контактной поверхности и тем самым «очищает» ее от окислов. Кавитационный эффект отвечает за очистку паяемых поверхностей от окислов и различных жировых загрязнений.

По окончании механической «зачистки» мелких пор и микротрещин паяемых поверхностей припой беспрепятственно заполняет их, создавая надежное паяное соединение без пустот.

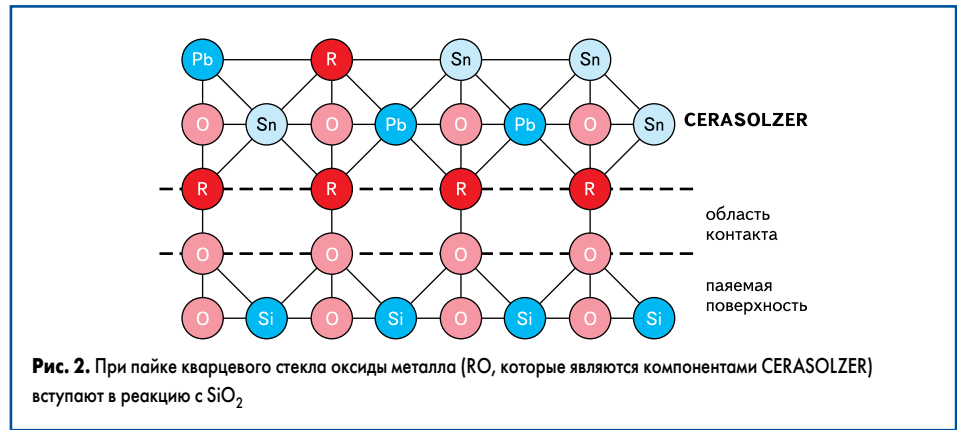
УЗ-колебания минимизируют поверхностное натяжение жидкого припоя, делая припой более текучим и направляя его в пористую поверхность, тем самым покрывая и заполняя эти поры и обеспечивая хорошую смачиваемость.

### Химические процессы

Химические процессы рассмотрим на основе припоя CERASOLZER (компания MBR Electronics) без содержания флюса.

Механизм пайки с использованием CERASOLZER происходит следующим образом. В состав этого припоя входят такие элементы, как Zr, Ti, Si, Al, Be, и другие редкоземельные элементы. Во время пайки эти элементы вступают в реакцию с кислородом, находящимся на поверхности стекла, керамики, оксида металла и т. д. Соответственно, если исключить кислород из среды, в которой происходит пайка, то адгезионные свойства CERASOLZER теряют силу. Доказано опытным путем, что минимальная концентрация кислорода, необходимая для адгезии, равна приблизительно 2%.

На рис. 2 представлена модель химического процесса пайки CERASOLZER и паяемой поверхности.



По сравнению с классической пайкой керамики, стекла или других труднопаяемых материалов УЗ-пайка с припоем CERASOLZER может быть применена (со специальным жалом и стандартным припоем 40/60) для пайки электронных цепей, компонентов и плат. Например:

- пайка проводных соединений к тонким пленкам;
- пайка алюминиевых, магниевых или вольфрамовых выводов;
- пайка электронных компонентов на алюминиевую шину.

Наконец, следует отметить, что время пайки с применением ультразвука короткое: достаточно нескольких секунд. Как только окислы и другие продукты пайки становятся видимыми, значит, нет больше необходимости прикладывать УЗ-колебания.

### Решения

В качестве примера современной установки ультразвуковой пайки рассмотрим системы USS-9200 и USS-9500 (рис. 3) компании MBR Electronics. Они состоят из:

- главного модуля управления с регуляторами и дисплеем;
- ручного инструмента с керамическим нагревателем, вибромодуля и жала паяльника;
- держателя инструмента;
- педали.

Используемый генератор ультразвуковых колебаний — маломощный, так как не нужно производить нагрев жала паяльника. Частота вибрации у модели USS-9200 — около 60 кГц, у модели USS-9500 — около 40 кГц. Точное



**Рис. 3.** Системы ультразвуковой пайки USS-9200 и USS-9500

значение частоты вибрации зависит от ряда параметров, таких как тип жала паяльника и температура. Перед началом процесса пайки внутренний процессор автоматически определяет оптимальное значение (резонансной) частоты.

К главному модулю управления подключаются: источник питания, осциллятор, внутренний процессор. Необходимая температура (150...450 °C) достигается за счет керамического нагревателя. Два провода нагревателя легко подключаются к плате паяльника, что обеспечивает быструю смену паяльника и нагревателя.

Уровень температуры и мощность УЗ-колебаний выставляются с помощью ручек на передней панели модуля управления и отображаются на двух отдельных экранах.

Сам паяльник подключается в 7-пиновый разъем на передней панели модуля управления. Педаль включения УЗ-колебаний подсоединяется к 4-пиновому разъему позади инструмента. Питание (100–260 В, 50–60 ГГц) подключается к системе с обратной стороны модуля управления.

Ручка паяльника выполнена из высокопрочной феноловой трубки, которая обеспечивает изоляцию. Система пьезокристаллов, фиксатор жала и разъем объединены в один закрытый модуль, интегрированный в ручку инструмента. Стандартный кабель длиной 1,5 м подключается в держатель инструмента и может быть быстро заменен на другой при необходимости. Кабель можно заказать отдельно, как запасную часть.

Педаль идет в комплекте с системой и облегчает процесс пайки. Подключается педаль кабелем длиной 2 м. Кабель большей длины можно заказать у поставщика системы.

Паяльные жала (рис. 4) бывают четырех типов и используются в зависимости от технологических условий пайки (таблица).



**Рис. 4.** Паяльные жала для систем ультразвуковой пайки

Все паяльные жала поставляются отполированными и с конусом в 30°. Паяльные жала для системы USS-9500 имеют встроенный керамический нагревательный элемент. При изготовлении жала по заказу необходимо уточнить и согласовать параметры с производителем (например, [www.sonicsolder.com](http://www.sonicsolder.com)). Все жала выполнены из высококачественной стали, качество которой оптимально подходит для требований ультразвуковой пайки.

Паяльные жала должны быть подобраны в соответствии с размерами паяемых поверхностей. Размер паяльника должен быть как можно большим, насколько позволяют условия пайки. Чем меньше жало, тем меньше обеспечивает оно контакт с поверхностью и тем сложнее произвести пайку. Размер жала должен быть достаточным, чтобы обеспечивать быстрый пере-

нос тепла к паяемому соединению и расплавить припой. Также жало должно быть чистым. Если при приложении жала припой расплавляется и слипается в шарики, а не покрывает жало, то оно грязное. Жало загрязняется при работе, как правило, по причине оксидов, находящихся в паяемом соединении. Чрезмерно высокая температура жала ускоряет его загрязнение. В связи с этим станции USS-9200 и USS-9500 автоматически понижают температуру жала, если станции простаивают более 30 минут. Припой должен ложиться на жало гладкой блестящей поверхностью.

Температуру паяльного жала определяют свойства припоя и особенности пайки. Точное значение температуры определяется при помощи пробной пайки. Оптимальная температура должна быть как можно ниже. Температура жала отображается на дисплее на передней панели станции.

Мощность УЗ-колебаний пайки тоже должна быть как можно ниже. Подбирая оптимальную мощность, необходимо пошагово увеличивать мощность до достижения оптимальной вибрации при пайке. Как правило, более низкая УЗ-мощность дает наилучшую паяемость.

Как проводится данный процесс? Прикоснитесь к металлической поверхности и убедитесь, что вибрация передается к жалю паяльника при нажатии на педаль. Затем смочите жало паяльника небольшой каплей жидкости CERASOLZER и приложите его к месту пайки. Сошлифованная сторона жала должна

**Таблица.** Паяльные жала для систем пайки USS

Модель	Паяльные жала
USS-9200	Жало 1 мм № 9200-201
	Жало 2 мм № 9200-202
	Жало 3 мм № 9200-203
	Жало 4 мм № 9200-204
	Жало, изготовленное под заказ, № 9200-2xxS
USS-9500	Жало 6 мм № 9500-206
	Жало 8 мм № 9500-208
	Жало 10 мм № 9500-210
	Жало 12 мм № 9500-212
	Жало, изготовленное под заказ, № 9500-2xxS

быть полностью приложена к паяемой поверхности. Через несколько секунд можно подавать ультразвук к месту пайки, нажав на педаль. Если температура пайки установлена верно, происходит смачивание поверхности, и жало паяльника начинает немного «плавать». Не придавливайте жало паяльника к поверхности, просто удерживайте жало на паяемой поверхности.

Следует избегать продолжительной работы на максимальной мощности со стандартным паяльником. Для продолжительной работы разработаны специальные модели паяльников с интегрированной функцией охлаждения сжатым воздухом (№ 9200-126/№ 9500-126).

Подобрав оптимальные параметры пайки, вы можете зафиксировать ваши настройки посредством блокировки клавиш.

В случае некачественной пайки, скорее всего, условия пайки не соответствуют требуемым или станция используется неправильно. ■■■■

