

# Микроэлектроника: ОТМЫВКА ПОВЫШАЕТ НАДЕЖНОСТЬ!

**Разварка выводов кристаллов — высокотехнологичный процесс, на результат которого влияет множество факторов. Один из них — чистота поверхностей контактных площадок подложки и кристалла.**

**Александр Смирнов  
Ольга Лёвкина**

materials@ostec-smt.ru

Технологическая операция разварки выполняется при помощи микросварки, которая формирует проволоочное соединение между площадками кристалла и подложки и тем самым создает между ними электрический контакт. Микросварка бывает ультразвуковой, термокомпрессионной, контактной и др. Негативное воздействие на характеристики сварных соединений оказывают загрязнения, полученные при любой технологии сварки. В данной статье рассматривается влияние загрязнений поверхности контактных площадок на качество соединений, выполненных ультразвуковой микросваркой.

## Разварка загрязненных поверхностей: каковы последствия?

При разварке выводов кристаллов, вне зависимости от используемого оборудования и материалов, на результат процесса будет влиять предварительное состояние соединяемых конструктивных элементов. На поверхности контактных площадок могут присутствовать различные виды загрязнений: остатки флюсов паяльных паст, используемых для монтажа кристаллов, оксидные пленки, жиры и др. Они увеличивают ультразвуковую мощность, необходимую для создания соединения, и влияют на качественные характеристики сварного соединения, снижая показатели усилия на отрыв и сдвиг.

Зачастую загрязнения на поверхности контактных площадок не учитываются при подборе режимов разварки. В результате мощность ультразвукового воздействия оказывается недостаточной для создания

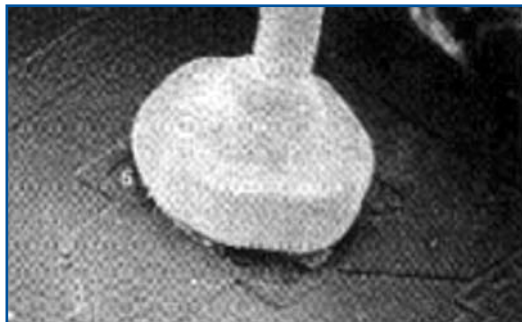


Рис. 1. Подъем шарика сварного соединения

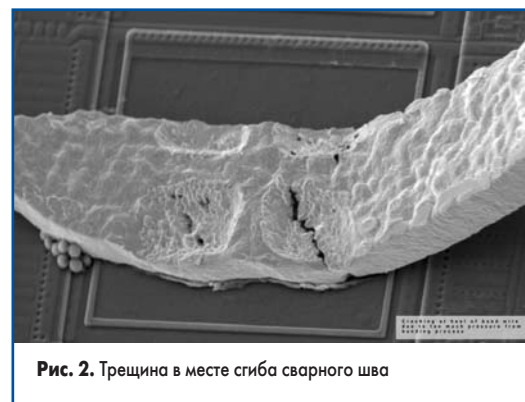


Рис. 2. Трещина в месте сгиба сварного шва

качественного сварного соединения (рис. 1). Современное технологическое оборудование позволяет создавать соединения с необходимой адгезией и образованием интерметаллических соединений между соединяемыми частями даже на поверхностях, не подвергавшихся предварительной очистке, — путем увеличения времени и мощности ультразвукового воздействия. Однако это приводит к излишней деформации проволоки, используемой для разварки, и, как результат, к возникновению трещин в месте изгиба сварного шва (рис. 2).

В общем случае различие времени и мощности прикладываемой ультразвуковой энергии в производственном процессе при разварке кристаллов отрицательно сказывается на повторяемости результата разварки. Кроме того, неудаленные остатки загрязнений поверхностей контактных площадок могут вызвать отсутствие адгезии наносимых впоследствии защитных покрытий. Остатки флюсов, известные своей коррозионной активностью при эксплуатации изделий в жестких климатических условиях, способны разрушить токоведущие элементы электронных сборок, вызывают токи утечки, короткие замыкания и другие виды дефектов.

## Отмывка — средство оптимизации процесса разварки

Как было отмечено ранее, отмывка поверхностей повышает эффективность и улучшает качество последующего процесса разварки. Удаление загрязнений и оксидных пленок с поверхностей контактных площадок позволяет восстановить баланс между сма-

Таблица. Начальные условия проводимых исследований

Металлизация	Загрязнение	Технология отмывки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прямое соединение с медью (DBC Direct Bonded Copper)</li> <li>• Au толстая пленка</li> <li>• AlSi поверхность кристалла</li> <li>• Керамика, плакированная медью (ENIG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Окислы</li> <li>• Канифольные загрязнения</li> <li>• Поверхности, очищенные с использованием жидкостей на основе ПАВ и на основе терпена (без ополаскивания)</li> <li>• Поверхности, очищенные с использованием жидкостей на основе технологии MPC® (без ополаскивания)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Струйная отмывка с применением жидкостей на водной основе</li> <li>• Отмывка погружением в растворитель</li> </ul>

чиваемостью поверхности и деформацией проволоки при разварке. Однако к процессу отмывки следует относиться избирательно. Подбор соответствующей промывочной жидкости необходимо осуществлять исходя из имеющихся загрязнений и технологии отмывки. Кроме того, промывочная жидкость не должна оставлять на поверхности контактных площадок каких-либо остатков.

Компанией Zestron были проведены исследования по определению влияния качества отмывки на характеристики сварных соединений. В исследованиях были задействованы подложки с различными видами металлизации контактных площадок. Для получения объективных результатов использовались наиболее часто встречающиеся типы загрязнений, промывочных жидкостей, виды металлизаций поверхностей. В таблице приведены начальные условия проводимых исследований.

### Результаты исследований

Проведенные исследования показали, что выбор подходящего способа очистки поверхности позволяет:

- снизить мощность ультразвука, необходимую для создания сварного соединения;
- уменьшить риск возникновения трещин вследствие повышенной деформации проволоки;
- повысить механическую прочность сварного соединения;
- добиться меньшего разброса в значениях параметров разварки нескольких соединений и, как следствие, создать повторяемый процесс с повторяемым результатом.

На рис. 3 представлена диаграмма, показывающая зависимость ультразвуковой мощности, необходимой для создания сварного соединения, от различных загрязнений поверхности контактных площадок. На диаграмме видно, что самая низкая УЗ-энергия разварки наблюдалась в случае контакта с поверхностью, очищенной с использованием жидкости на основе MPC-технологии.

Кроме того, как показали проведенные исследования, процесс отмывки с применением жидкостей на основе MPC-технологии обеспечил бóльшие значения усилия на сдвиг и на отрыв, необходимые для разрушения сварного соединения. Еще одним закономерным результатом явилось уменьшение вероятности образования трещин и сохранение необходимой адгезии сварных соединений. Повторяемость результата разварки увеличилась. На рис. 4 показано сравнение значений усилий на отрыв и сдвиг между соединениями на подложках, отмытых жидкостями на основе ПАВ и на основе MPC-технологии.

При одинаковом количестве испытываемых изделий усилие на отрыв соединений с подложками в первом случае оказалось меньше, чем во втором. Это связано, в первую очередь, с особенностью жидкостей на основе ПАВ

оставлять тонкий слой на поверхности подложки. Он уменьшает адгезию проволоки к подложке и, тем самым, снижает усилие, необходимое для отрыва соединения. Зачастую усилия, необходимые для разрушения соединений проволочных выводов с подложками, отмытыми с применением жидкостей на основе ПАВ, выходят за пределы регламентируемых допусков.

Таким образом, традиционные промывочные жидкости на основе ПАВ являются непригодными для использования в производстве изделий микроэлектроники.

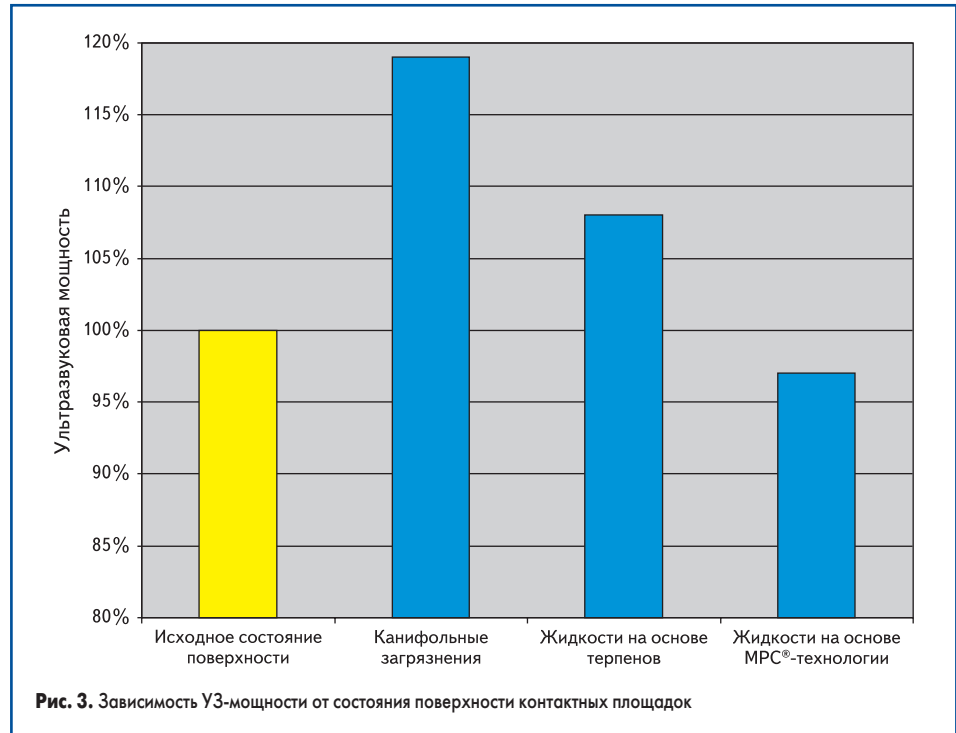


Рис. 3. Зависимость УЗ-мощности от состояния поверхности контактных площадок

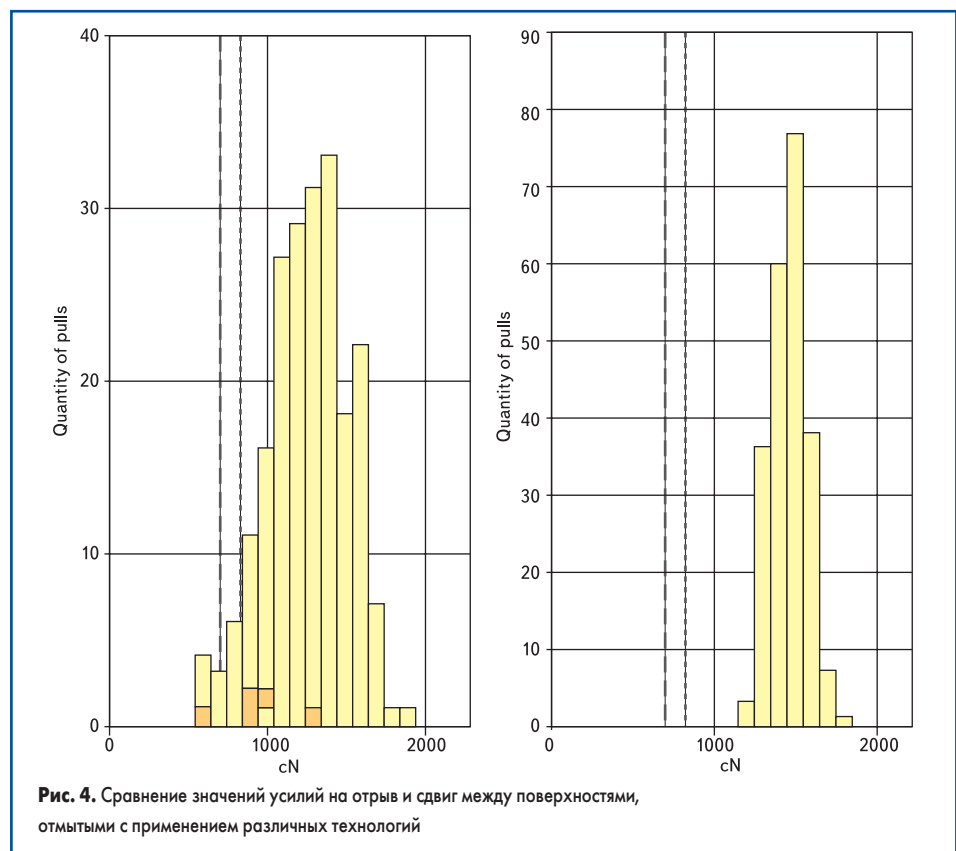


Рис. 4. Сравнение значений усилий на отрыв и сдвиг между поверхностями, отмытыми с применением различных технологий

В качестве дополнения к вышесказанному: оптимизированная технологическая операция отмычки позволяет не только очистить поверхности подложек от загрязнений, но и увеличивает энергию металлических поверхностей. Их адгезионные свойства повышаются, что положительно сказывается не только на результате разварки, но и на химическом взаимодействии с защитным/заливочным материалом.

#### Аналитические методы оценки чистоты поверхностей

Контроль качества отмычки является одним из важнейших этапов производственного цикла создания изделия. Именно на этом этапе выявляются возможные дефекты, которые впоследствии могут привести к отказам. В этой связи компания Zestron не только разрабатывает и производит эффективные промышленные жидкости, но и обеспечивает создание инструментов контроля качества отмычки. Сегодня самыми распространенными инструментами контроля являются тестовые наборы Zestron Flux Test и Zestron Resin Test. Они позволяют оперативно провести качественный контроль чистоты поверхностей, благодаря чему широко применяются не только на Западе, но и в России.

В процессе разварки основными параметрами, как уже было сказано, являются время и мощность ультразвукового воздействия. Эти данные на этапе отработки технологии контролируются и фиксируются. Далее происходит их сопоставление с полученными результатами и выбор оптимальных режимов. Кроме того, осуществляется разрушающий контроль, который позволяет понять, насколько соединение прочное. После такого разрушающего воздействия изделие зачастую не подлежит ремонту и восстановлению. Поэтому предпочтительным является определение качества очистки поверхностей непосредственно перед разваркой.

Для этого компания Zestron рекомендует следующие методы:

1. Наблюдение интерференционной картины металлизации контактных площадок.
2. Проверка наличия канифольных загрязнений с использованием тестового набора Zestron Resin Test.

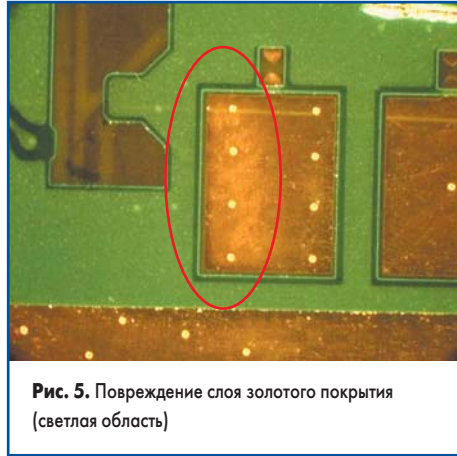


Рис. 5. Повреждение слоя золотого покрытия (светлая область)

3. Проверка наличия ионогенных загрязнений с использованием тестового набора Zestron Flux Test.

4. Измерение сил поверхностного натяжения.

Наблюдение интерференционной картины позволяет визуально определить наличие или отсутствие поврежденной/загрязненной металлизации. Данный способ контроля, как правило, позволяет выявить либо окислы, либо механические повреждения поверхности (рис. 5).

Тестовый набор Zestron Resin Test показывает наличие остатков канифольных флюсов (рис. 6). Такие загрязнения снижают адгезионные свойства поверхностей, что сказывается как на качестве разварки, так и на последующем применении материалов для капсулирования. Другие органические соединения, не имеющие в своем составе канифоль, могут

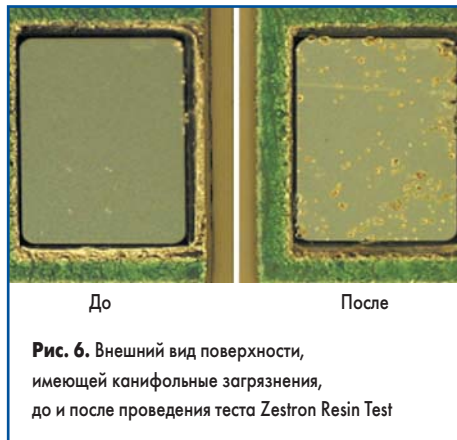


Рис. 6. Внешний вид поверхности, имеющей канифольные загрязнения, до и после проведения теста Zestron Resin Test

быть определены путем измерения сил поверхностного натяжения.

Самые опасные загрязнения, влияющие на эксплуатационные характеристики и надежность изделия, — ионогенные загрязнения, которые могут быть легко определены при помощи тестового набора Zestron Flux Test.

Сочетание данных неразрушающих методов контроля позволяет быстро и эффективно проверить состояние металлизации контактных площадок, являясь, таким образом, средством оптимизации процесса разварки.

#### Заключение

Проведенные компанией Zestron исследования показали, что загрязнения на поверхностях, подвергаемых разварке, оказывают негативное влияние как на качество сварных соединений, так и на их эксплуатационные характеристики.

Доказано, что предварительная отмычка перед разваркой повышает надежность сварных соединений и всего изделия в целом. В результате исследований было отмечено, что традиционные промывочные жидкости на основе ПАВ не способны обеспечить качественное удаление загрязнений, для чего компания Zestron разработала жидкости, в основе действия которых лежит запатентованная технология MPC. Исследования показали, что применение жидкостей на основе MPC-технологии обеспечивает необходимое качество удаления всех типов загрязнений и, как следствие, уменьшает время и мощность воздействия ультразвуковой энергии при разварке. Кроме того, сегодня существуют экспресс-методы контроля качества отмычки, позволяющие в кратчайшие сроки выявить различные загрязнения поверхностей контактных площадок и внести своевременные коррективы в производственный процесс. Нововведения компании Zestron способствуют эффективному удалению различных загрязнений с поверхностей конструктивных элементов электронных сборок и реализуют, таким образом, качественно новый подход к повышению надежности микроэлектронных изделий.