

# Оптическая инспекция качества посадки кристаллов при выполнении технологии SOB (кристалл-на-плате)

**Системы автоматической оптической инспекции качества посадки кристаллов теперь широко применяются на практике. Как было описано в предыдущей статье цикла (см. ТвЭП № 2, 2006 и [www.ivtec.ru/publication.php](http://www.ivtec.ru/publication.php)), для достижения нулевой дефектности процесса посадки кристаллов на печатную плату желателен 100%-ный неразрушающий контроль.**

**Фархад Фарассат,  
д. т. н.  
Йозеф Зедльмаер,  
д. т. н.  
Сергей Валев**

valev@ivtec.ru

В отличие от стандартных носителей, таких как выводная рамка и керамический корпус, печатная плата, керамическая подложка ГИС и платиковый корпус таят в себе множество потенциальных проблемных мест, вызванных неоднородностью поверхности.

В предыдущей статье рассматривался процесс оптической инспекции качества сварных соединений с помощью автоматической системы РВИ, разработанной F&K Delvotec. Та же система может быть использована для контроля качества посадки кристаллов. Как правило, для этого применяют две камеры: одну — после нанесения адгезива (припойной пасты, клея), другую — после монтажа самого кристалла. Для экономии места камеры могут быть смонтированы внутри установки посадки кристаллов. Конфигурация системы зависит от типа выпускаемых изделий: для выводной рамки и подобных регулярных структур (одно- или многорядных, несущих одинаковые кристаллы) достаточно одной или нескольких фиксированных камер. Более сложные много-

кристальные модули требуют камер с собственной системой приводов координат X-Y.

Обработка изображений системой РВИ (рис. 1) происходит в отдельном компьютере, который связан с основным компьютером установки посадки кристаллов лишь протоколом обмена данными о готовности. Таким образом, работа системы оптической инспекции не замедляет и не останавливает основную операцию посадки кристаллов. Более того, при программировании, обработке и хранении данных системы РВИ в локальной сети предприятия не требуется даже физического включения установки посадки кристаллов.

## Инспекция качества нанесения адгезива

Прежде всего стоит напомнить о том, что для различных типов и размеров кристаллов разработаны и оптимизированы разные методики нанесения адгезива («звездочка», «крестик» и т. п.). Клей, серебронаполненный и эпоксидный компаунд, припойная паста — все это материалы различной степени вязкости. Они требуют разных методов нанесения.

Единственным общим требованием к процессу нанесения адгезива является его стабильность, после того как определен адгезив и заданы соответствующие параметры. В процессе работы установки результат дозирования не должен меняться вне зависимости от того, меняется ли вязкость клея при его насыщении влагой из окружающей среды, меняется ли качество дозирования при отложении частиц подсыхшего адгезива на дозирующей игле и т. п. Если это универсальное требование к дозированию адгезива не соблюдается, исчезнет повторяемость процесса посадки кристалла в целом.

Система РВИ может отслеживать состояние важнейших параметров. Как упоминалось в предыдущей статье, работа системы может быть организована одним из двух принципиально различных способов:



**Рис. 1.** Пример оптической инспекции качества посадки кристалла. Конфигурация системы РВИ с двумя камерами различной степени разрешения

- В первом режиме система анализирует изображение нанесенного адгезива, и если происходит отклонение от идеала, заданного технологией, установка присваивает текущему изделию параметр «брак». Пользователь может задать реакцию установки на появление брака. Первый вариант — при появлении брака производственная линия будет остановлена, установка посадки кристаллов издает предупредительный сигнал и потребует вмешательства оператора. Второй вариант — забракованное изделие будет помечено как «подозрительное», его сборка на последующих операциях не будет производиться, но линия продолжит работу. В этом случае анализ причин появления брака будет произведен позже.
- Во втором режиме установка проводит более глубокий анализ и не только сравнивает реальное изображение с идеальным, но и проводит количественные измерения, а следовательно, и статистический анализ. Такой режим более точно идентифицирует тенденции процесса, чем простое разделение результатов на «хорошо» и «плохо».

При анализе изображения адгезива система, прежде всего, устанавливает соответствие количества точек или линий адгезива заданному.

Обычно для этого на подложке (плате) задаются одна или более реперных точек. Альтернативно, система может проводить измерения абсолютных координат нанесения адгезива на изделие, но для этого в технологии должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие точную повторяемую позицию изделия на рабочем столе установки посадки кристаллов. Такое построение работы системы способно мгновенно выявить, к примеру, случаи неверной центровки штемпельного инструмента в держателе или изгиб иглы дозатора.

Во многих случаях необходимо измерение количества нанесенного адгезива. Особенно это важно для составов, резко изменяющих свою вязкость при нахождении на воздухе. Так, если производство периодически прерывается, то неопределенное время между отдельными сериями циклов дозирования адгезив находится на воздухе (в емкости или шприце).

Однако стандартная оптическая инспекция почти всегда может косвенно оценить количество нанесенного адгезива, проанализировав двумерное изображение, полученное с вертикальной камеры. Результатов анализа 2D-изображения пятна адгезива оказывается достаточно, поскольку количество адгезива всегда напрямую определяет конфигурацию и размер пятна. Изменение вязкости адгезива также ведет к изменению наносимого количества и, как следствие, к изменению диаметра точки или ширины линии адгезива, в особенности в плоскости контакта адгезива с подложкой.

### Инспекция качества посадки кристаллов

Как правило, более важным, чем инспекция качества нанесения адгезива, является последующая инспекция посадки кристалла на предва-

рительно нанесенный адгезив. Система содержит программные процедуры, позволяющие пользователю быстро и просто сконфигурировать системную задачу.

В общем случае необходимо убедиться в том, что адгезив равномерно выдавлен по всему периметру кристалла.

Выдавливанию адгезива подразумевает, что кристалл не висит над подложкой ни с одной стороны. Контакт кристалла с твердой поверхностью является условием правильного теплообмена и последующей качественной сварки выводов. Кристаллы силовых приборов с их большими токовыми нагрузками требуют особенно равномерного и лишнего каверн слоя адгезива (обычно припойной пасты), поскольку он жизненно важен для организации равномерного теплоотвода и при термоциклировании препятствует возникновению термических напряжений в материале кристалла и подложки.

Наконец, толщина слоя адгезива под кристаллом тоже имеет огромное значение: с одной стороны, она должна быть минимальной, особенно для кристаллов силовых приборов. С другой стороны, адгезив должен полностью компенсировать все неровности подложки. Важно также обеспечить горизонтальность кристалла при уклоне подложки.

Инспекция качества нанесения адгезива перед монтажом кристалла помогает оценить количество и качество наносимого адгезива. После монтажа кристалла измерение галтели выдавленного адгезива завершает анализ и является отличным индикатором количества адгезива, находящегося под кристаллом. Типичный слой адгезива под кристаллом показан на рис. 2 (фотография сделана после операции сварки).

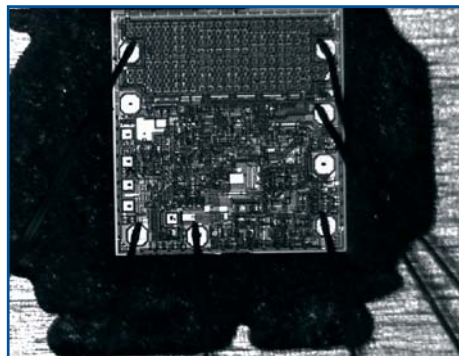


Рис. 2. Пример изображения смонтированного кристалла на слое адгезива перед началом анализа изображения системой PBI

Проанализировав изображение, можно сделать следующие выводы:

- адгезив занимает очень большую площадь вокруг кристалла;
- все углы кристалла поддерживаются адгезивом;
- поверхность выводной рамки имеет бороздки вследствие производственного процесса. Адгезив выделяет эти бороздки, поскольку они имеют различную степень смачиваемости (это особенно заметно на нижней части изображения).

Система Post-Bond Inspection позволяет весьма эффективно запрограммировать и проводить оптическую инспекцию, при этом само программирование ведется в очень простой и интуитивно-понятной среде.

Сначала методом drag-and-drop оператор задает четыре прямоугольника вдоль сторон кристалла. Изображение в этот момент подается с камеры в реальном времени. Затем система машинного зрения параметрирует заданные области и позволяет оператору выбрать вид инспекции. На показанном примере прямоугольники контрольных областей заданы так, чтобы в них присутствовал адгезив. Можно установить диапазон приемлемых значений, к примеру, адгезива в контрольной области должно быть не менее 50%.

При анализе изображения система PBI сначала распознает кристалл, а затем устанавливает на изображении заданные контрольные области. На рис. 3 видно, что адгезива слева больше, чем справа. Система также может проанализировать характер поверхности адгезива, который, как показано на этом изображении, различен с разных сторон кристалла. Если параметр статистической группы изделий (или единичный случай) превысит заданное пороговое значение, система может выдать звуковой сигнал, чтобы привлечь внимание оператора. Таким же образом система может сравнивать противоположные поля (левое и правое, верхнее и нижнее). Из разницы значений параметров можно сделать вывод о наклоне поверхности подложки и, следовательно, о неравномерности слоя адгезива под кристаллом. При монтаже с калиброванным усилием кристалл естественно выдавливает адгезив сильнее с той стороны подложки, которой он касается первой.

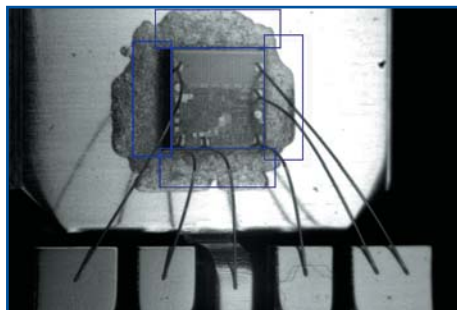
Есть еще одна возможность оценить качество процесса. Проанализировав места соприкосновения контрольных областей, то есть углы кристалла, оператор может с уверенностью судить о том, насколько нижняя сторона кристалла покрыта адгезивом. На основании исследований можно запрограммировать систему так, что годными будут считаться кристаллы, по углам которых не менее 20% площади закрыто адгезивом.

Система должна очень четко отличать адгезив от поверхностей подложки и кристалла. Для этого оператор может программировать такие параметры машинного зрения, как яркость, цвет и т. п. Однако, главным образом, качество распознавания зависит от типа подсветки.

При работе с каким-либо изделием важно определить тип подсветки и ее цвет. Система имеет множество вариантов подсветки отраженным или прямым светом разных цветов. Обычно подсветка выполняется на основе массивов светодиодов, расположенных тем или иным образом. Яркость подсветки программно регулируется. Таким образом, подсветка системы PBI может быть адаптирована к любому сочетанию поверхностей и материалов, даже если в ходе инспекции одного изделия приходится применять различные типы и цвет подсветки.

Горький опыт многих руководителей, приобретавших для своего предприятия системы оптической инспекции, свидетельствует о том, что целесообразной такую покупку делает только ее каждодневное использование. Как правило, программное обеспечение таких систем довольно громоздкое, а его возможности редко используются более чем на 40–50%.

Программное обеспечение системы РВИ имеет явное преимущество над прочими установками — все параметры легко задаются и понятны любому оператору. Процедуры работы системы распознавания основаны на современной программной базе, это делает программирование максимально толерантным и минимизируют ложную отбраковку, обусловленную, например, разницей отражающих свойств поверхности мелких кристаллов. И самое главное — система оптимизирована для контроля операции посадки кристаллов и предотвращает дальнейшую обработку изделий с реальными дефектами. Оба этих преимущества на практике окупаются очень быстро, и в этом причина популярности данной системы.



**Рис. 3.** Пример инспекции кристалла с четырьмя контрольными зонами анализа галтели адгезива вокруг смонтированного кристалла

Будучи встроенными в технологическую линию, системы РВИ имеют еще одно преимущество: они устанавливаются в непосредственной близости от рабочего стола установки посадки кристаллов или сварки, а именно внутри самой установки или на ее выходном конвейере. С экономической точки зрения, даже в случае тотальной проблемы с качеством посадки или сварки, будет потеряно лишь несколько изделий, а не тысячи или сотни, как

в случае приобретения отдельно стоящей установки АОI, которую, как правило, помещают в конце автоматической линии, непосредственно перед операцией окончательной сборки (заливки компаундом). Системы РВИ быстро реагируют на возникновение проблем с качеством — вот почему они считаются мощным инструментом снижения себестоимости, в особенности при производстве дорогих изделий.

С изменением структуры производства в сторону многономенклатурного (или мелкосерийного) и внедрением у многих потребителей системы поставки JIT (точно вовремя) любое решение, облегчающее быстрый переход с изделия на изделие и снижающее риск возникновения брака, принимается на ура. Внедрение специализированной системы оптической инспекции РВИ способно существенно снизить риск дорогого ремонта изделий, забракованных на более поздних стадиях производства. Иначе говоря, предприятие не покупает лишних компонентов, которые попадают в отходы и не расходует рабочее время и энергоресурсы на устранение брака. ■