

Современная технология рентгеновского контроля

Независимо от того, насколько совершенные изделия сходят с конвейеров предприятий, поставщики электроники еще не могут полностью удовлетворить запросы на более миниатюрные, дешевые и производительные продукты. В частности, именно высокие требования заказчиков служат причиной экспоненциального роста количества паяных соединений в печатных платах, а также и числа сборок со скрытыми паяными соединениями. Возрастающее количество скрытых соединений создает серьезные трудности для производителей BGA, μ BGA, CGA и flip-chip-устройств.

д-р Удо Е. Франк
д-р Норберт Денеке

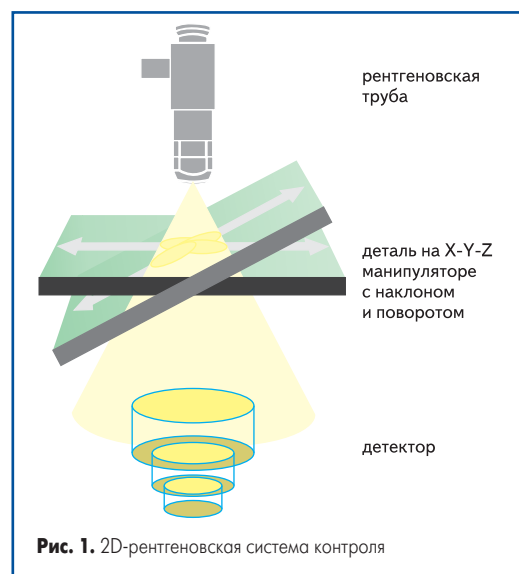
Перевод:
Алексей Левашов

levashov@ndt-is.ru

Однако проблемы контроля электроники можно решить, например, с помощью рентгеновских систем, обладающих высоким разрешением. Эти мощные системы способны очень точно оценивать качество скрытых паяных соединений. В отличие от оборудования с машинным зрением и оптическим контролем рентгеновские системы просвечивают материалы, чтобы показать скрытые паяные соединения в различных приборах с планарным массивом выводов. Рентгеновские системы также используются и при контроле качества в производстве полупроводниковых пластин. Более того, сегодня имеются системы рентгеновского контроля ультравысокого разрешения, сконструированные для определения крошечных дефектов в возрастающем многообразии микроэлектромеханических систем.

Ключевые компоненты

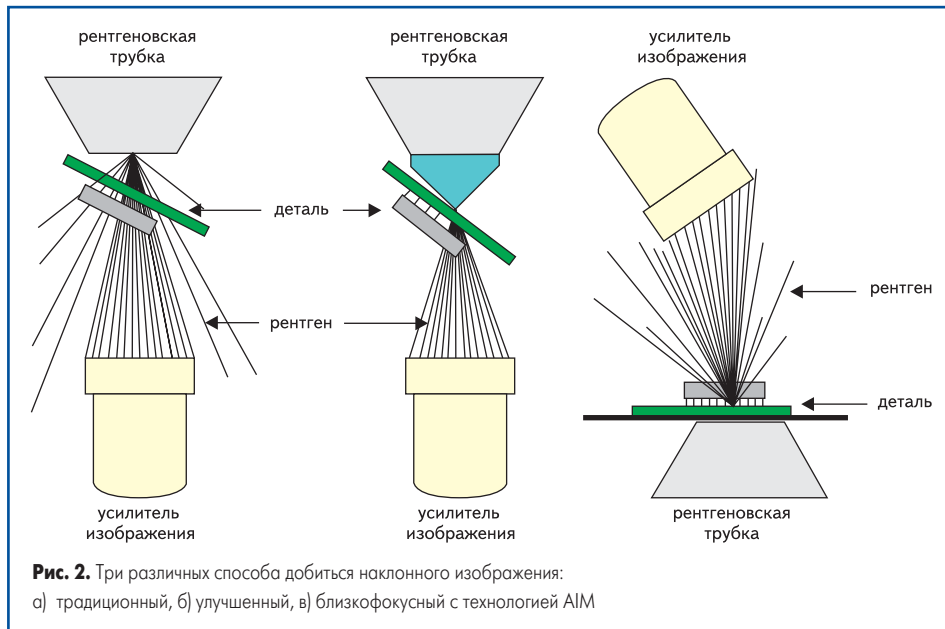
Наиболее эффективная 2D-система рентгеновского контроля (рис. 1) состоит из трех главных составляющих: рентгеновского источника, которым является рентгеновская трубка закрытого или открытого типа; детектора рентгеновского излучения и устройства для закрепления и манипулирования контролируемым объектом. Открытая микрофокусная трубка обычно используется там, где требуется высокое разрешение. Как видно из названия, микрофокусная трубка может обеспечить пространственное разрешение до 1 мкм. Разрешение зависит от величины фокусного пятна, или фокуса, — площадки внутри рентгеновской трубки, излучающей рентгеновский пучок. Детектор собирает рентгеновское излучение, прошедшее через деталь, и обрабатывает информацию в реальном времени, чтобы получить видимое для человеческого глаза изображение. Наиболее распространенные детекторы комбинируют видеокамеру и усилитель изображения, которые преобразовывают рентгеновское



излучение в видимый свет. Новые варианты детекторов сочетают высокочастотные камеры и плоские цифровые детекторы. Манипулятор используется для точного позиционирования по осям X-Y-Z, а также для наклона и поворота детали. Это устройство должно быть способно менять скорости перемещения и поворота, чтобы покрыть диапазон скоростей от быстрого осмотра при малом увеличении до медленного изучения при высоком увеличении.

Осмотр под наклоном

Совершенная система манипулирования — главный компонент современной рентгеновской системы контроля. Оборудование двумерного контроля, которое не может наклонять и поворачивать деталь, ограничивает обзор видом сверху. Но этого обычно недостаточно для полной оценки паяных соединений в современных электронных приборах. Производители должны также изучать паяные соединения



и в третьем измерении, чтобы быть уверенными, что они не пропустили ни одного дефекта. Нужные данные могут предоставить трехмерные системы, однако трехмерный анализ занимает гораздо больше времени, чем двумерный, и замедляет производство. В качестве более совершенной альтернативы используются двумерные системы, способные наклонять и поворачивать деталь под различными углами к рентгеновскому лучу. Такая техника обеспечивает осмотр в третьем измерении, позволяя оператору проверять деталь под разными углами.

Но не все системы с наклонными видами являются лучшим решением задач контроля. Некоторые позволяют смотреть только под определенными углами наклона или поворота (рис. 2а). Кроме того, для возрастающего числа приложений виды под углом, полученные при наклоне и повороте детали, не соответствуют заданному увеличению, поскольку при наклоне деталь автоматически удаляется от фокуса. Для получения наклонных видов при высоком увеличении (рис. 2б) производителям нужно размещать деталь как можно ближе к фокусу, сохраняя наклонное положение. Для работы со многими системами необходимы высококлассные специалисты, которые во время сложных процедур контроля могут удерживать интересующую их область в поле зрения, одновременно перемещая детали, детектор или все вместе.

Преимущества технологии AIM (Auto-Isocentric Motion)

Именно эти насущные потребности послужили импульсом для FEINFOCUS GmbH к созданию технологии авто-изоцентрированного движения (AIM). Система с возможностью получения наклонных видов, использующая технологию AIM (рис. 2в), позволяет максимально сократить расстояние фокус — объект и получить четкие изображения под различными углами наклона и поворота. В AIM-системах детектор рентгенов-

ского излучения может передвигаться в различных направлениях, в то время как деталь остается неподвижной и максимально приближенной к фокусу. Для этих целей детектор закрепляется на специальной изогнутой направляющей, которая позволяет наклонять его под углом до 60°. Направляющая крепится на специальном стержне, поворачиваемом на 360°. Детектор можно остановить в любой точке «сферы перемещения», сохраняя постоянное расстояние от рентгеновского излучателя.

Рентгеновское излучение, исходящее из фокусного пятна, имеет коническую форму. Установленный в центр сферы исследования, детектор фиксирует рентгеновское излучение по центру этого конуса. Перемещая детектор от центра сферы, оператор сдвигает линию обзора, позволяя прибору фиксировать излучение на внешних краях конуса. Предварительным условием этой удобной процедуры является использование микрофокусной трубки открытого типа с прострельной мишенью, которая обеспечивает угол раскрытия конуса на 170 градусов и расстояние между фокусом и объектом 0,25 мм.

При каждом движении детектора AIM автоматически удерживает интересующую область в поле видимости системы. Ключевыми моментами автоматической подстройки AIM являются точный манипулятор и сложный алгоритм, который просчитывает движения манипулятора, сохраняя область исследования в поле видимости.

Другой важный аспект работы систем с технологией AIM — способность производить сложные манипуляции с деталью без риска ее повреждения. Благодаря сложной защите от столкновений, оператор может сфокусироваться на изображении, получаемом системой, не беспокоясь о положении детали или возможных столкновениях. В отличие от других систем, где параметры защиты от столкновений вводятся в программу оператором, встроенная защита AIM полностью автоматизирована. Снимок

детали оптической камерой служит картой для быстрого позиционирования манипулятора.

В помощь операторам система с технологией AIM предлагает различные средства по манипулированию и обработке изображений, такие как центровка по нажатию (которая переносит область исследования в центр экрана); выделение с увеличением (увеличивает область обзора до размеров экрана); наклон с поворотом (использует виртуальный джойстик для передвижения детектора, удерживая область обзора в зоне видимости); наклон по кругу (позволяет получать в реальном времени наклонные виды области обзора при любом увеличении и под любым углом). Все операции доступны по щелчку мыши.

Возможности системы включают и такие атрибуты обработки изображения в реальном времени, как увеличение контраста, выделение границ, удаление фона и псевдо-3D-представление. Эти особенности помогают оператору получить наилучшие изображения, на основе которых принимаются решения о пригодности детали. Кроме того, система имеет модули автоматического распознавания дефектов, в частности, автоматический подсчет пустот и анализ паяных соединений. Системы FEINFOCUS GmbH, оборудованные AIM, рекомендованы для работы с многослойными деталями, контроль которых на обычных системах является слишком трудоемким.

Рассмотрим поближе

Для более гибкой установки лабораторных систем с универсальным манипулятором без технологии AIM, эффективный контроль с большим увеличением может быть выполнен с помощью конического анода (рис. 3) — технологии, которая помещает фокусное пятно в наконечник рентгеновской трубки, имеющий форму конуса. Данная опция легко крепится без дополнительных средств на стандартную трубку с прострельным анодом. Коническая форма насадки позволяет оператору передвигать фокусное пятно между реальными компонентами на плате.

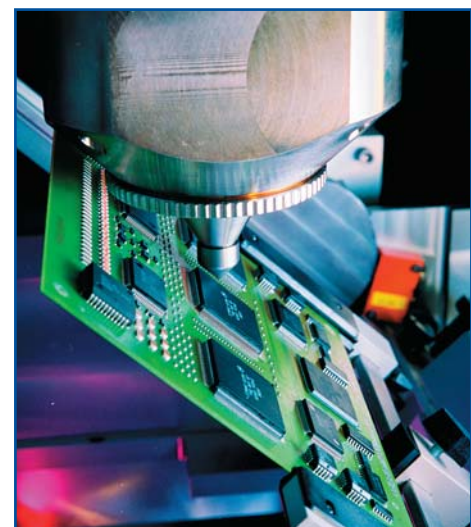


Рис. 3. Конический анод



Рис. 4. Рентгеновская система контроля WBI-FOX

Системы 2D-рентгеновского контроля также находят применение в полупроводниковом и сборочном производстве, где прежде применялся оптический, лазерный и ультразвуковой контроль для нахождения поверхностных дефектов, таких как выемки, царапины, утолщения и инородные включе-

ния. С переходом на технологии полупроводниковых пластин традиционные способы контроля дефектов подложки были направлены на проверку параметров столбиковых выводов — диаметра, толщины и округлости. Но поскольку подобные методы не могут определить количество припоя, то нельзя поручиться за надежность и технические характеристики продукта. Поэтому сегодня производители подложек предпочитают рентгеновский контроль высокого разрешения — единственную технологию, позволяющую анализировать массу припоя и пятна пустот скрытых под поверхностью вывода. В этих условиях наиболее эффективные рентгеновские системы контроля спроектированы с учетом стандартов автоматической обработки 200- и 300-мм пластин (рис. 4).

Необходимость нанофокуса

Несмотря на впечатляющие возможности, микрофокусные рентгеновские приборы не предназначены для тех задач контроля, которые ставят сегодня микроэлектромеханические (MEMS) и микрооптоэлектромеханические (MOEMS) системы. Появление MEMS и MOEMS стало движущей силой развития так называемой нанофокусной технологии рентгеновского контроля. С фокусным пятном мень-

ше 1 мкм в диаметре нанофокусные системы FEINFOCUS GmbH могут обеспечить разрешение, необходимое для контроля ультрамалых компонентов. Даже если задача не требует нанофокусной технологии, очень высокое разрешение позволяет получить более четкое изображение контролируемой площади.

Двумерные микрофокусные рентгеновские системы контроля просвечивают материалы, чтобы помочь производителям печатных плат всесторонне оценить качество скрытых паяных соединений в приборах с планарным массивом выводов. Благодаря некоторым технологическим нововведениям, эти двумерные системы могут «заглянуть» в третье измерение без снижения быстродействия производственных линий печатных плат. Рентгеновские системы также выполняют трудные задачи в полупроводниковом производстве. Так, при изготовлении MEMS и MOEMS используются новые нанофокусные рентгеновские системы, благодаря которым можно получить изображение с ультравысоким разрешением, а значит, и разглядеть малейшие дефекты. Некоторые рентгеновские системы сочетают микрофокусные, нанофокусные и высокомошные свойства, предоставляя производителям гибкость решений в выборе рентгеновского режима задачи контроля.