

# РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ

## ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

**П**ри выборе систем рентгеновского контроля печатных узлов необходимо знать некоторые особенности самого метода. Это позволяет выработать правильные рекомендации по выбору контрольной аппаратуры.

Рентгеновский контроль позволяет проверять места паяных соединений неразрушающим способом в изделиях электроники, которые не могут быть проконтролированы оптическими средствами. Например, рентгеноскопия обеспечивает исследование качества паяных соединений в корпусах с матрицей выводов, таких как BGA. Она также может использоваться для проверки качества присоединения проволочных выводов внутри корпусов полупроводниковых приборов и поверхностно монтируемых компонентов с очень малым шагом выводов.

Применение высококачественной рентгеновской системы в области контроля почти безгранично. Традиционно рентгеновский контроль использовался для анализа эксплуатационных отказов. Совсем недавно преимущества рентгеноскопии стали очевидны и для качества производства, и для управления производственным процессом. Возросшее использование корпусов с матричным расположением выводов, корпусов в размер кристаллов и монтажа по методу перевернутого кристалла требуют его применения. Автоматический оптический контроль для этих приборов неэффективен, поскольку их паяные соединения не видимы для оптических систем.

Рентгеновский контроль следует проводить после доводки любой области матрицы выводов или безвыводных квадратных плоских компонентов. Это быстро подтверждает качество доводки неразрушающим способом и помогает установить правильный процесс доводки.

Наиболее распространенным типом оборудования рентгеновского контроля является система двумерного изображения. По существу она представляет собой рентгеновский

микроскоп. Рентгеновское излучение проходит от рентгеновской трубки (генератора излучения) через исследуемый образец и поступает на электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который преобразует рентгеновское изображение в видимое, обычно индицируемое на мониторе ПК (рис.1). Любой объект или материал внутри образца, который имеет более высокую плотность, чем его окружение, поглощает больше рентгеновского излучения. В результате, чем меньше рентгеновского излучения проходит через образец в этом месте, тем меньше попадает его на экран ЭОП в соответствующих точках, создавая более темное пятно на детекторе. Типичное рентгеновское изображение печатной платы, создаваемое системой рентгеновского контроля, имеет места соединений, концы проводов и печатные проводники более темными в сравнении с ламинированной частью платы. Чем

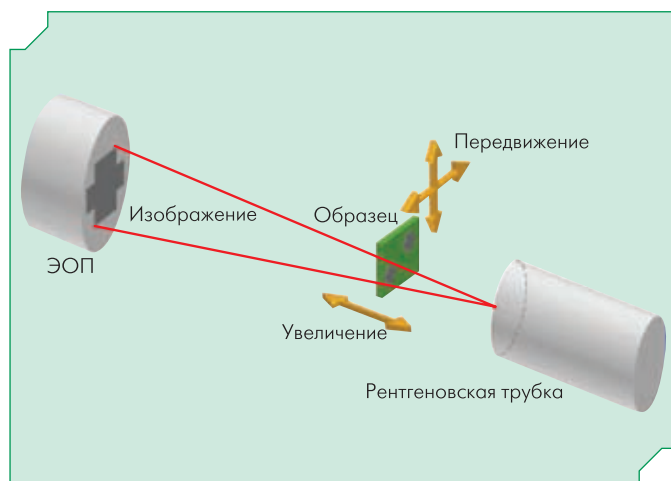


Рис.1 Базовая схема системы рентгеновского контроля

больше различие в плотности материалов, тем выше контрастность на рентгеновском изображении. Например, пустоты или воздушные пузырьки внутри шариковых выводов BGA имеют гораздо меньшую плотность, чем окружающий припой, и поэтому легко различимы.

**Увеличение и качество изображения.** В ТУ некоторых систем рентгеновского контроля для указания возможностей системы приводится термин "увеличение системы" или "полное увеличение". Этот термин показывает отношение размера образца, представленного на экране оператора, к истинному его размеру. Таким образом, если в системе используется более крупный монитор или плоская панель дисплея, увеличение такой системы будет существенно повышено, хотя геометрическое увеличение и качество изображения останутся неизменными.

Независимо от конкретного применения системы рентгеновского контроля строго рекомендуется, чтобы она обеспечивала вид сверху вниз и не прямой угол зрения. Система также должна иметь высокий уровень чувствительности шкалы яркости в ЭОП.

При контроле шариков припоя основная масса припоя мешает наблюдению едва различимых изменений, которые могут происходить в граничных областях между шариком припоя и контактной площадкой платы. А эти граничные области показывают, приемлемо ли качество соединения. При наблюдении соединения под непрямым (острым) углом помехи от массы шарикового вывода могут быть снижены или даже устранены. Это позволяет четко визуализировать форму шарика припоя и любые вариации граничной области.

Способность наблюдения под непрямым углом может быть достигнута перемещением ЭОП под непрямым углом относительно плоскости трубки и образца. Это заменяет традиционный метод наклона образца относительно плоскости трубки.

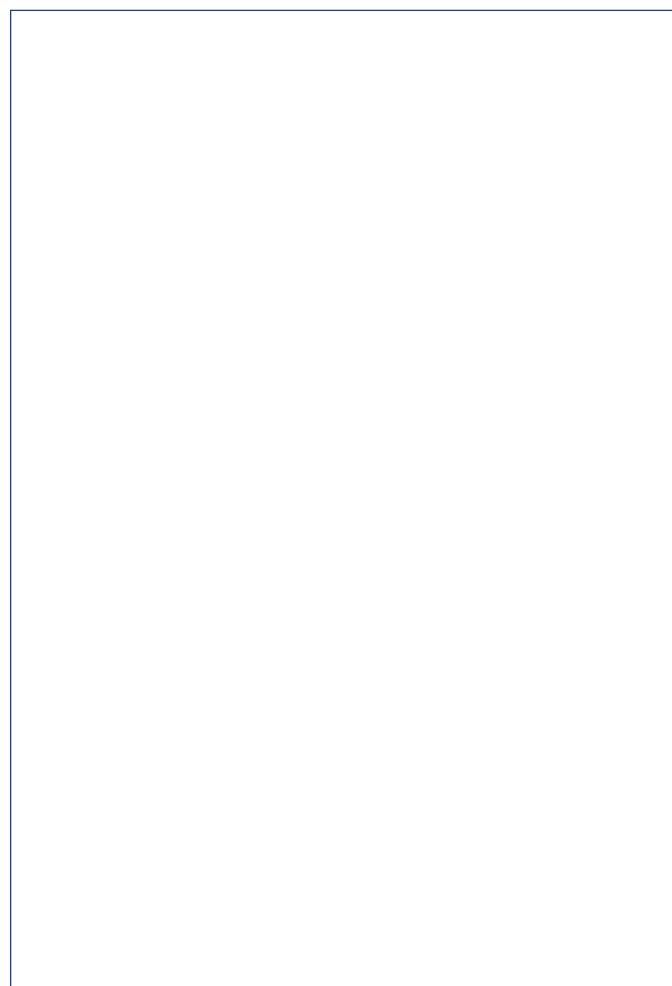
Повышенная чувствительность шкалы яркости ЭОП позволяет обнаруживать едва уловимые изменения и дефекты внутри образцов.

**Пористость.** В качестве стандартных методов рентгеновского контроля специфических типов компонентов собранного печатного узла в производственных условиях предлагаются различные процедуры. Для нормального пооперационного контроля рекомендуется, чтобы из каждой партии обследовался образец из двух плат. Контроль должен проводиться также, когда изменяется температурный профиль или когда устанавливается профиль для новой продукции. Информация контроля представляет ценность для рекомендаций, особенно когда используются новые типы компонентов.

Пористость – обычный дефект, обнаруживаемый рентгеновским контролем. В порах присутствуют пузырьки воздуха

или другие неметаллические материалы, попавшие в паяное соединение. В процессе производства пористость обычно вызывается либо ошибкой при достижении пиковой температуры расплавления припоя, либо недостаточным временем нахождения платы при температуре выше жидкостного состояния паяльной пасты. Вопрос о допустимом уровне пористости жарко обсуждается. Паяные соединения из оловянно-свинцового или бессвинцового припоя будут почти всегда содержать некоторый уровень пористости. Однако размеры и количество пор, по-видимому, зависят от образца и чувствительности ЭОП рентгеновской системы контроля.

Присутствие пор и их количество – это показатель качества производственного процесса. Если уровень пористости со временем растет или падает, это часто рассматривается как точный показатель изменений в производственном процессе. Процент пористости BGA вычисляется на рентгеновской системе контроля суммированием более светлых пикселей (пикселей пор) внутри каждого шарика припоя и определением их процента от полного числа пикселей внутри всей области шариков припоя. Это вычисление достигается при просмотре шарика сверху вниз, но надо понимать, что оно дает оценки, основанные на двумерных данных для трехмер-



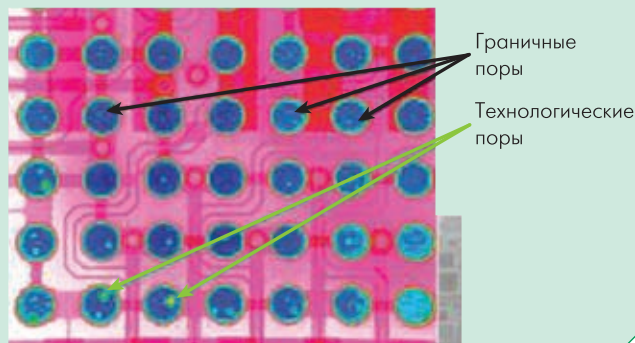


Рис.2 Типичные граничные и технологические поры внутри соединений BGA

ных сфер. Это вычисление требует установку подходящего порога шкалы яркости, чтобы определять очертания шарика и пиксели пор.

Существует два основных типа пор: технологические, или объемные, и граничные. Технологические поры часто относительно большие и размещаются в середине шарика или связаны с одной из границ шарика припоя, стороной контактной площадки или компонента. Эти поры часто могут сокращаться по размеру благодаря продлению на несколько секунд жидкостного состояния паяльной пасты, что позволяет летучим веществам полностью испариться в течение расплавления припоя.

Граничные поры меньше технологических и, как правило, связаны с границами шариков припоя. Положение этих пор подтверждается при наблюдении шарика припоя в рентгеновской системе под различными углами зрения и его передвижении относительно окружающего материала.

Ограниченные возможности по шкале яркости более ранних систем рентгеновского контроля не позволяли наблюдать граничные поры, а только более крупные технологические. Новые цифровые системы могут обнаруживать их благодаря усовершенствованиям рентгеновских трубок (рис.2).

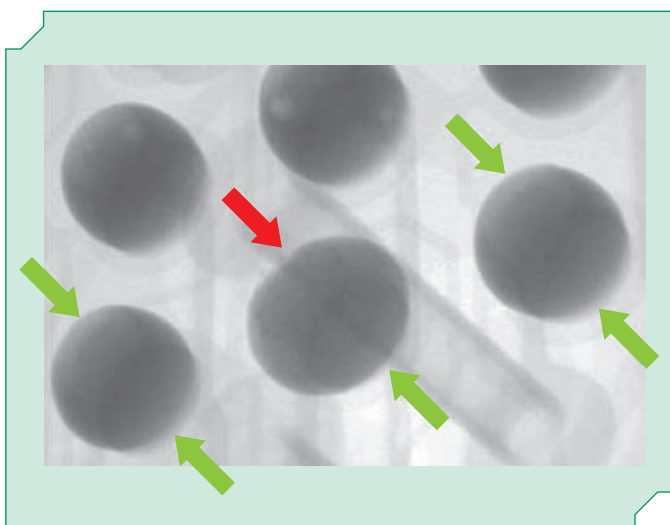


Рис.3 Вид под непрямым углом зрения BGA с пропущенной отсутствующей границей соединения

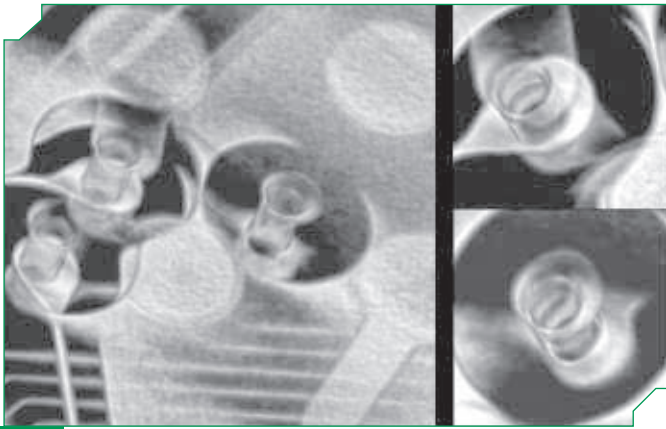
Предполагается, что любая пористость на границе BGA может быть более пагубна для качества всего соединения, чем пористость в объеме шарика припоя или на границе контактной площадки. Известно, что граничные поры могут вызывать производственные проблемы из-за отказа, названного "пенистой" пористостью. Считается, что значительная пористость на границе контактной площадки в результате воздействия финишного покрытия платы может вызвать "пенистую" пористость. Цифровая рентгеновская система с большей чувствительностью по шкале яркости по сравнению с ее аналоговым предшественником способна различить разницу между граничными и объемными порами и подчеркнуть наличие непропаянных или разомкнутых соединений (рис.3).

**Признаки смачиваемости.** В качестве содействия контролю BGA для подтверждения качественного расплавления припоя или для подчеркивания наличия разомкнутых соединений можно при проектировании модифицировать контактные площадки BGA так, чтобы они включали "признаки смачиваемости". Эти признаки намного упрощают контроль паяных соединений BGA, поскольку признак смачиваемости — это незначительное, намеренное изменение в форме соединения BGA, которое можно легко увидеть на рентгеновском изображении. Например, это может быть достигнуто проектированием контактных площадок эллиптической, а не круглой формы. Кроме того, площадь проводящей дорожки от монтажной площадки может быть оставлена без защиты определенной конструкцией паяльной маски. В результате любой модификации припой имеет возможность в процессе расплавления смачиваться в стороне от основной площадки, что вызывает характеристическую форму шарика припоя по сравнению со "стандартным" расплавлением. Эта характеристическая форма смачивания будет видна на рентгеновском изображении и упростит идентификацию любого непропаянного соединения.

Не все площадки следует исследовать таким способом. Достаточно иметь этот тип показателя расплавления припоя около каждого угла BGA вместе с несколькими в центре прибора. Наиболее вероятно, что отказы возникают в этих двух областях. Такой метод гарантирует эффективность процесса расплавления.

Рентгеновская система контроля должна проводить измерение процента пор в BGA автоматически, так чтобы любые изменения в уровне пористости во времени могли быть идентифицированы. Измерение процентного уровня пор внутри BGA не только обеспечивает соответствие качества современного производства требуемым стандартам, но также способно проводить мониторинг любых незаметных изменений, которые могут происходить в производственном процессе.

Контроль компонентов в плоских квадратных корпусах должен начинаться от одного угла прибора и проходить по



**Рис.4** Микроотверстия внутри BGA, полученные с помощью компьютерной томографии

всем четырем сторонам. Необходимо обращать внимание на наличие галтели.

**Контроль дискретных приборов.** Рентгеновский контроль пассивных компонентов следует оставлять напоследок. Благодаря своей малой массе они пропаяются прежде любого другого компонента и, следовательно, пористость в них наименее вероятна. Однако у них может наблюдаться пористость после расплавления припоя на двух сторонах платы.

Маловероятно также, чтобы небольшие активные компоненты, такие как SOT23, SOT89 и SOIC, имели плохую пропайку. Малая их масса обеспечивает их полную пропайку.

**Усовершенствованные упаковки.** Проверка полупроводниковых приборов предъявляет более строгие требования к рентгеновской системе и создает ряд серьезных проблем. Традиционный анализ, использующий двумерное рентгеновское изображение, часто ограничен в отношении передовых упаковок, так как все слои внутри прибора видны одновременно. Это может сбить с толку, поскольку множество кристаллов и слоев проволочных соединений могут перекрывать друг друга в двумерном изображении.

Другую проблему контроля упаковок представляет обнаружение граничной и слоистой пористости внутри микроотверстий. В то время как их трудно обнаружить с помощью двумерной рентгеновской системы, они легко определяются компьютерной томографией (рис.4).

Последние достижения в компьютерной томографии увеличивают скорость формирования изображения и разрешающую способность.

Компьютерная томография становится идеальной методологией контроля сложных трехмерных упаковок, поскольку она генерирует трехмерную модель всего электронного устройства.

Технология компонентов продолжает тенденцию миниатюризации приборов, поэтому необходимость в рентгеновском контроле становится все более очевидной. 