

Оптическая инспекция. Сканером или камерой?

Можно спорить, что лучше: контролировать электронные изделия по признакам внешнего вида глазами или с использованием средств технического зрения. Бесспорно, в России использование наемного труда дешевле, чем приобретение технологического оборудования, для эксплуатации которого опять же нужен человек. Но неоспоримо и другое: достоверный результат и гарантии качества можно получить только при вооружении человека-оператора интеллектуальными системами оптического тестирования. Таким образом, остается вопрос: что лучше выбрать по критерию «цена — качество»? Авторы предлагают свои оценки для такого выбора.

**Станислав Борисенков,
Иван Казанцев**

y.kaz@pisem.net

Введение

В прошлом автоматическая оптическая инспекция (АОИ) проводилась с помощью одной или нескольких черно-белых камер, которые могли передвигаться над поверхностью исследуемого объекта в плоскости (X, Y). Исходя из информации CAD система определяла, над какой точкой необходимо провести съемку для осуществления желаемого контроля. Данный метод являлся выборочным, поскольку проводилась съемка только того места, где расположены проверяемые элементы.

Для получения изображения оптимальной резкости размер обрабатываемого объекта должен лежать в диапазоне от 8×8 до 40×40 мм. Чем больше весь проверяемый объект и чем меньше размер элементов, тем больше фотографий необходимо сделать и тем дольше производится контроль.

Но недавно сканирующие системы начали вытеснять системы на основе камер.

Быстрая обработка полноцветных изображений, простая настройка и привлекательная цена на первый взгляд вызывают большой интерес и заставляют выбирать сканирующие системы. Конечно, при первоначальном знакомстве с проблематикой АОИ это кажется самым простым решением. Но чем дольше работаешь со сканерами, тем отчетливей обнаруживаются отличия и ограничения, которые заставляют более критично рассматривать ранее упомянутые аргументы о смене камерных систем на сканирующие установки.

Требования к системам АОИ

Требования к системам АОИ также разнообразны, как и предлагаемые на рынке решения. Вообще предназначением систем АОИ является обнаружение дефектов изделий и вызывающих их «узких мест» в производственном процессе. Это могут быть отсутствующие, перепутанные или

неполярные элементы. Система должна позволять осуществить корректную проверку установки компонентов с контролем параметров установщика компонентов. Откровенно говоря, постоянно уменьшающийся шаг выводов элементов требует прецизионного контроля установки.

Также многие потенциальные пользователи уделяют большое внимание проверке галтелей, хотя достаточно хорошо известно, как сомнительны результаты и выводы на основе такой проверки при малом количестве проверенных экземпляров. Большая часть проблем с галтелями может быть предотвращена достоверной проверкой паяльной пасты. Такая проверка должна быть постоянной. Так, в установке трафаретной печати часто интегрируют дорогие элементы, которые, однако, обладают неполными инспекционными возможностями.

В большей степени проверка нанесенной пасты необходима для компонентов BGA и mBGA и должна обязательно проводиться перед процессом пайки. Как правило, 60% всех проблем паяных соединений происходят во время нанесения паяльной пасты.

В то время как ошибки отсутствия компонентов происходят все реже, предназначением инспекции сегодня становится контроль влияния человеческого фактора и ошибок машин на параметры установки компонентов. Поэтому основные задачи инспекции — это не только обнаружение ошибочных и неполярных компонентов, но и обеспечение точного позиционирования BGA и компонентов с малым шагом выводов, ремонт которых после оплавления довольно дорог. Таким образом, основной функцией систем АОИ должно быть достоверное измерение разворота и смещения компонентов. Должна быть возможность надлежащего компенсации искривлений и деформаций печатных плат. Разумеется, программное обеспечение должно быть пригодно для установки на другие системы без значительной переналадки.

Сканирующие системы

Сканер обрабатывает целую плату за один проход. Но у этой технологии, как и у всей техники на базе ПК, длительность обработки чрезвычайно велика. Например, на сегодняшний день сканирование двойной европлаты при разрешении 600 dpi занимает 15 секунд. Обработка изображения занимает около 3 секунд, то есть весь процесс проверки занимает порядка 18 секунд. Длительность сканирования равна вышеуказанной только в том случае, когда электронный модуль целиком помещается в сканер и разрешающая способность 600 dpi достаточна для проверки.

Преимущество в скорости проверки, но недостаток в том, что весь проверяемый объект сканируется с одним и тем же разрешением. Если же для четкой проверки необходимо более высокое разрешение, то приходится сканировать с тем же разрешением весь электронный модуль.

Тут и кроется проблематика сканеров. Если черно-белая картинка формата А4 при разрешении 600 dpi занимает только 4 Мбайт, то такая же картинка в цвете занимает уже почти 100 Мбайт. Для изображения того же размера при разрешении 1200 dpi необходимо 16 Мбайт для черно-белых и 400 Мбайт для цветных изображений.

Если попробовать обработать файл размером 100 Мбайт на обычном компьютере, то, скорее всего, начнутся проблемы с распределением памяти, ведь для полноценной обработки такой картинке желательно иметь 1 Гбайт оперативной памяти.

Разрешение и объем оперативной памяти

Очевидно, что для предварительной проверки модулей с компонентами с малым шагом выводов необходимо наблюдать определенное число пикселей в промежутках между выводами компонентов. Это значит, что для достоверного использования в высокотехнологичном производстве минимальное разрешение — 600 dpi (оптимально — не менее 900 dpi). Но разрешение определяет размер изображения, что при больших электронных модулях очень быстро приведет к возможному переполнению памяти. К этому же добавляются неточности из-за искривления плат и невоспроизводимость сканирования (± 1 пиксель), которые быстро сделают картинку непригодной для анализа.

При расстоянии между выводами компонента 0,4 мм и разрешении изображения 600 dpi (23,6 пикс/мм), получаем 9 пикселей между выводами. При окне сканирования* (*Набор рядом расположенных пикселей, которые программа анализирует для сравнения полученного изображения с идеальным или информацией из САД) шириной 3 пикселя имеется минимальный, шириной всего 3 пикселя, допуск на сдвиг. Прогиб на 2 пикселя (0,1 мм) вместе с погрешностью настройки ± 1 пиксель заставят окно сканирова-

ния сдвинуться относительно компонентов, что ведет к неизбежной ложной индикации перемычки между выводами.

Затруднения вызваны тем, что сканирующая система работает не выборочно. Это хотя и ускоряет обработку изображений, но вышеупомянутые неточности могут быть компенсированы только увеличением допусков, что ведет к возможным пропускам истинных ошибок.

Фокус

Сканер имеет постоянный фокус. Для получения годной для использования картинки нужно настроить фокус так, чтобы были видны самые маленькие компоненты. Но что делать, если электронный модуль содержит большой набор компонентов, включая высокие?

Для встраиваемых в линию сканирующих систем фокус устанавливают одновременно. Чем ниже установлен фокус, тем более размытым получается изображение высоких компонентов, и тем больше проблема параллакса.

Проблема параллакса

Следующим важным параметром качества сканеров является их параллакс — искажение изображения по одной или обоим осям, которое индивидуально для каждого сканера и особенно проявляется на границе получаемого изображения. Измерение и компенсация этих искажений в районе фокуса возможно, но не для различных по высоте элементов. Вследствие этого возникает разногласие между компенсированными искажениями на поверхности электронного модуля и увеличением возникающих искажений высоких элементов. Кстати говоря, искажения еще зависят от угла поворота элементов. Параллакс не позволяет корректно настроить расположение контрольной зоны сравнения и вызывает дальнейшие ограничения:

1. Ограничение видимости. Когда можно проверить замыкания компонентов с малым шагом выводов (см. ранее), выводы более высоких элементов по крайней мере на одной стороне корпуса будут не видны. Таким образом, тотальная проверка на перемычки не возможна.

2. Последующая обработка при использовании информации из САД-систем. Автоматическое программное наведение (установка окна сканирования по информации из САД-систем) зависит от разворота и высоты элементов и места, в котором проверяющая программа однажды была настроена для этого.

Изображения одного и того же элемента будут зависеть от его положения в группе, например, если компонент находится у края большой группы элементов, он будет выглядеть не так, как если бы он был расположен в центре небольшого электронного модуля. Окно сканирования должно быть скорректи-

ровано относительно информации из САД-системы, или должен быть увеличен допуск, что может привести к пропуску истинных дефектов. Этот эффект особенно негативно влияет на работоспособность электронных модулей.

3. Аттестация. Сканер не позволяет осуществлять аттестацию автоматов по установке компонентов. При высоких компонентах нужно неоднократно перепроверять, находится ли компонент в заданной зоне, поскольку искажение изображения тем сильнее, чем дальше объект от поверхности печатной платы. Незначительный прогиб и кривизна печатной платы дополнительно влияют на эти неточности.

4. Измерение расстояния. Разумеется, из-за вышеупомянутых эффектов любые измерения невозможны. Ни подсчет пикселей, ни метрический перерасчет.

Дополнительные требования к изображениям для обработки различных вариантов

Чтобы избежать возникновения ложных ошибок из-за размазывания картинки, в библиотеку добавляют изображения таких ложных замыканий. Это ведет к быстрому увеличению количества изображений для каждого элемента в библиотеке. Хотя изображения занимают лишь несколько килобайт, постоянное добавление быстро ведет к ненормальному увеличению требований к объему оперативной памяти, что значительно замедляет процесс:

$(1000 \text{ компонентов}) \times (10 \text{ альтернативных изображений}) \times (10 \text{ кбайт}) = 100 \text{ Мбайт}$ дополнительной информации к файлу сравнения.

Таким образом, несмотря на быстрый процессор, обработка при проверке может длиться несколько минут.

Возможность установки программного обеспечения на другие системы

Вышеупомянутые проблемы параллакса делают невозможной установку программы на другие системы. Программа, установленная на полуавтоматической системе, не может быть перенесена на автоматическую, встраиваемую в линию, систему без дополнительной дорогостоящей перенастройки, поскольку другая система имеет другие параметры фокуса. Собственно пересчет информации не позволит автоматически компенсировать изменения для другого фокуса именно вследствие проблем параллакса.

Преимущества сканера

Преимущество сканирующей системы состоит в быстрой несложной настройке и возможности быстро и эффективно осуществить проверку, которая несмотря на значительные пропуски дефектов должна быть более надежной, чем ручной оптический контроль.

Когда пользователь получает такую систему, он быстро обнаруживает перечисленные недостатки и рано или поздно начнет искать другую систему, которая обладает большими возможностями, чем сканер, и закономерно придет к использованию камерных систем.

Почему?

Камерные системы

У камерных систем одна или несколько камер двигаются по осям (X, Y) над поверхностью модуля, либо, как в сканерах, исследуемый объект проезжает под системой камер, которые двигаются в перпендикулярном движению объекта направлении.

Только свободное от искажений изображение, получаемое камерой с высоким разрешением, индивидуальная установка фокуса в сочетании с возможностью компенсации искривления поверхности печатной платы (благодаря использованию стерео-изображения или измерений лазером) делают камерные системы точным и надежным средством контроля.

Цветное или черно-белое

Большой успех черно-белых камерных систем позволяет утверждать, что для надежного контроля необязательно использовать цветные камеры. Но постепенное снижение цен на цветные камеры позволяет продавать оборудованные ими системы практически по той же цене, что и с черно-белыми. Это привело к тому, что все больше современных камерных систем становятся цветными.

Однако из-за принципов обработки цветовой анализ не стал общепринятым стандартом, и используется только для специальных целей.

Расположение камеры: вертикально или под углом?

Расположение камер только вертикально имеет те же недостатки, что и у сканера, однако современные системы и камеры на основе телецентрических объективов не имеют параллакса и позволяют проводить измерения с высокой степенью точности несмотря на двумерное отображение.

Используя расположенные под углом камеры, можно получить трехмерное изображение, учитывающее неровности, без необходимости осуществлять длительные измерения лазером. Таким образом, получается так называемое пространственное изображение, которое даже позволяет обнаруживать приподнятые выводы компонентов.

Возможности измерения

Камерные системы предлагают возможности точного измерения расстояний и длин, а проблема параллакса при использовании хороших объективов практически полностью уходит в прошлое. Это позволит осуществить точное определение, при каком развороте элемент все еще остается годным, соответствуя действующим нормам на сдвиг и поворот.

Фокусировка и разрешающая способность

Фокус и разрешения можно менять произвольно. Можно получать изображения с более высоким разрешением именно тех участков, где это необходимо. Это экономит время и снижает требования к оперативной памяти.

Проверка галтелей

Камерные системы также могут осуществлять эффективную проверку галтелей, поскольку они в большинстве случаев поставляются с более мощным источником света, и поэтому могут обеспечить лучшую подсветку.

Да и при распознавании знаков камерные системы значительно опередили сканеры. Это относится к маркированным лазером объектам, где сканер с его вертикально светящим источником белого освещения вообще не имеет шансов. Благодаря гибкой настройке камер, возможности менять глубину разрешения и освещенность, особенной системе подсветки можно наилучшим образом решать проблемы контроля в каждом отдельном случае. Это позволяет камерным системам более достоверно распознавать знаки.

Возможность установки программ на другие установки без переналадки

У хороших систем АОИ переустановки программ на другие машины того же типа проходят без проблем, поскольку, как уже упоминалось, камерные системы с хорошими линзами не имеют проблем с эффектом параллакса.

Заключение

Приведенные различия наглядно показывают, что отличие цен двух систем является оправданным. Интенсивный спор между двумя системами однозначно показал превосходство камерных систем. Единственный довод в пользу сканеров — это цена.

Потенциальный пользователь должен предварительно точно установить, что он хотел бы проверять в будущем, чтобы перед принятием решения не сделать ошибку.

Конечно, обе системы имеют право на существование и могут использоваться, когда покупатель точно знает свои потребности и возможности установок.