



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ИНСПЕКЦИИ (АОИ)

Михаил Зверев
lines@ostec-group.ru

Современное развитие электронной техники постоянно предъявляет новые требования к производителям электронной аппаратуры и электронных компонентов. Непрерывная миниатюризация электронных компонентов приводит к повышению требований по точности нанесения паяльных паст и клеев, точности установки компонентов на плату.

Возрастают требования и к системам контроля. Появление компонентов со скрытыми (под корпусом) выводами (BGA, QFN и т.д.) привело к широкому распространению рентгеноскопии на предприятиях по сборке электроники. Миниатюризация и, как следствие, стремительное увеличение числа компонентов и соединений на печатной плате, ведет к распространению автоматизированных систем внутрисхемного контроля. Высокая стоимость таких систем пока препятствует их широкому внедрению, но постоянное усложнение печатных узлов не оставляет выбора производителям электроники, и всё большее количество предприятий приобретает системы внутрисхемного контроля различных типов.

Не обошли проблемы миниатюризации и системы автоматизированной оптической инспекции (АОИ). В данной статье сделана попытка кратко описать современное состояние развития АОИ для проверки печатных узлов после оплавления.

Около 10 лет назад, когда внедрение АОИ переживало бурный рост, разрешение 38мкм казалось нормальным и даже избыточным. При оценке дефектов широко использовались статистические методы оценки. Управление машинами в большинстве случаев

осуществлялось с помощью ввода команды в строке набора, что, с точки зрения сегодняшнего дня, было крайне неудобно. Кроме того, существовали большие сложности при обучении персонала программированию АОИ.

В настоящее время подавляющее большинство оборудования работает под управлением операционной системы Windows и обладает дружелюбным интерфейсом. Зона интереса (ROI – region of interest), границы контактных площадок, граница корпуса компо-

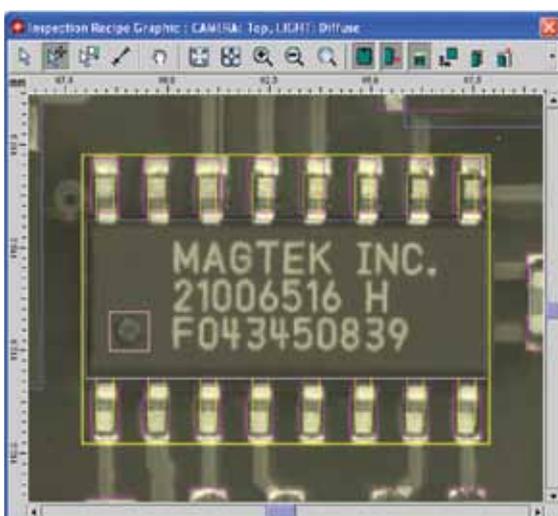


Рис. 1 Окно описания компонента



Рис. 2 Окно выбора электронного компонента из базы данных

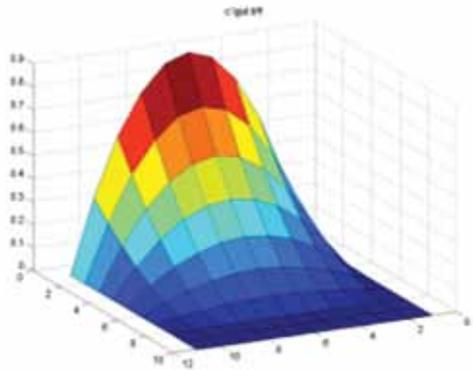


Рис. 3 Окно выбора ЭК из базы данных

нента и габариты выводов задаются в графическом интерфейсе простым перемещением курсора. Введение текстовой информации требуется только при вводе названий заново создаваемых проектов или компонентов. На рис. 1 представлено окно с примером графического определения характеристик компонента.

Для ускорения работы повсеместно используются базы данных с описанием существующих компонентов (рис. 2).

Как правило, программное обеспечение установок АОИ позволяет своевременно обновлять как базы компонентов, так и программы-инспекторы для проверки компонентов. Существует возможность создания и сохранения в базе данных собственных компонентов, либо коррекции существующих.

Ещё одним революционным шагом в совершенствовании АОИ стала разработка технологии DPIX (Dimensional Picture Information eXtraction) компании Orbotech/ORPROVision. В основе технологии

лежит построение математической 3D-модели паяного соединения с последующей оценкой этой модели по стандарту IPC-610D.

Главными преимуществами технологии DPIX являются:

- Быстрое построение 3D-модели паяного соединения (рис. 3) на основе фотографий, сделанных под различными углами (до 95 фото на каждую модель)
- 3D-модель DPIX обеспечивает низкий уровень ложных срабатываний уже с 1-й платы, устраняет необходимость накопления статистики

Наибольшие потери времени при отладке программ инспекции приходились на набор статистики, получение «золотой платы» и т.д. Появление технологии DPIX компании ORPROVision отправило большинство этих методов в прошлое, и теперь у производителей электронной аппаратуры появился действительно быстрый и надежный инструмент для обнаружения дефектов паяных соединений. Не менее значительные перемены произошли и в аппаратном обеспечении установок АОИ. Ранее большинство машин комплектовалось только верхней камерой, компоненты были гораздо крупнее, поэтому для контроля печатных узлов было вполне достаточно однокамерных машин. После оплавления пасты определялось наличие/отсутствие компонента, переворот на ребро («биллборд»), наличие перемычек между выводами, подъём чип-компонента на торец («надгробный камень»). Уже тогда некоторые дефекты плохо определялись из-за отсутствия камер бокового обзора (рис. 4). В настоящее время однокамерные системы всё же присутствуют на рынке, но их доля постоянно сокращается. При использовании современной элементной базы, применение однокамерных систем сопряжено с увеличением количества дефектов, не обнаруживаемых АОИ. Единственным сомнительным преимуществом однокамерных систем

Использование функции дистанционного написания и отладки программ повышает коэффициент использования установок АОИ на 30-50%, особенно в условиях многономенклатурного производства

позволяет контролировать величину зазора между компонентом и платой, а также параллельность корпуса элемента и печатной платы (копланарность корпуса). В большинстве случаев такой проверки хватает для первоначальной диагностики дефектов при пайке этих непростых компонентов. Нарушение копланарности корпуса элемента и печатной платы обычно свидетельствует о неравномерном оплавлении пасты под корпусом, что чревато появлением перемычек, отсутствием смачивания и других дефектов пайки.

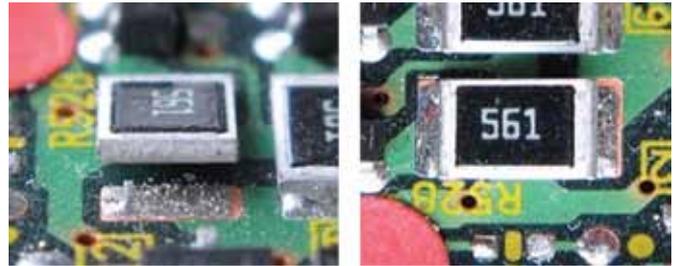


Рис. 4 Дефект пайки чип-компонента, не определяемый с использованием только верхней камеры

является их цена. Но покупка дешёвой установки АОИ приводит к риску увеличения числа пропущенных дефектов при переходе на более миниатюрный размер компонентов. Низкая стоимость подобных систем обусловлена двумя факторами:

- невысокая стоимость оптической системы, оснащённой только одной камерой. В большинстве случаев, система подсветки в таких установках также довольно проста и состоит из поля светодиодов, расположенных ниже уровня камеры;
- использование единственной камеры не выдвигает серьёзных требований к быстродействию управляющего компьютера. Вследствие этого, в однокамерных установках используются недорогие вычислительные станции низкой производительности. Программное обеспечение для подобных установок АОИ также не слишком дорого. Сегодня системы АОИ с камерами бокового обзора широко применяются для контроля пайки компонентов QFN, BGA и сходных с ними. Это продиктовано невозможностью проконтролировать пайку вывода, фактически находящегося под корпусом компонента, с использованием только верхней камеры (рис. 5).

Ни в коем случае не заменяя собой рентгеновскую установку, АОИ

позволяет контролировать величину зазора между компонентом и платой, а также параллельность корпуса элемента и печатной платы (копланарность корпуса). В большинстве случаев такой проверки хватает для первоначальной диагностики дефектов при пайке этих непростых компонентов. Нарушение копланарности корпуса элемента и печатной платы обычно свидетельствует о неравномерном оплавлении пасты под корпусом, что чревато появлением перемычек, отсутствием смачивания и других дефектов пайки.

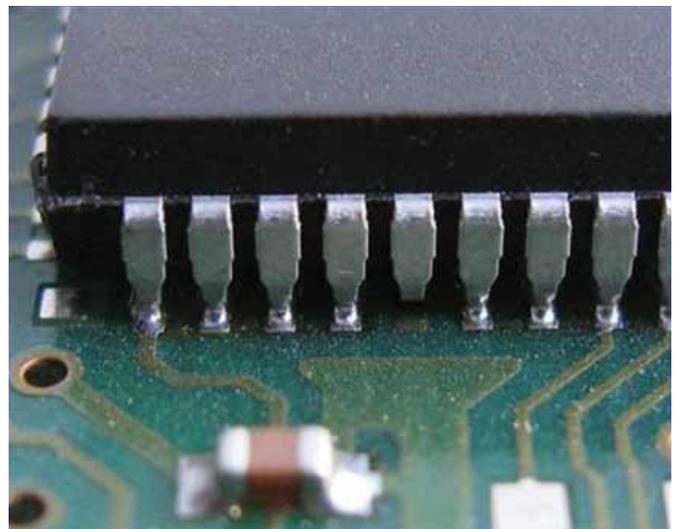


Рис. 5 Дефект пайки J-вывода

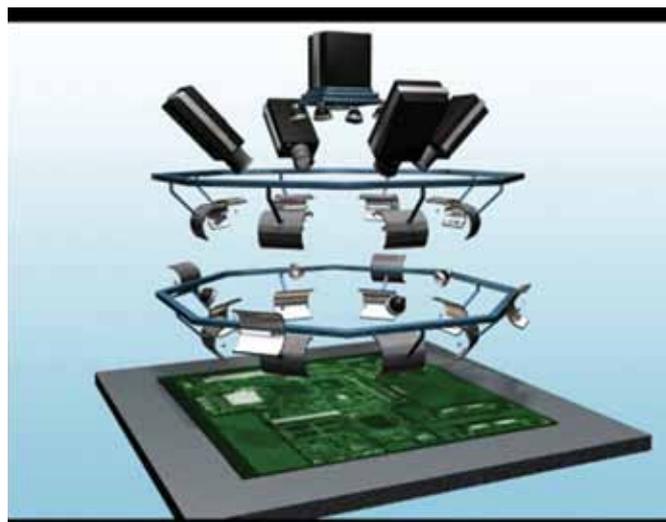


Рис. 6 Оптическая система установки Vantage S22

Ярким представителем многокамерных систем являются установки АОИ производства германской компании ORPROVision. Изначально производившиеся в Германии, позже они стали широко известны в России под маркой израильской компании Orbotech. В настоящее время разработка и производство этих машин вернулись в Германию. Компания ORPROVision существенно усовершенствовала технологию DPIХ, которая заменила большинство статистических методов контроля. В настоящее время линейка продукции состоит из трёх машин:

- Symbion P36 – для контроля нанесения паяльной пасты на печатную плату;
- Vantage S22 – средней производительности для инспекции электронных компонентов до/после оплавления;
- Symbion S36 – высокой производительности для инспекции электронных компонентов до/после оплавления

При переходе от однокамерной системы к многокамерной существенно изменилась система подсветки (рис. 6). Большинство однокамерных систем были оборудованы вспышками, расположенными на одном уровне. Как правило, это было кольцо с галогеновыми вспышками или светодиодами, расположенное под камерой общего вида. Подобные системы не обеспечивают достаточной освещенности для боковых камер.

В установках Vantage S22 и Symbion P36 производства ORPROVision, наряду с верхними вспышками, используются боковые, а также вспышки рассеянного света. Всего используется 25 вспышек (рис. 7), которые расположены на трёх уровнях (считаются снизу вверх):

- Уровень 0: Боковые вспышки горизонтального света (flat) – 8 шт.;
- Уровень 1: Вспышки рассеянного света (diffuse flashes) – 4 шт.;
- Уровень 2: Верхние вертикальные (top) вспышки – 4 шт; боковые вспышки наклонного света (steep) – 8 шт.; вспышка системы определения кривизны платы (greed) – 1 шт.

На уровне 3 располагаются камеры вертикального (аксиального) и бокового направления съёмки. При необходимости, установка S36 на уровне 0 может быть опционально укомплектована четырьмя камерами высокого разрешения. Они служат для получения качественных снимков дефектов с последующей передачей этих снимков на ремонтные станции. Использование дополнительных камер несколько увеличивает время инспекции, однако повышает скорость визуализации дефекта оператором ремонтной станции и сокращает

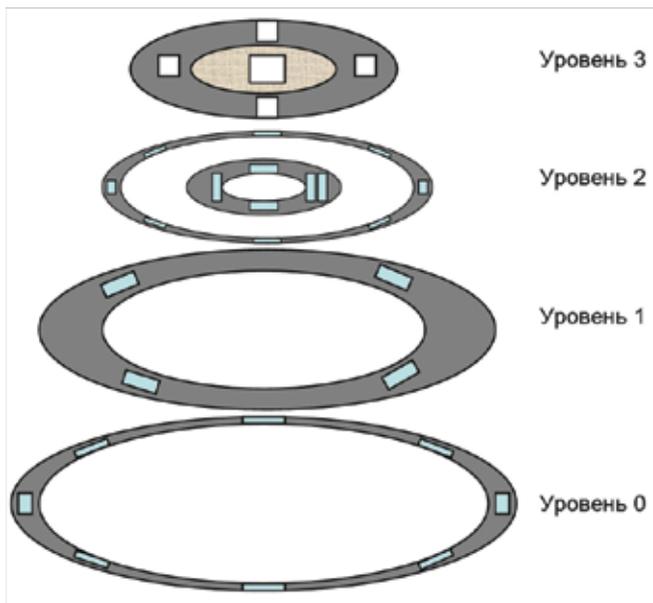


Рис. 7 Расположение вспышек в Vantage S22

время ремонта изделия.

Количество боковых вспышек в установках Symbion и Vantage в несколько раз превышает количество камер. Это позволяет экспонировать каждый объект несколькими методами (рис. 8):

- Освещение верхними вспышками
- Освещение боковой вспышкой
- Освещение комбинацией боковых вспышек
- Освещение комбинацией верхних и боковых вспышек

В большинстве случаев модель освещения каждого объекта подбирается автоматически в зависимости от требований программы-инспектора для проверки этого электронного компонента. Однако программное обеспечение позволяет задавать модель освещения вручную с немедленным контролем результатов на экране. На рис. 9 представлено окно произвольного выбора модели освещения для инспекции электронного компонента. Можно выбрать нужную камеру и определить комбинацию вспышек для освещения. Такое разнообразие методов освещения позволяет получить для большинства компонентов практически бестеневое освещение, сходное с освещением рабочего поля при проведении хирургических операций. Очевидно, что такая конструкция позволяет получать снимки высокого качества, что, в свою очередь, ведёт к резкому уменьшению числа ложных срабатываний и росту скорости проведения инспекции.

В ближайшие один-два года нас ждёт расцвет нестатистических методов контроля, что позволит инспектировать компоненты типоразмера 01005 со скоростями, приемлемыми для требований крупносерийного и массового производств

Ещё одним путем повышения коэффициента использования АОИ является возможность удаленного написания программ для инспекции печатных узлов. Как показывает практика, на большинстве российских предприятий написание таких программ осуществляется непосредственно на установках АОИ, а это означает, что в этот период установка фактически простаивает. В большинстве случаев это связано с невозможностью удаленного написания программ или с неудобством использования соответствующего программного обеспечения.

Тщательно изучив эту проблему, специалисты компании ORPROvision разработали ПО для полноценной дистанционной работы с установкой. Программное обеспечение работает в двух режимах:

- Отладка программы инспекции в режиме off-line. В начале, с помощью специальной функции ПО, автоматически делается

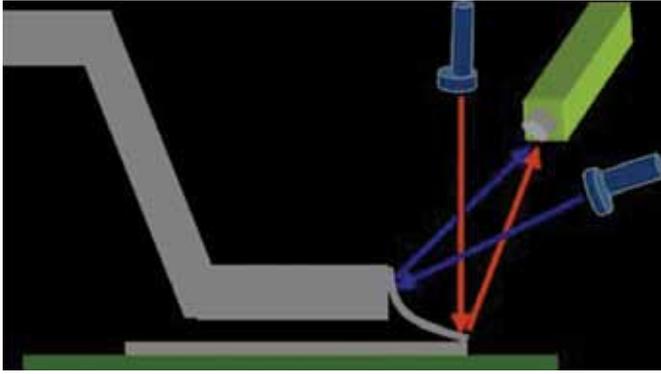


Рис. 8 Инспекция галтели боковой камерой и группой вспышек

большое количество снимков инспектируемого печатного узла под разными углами и с различными вариантами освещения. На основе этих снимков в дальнейшем разрабатывается программа инспекции. Единственным требованием для обеспечения этой функции является наличие современного персонального компьютера, т.к. программа требует больших вычислительных мощностей;

- Отладка программы во время работы установки (h5-оптимизация). Изменения в программу инспекции вносятся с удаленного рабочего места в режиме онлайн. Естественно, что в подобном режиме может обрабатываться только программа для типа печатного узла, который в данный момент производится на линии. После верификации изменений в программе следующий инспектируемый печатный узел проверяется уже с учётом поступивших изменений.

В целом, не будет ошибкой утверждать, что использование функции дистанционного написания и отладки программ повышает коэффициент использования установок АОИ на 30-50%, особенно в условиях многономенклатурного производства.

Исходя из анализа современных тенденций развития АОИ, можно сделать следующие выводы:

- доля однокамерных установок будет быстро снижаться;
- разрешение установок АОИ будет увеличиваться. Сейчас повсеместно используется разрешение 28-25 мкм, что позволяет инспектировать компоненты до 0402 и 0201 соответственно. При широком распространении компонентов 01005 разрешение увеличится до 18-15 мкм, что сейчас встречается нечасто, пока не все производители установок АОИ к этому готовы. Это даёт

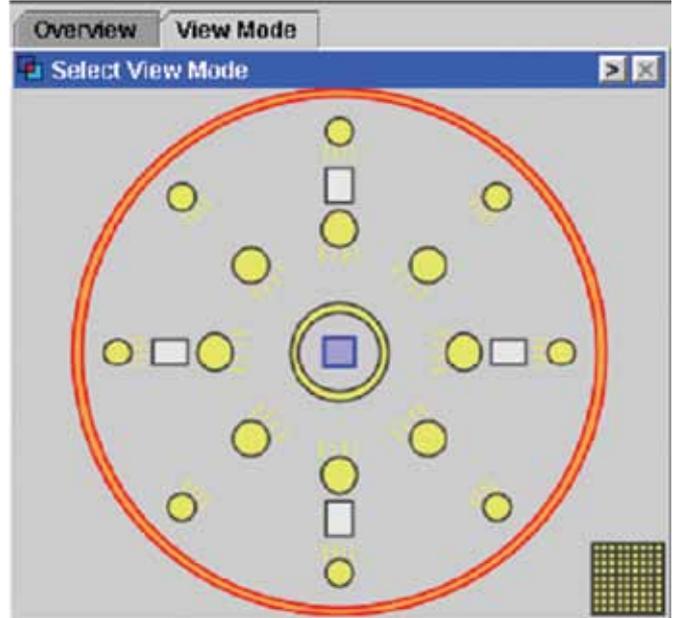


Рис. 9 Окно выбора модели освещения

определённую фору таким производителям, как ORPROvision и др., которые заранее предусмотрели переход на большие разрешения. Кроме того, в выигрыше останутся производители печатных узлов, приобретающие установки с возможностью усовершенствования. Например, установки Vantage S22 и Symbion S36 имеют конструктивную возможность увеличения разрешения путём переналадки оптической системы. Такая возможность существенно экономит средства производителей электроники, т.к. при переходе на более миниатюрный класс электронных компонентов, нет потребности в покупке новой установки АОИ.

- Статистические методы анализа будут уходить в прошлое. В настоящее время технология DPIХ от ORPROvision является наиболее быстрым и совершенным средством анализа качества сборки и пайки печатных узлов на соответствие их требованиям стандартов (IPC, MIL, NASA). Скорее всего, в ближайшие один-два года нас ждёт расцвет нестатистических методов контроля, что позволит инспектировать компоненты типоразмера 01005 со скоростями, приемлемыми для требований крупносерийного и массового производств. ■■