

# Современное состояние развития систем автоматической оптической инспекции

**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 как нанесения паяльных паст и клеев, так и установки компонентов на плату.**

Михаил Зверев

lines@ostec-group.ru

Возрастают требования и к системам контроля. Появление компонентов со скрытыми (под корпусом) выводами (BGA, QFN и т. д.) привело к широкому распространению рентгеновской инспекции на предприятиях по сборке электроники. Миниатюризация и, как следствие, стремительное увеличение числа компонентов и соединений на печатной плате ведут 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 все большее количество предприятий приобретает системы внутрисхемного контроля различных типов.

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

Около 10 лет назад, когда внедрение АОИ пережило бурный рост, разрешение 38 мкм казалось нормальным и даже избыточным. При оценке дефектов широко использовались статистические методы оцен-

ки. Управление машинами в большинстве случаев осуществлялось с помощью ввода команды в строке набора, что с сегодняшней точки зрения 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 (region of interest, ROI), границы контактных площадок, граница корпуса компонента 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).



Рис. 1. Окно описания компонента

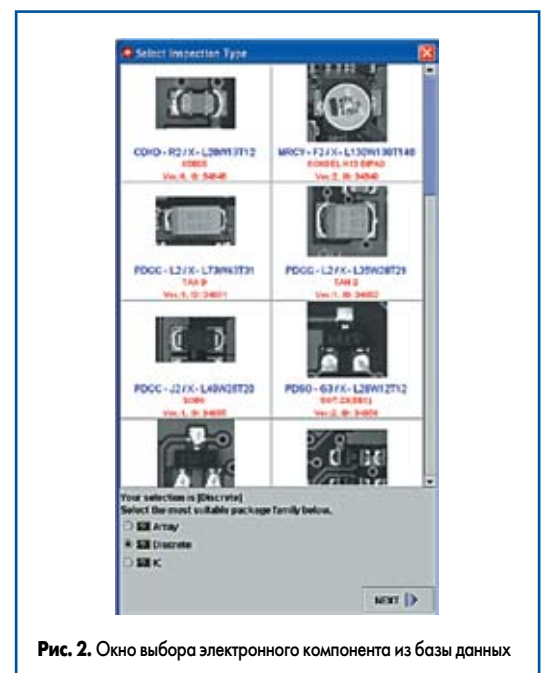
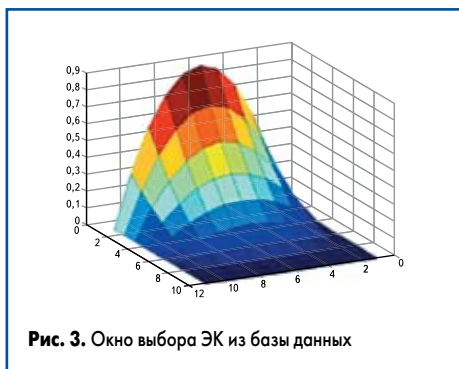


Рис. 2. Окно выбора электронного компонента из базы данных



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.

Еще 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 снимков на каждую модель).
- 3D-модель DPIX обеспечивает низкий уровень ложных срабатываний уже с первой платы, что 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 комплектовались только верхней камерой, компоненты были гораздо крупнее, поэтому для контроля печатных узлов было вполне достаточно однокамерных машин. После оплавления пасты определялось наличие/отсутствие компонента, перевод на ребро («биллборд»), наличие перемычек между выводами, подъем 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 все 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

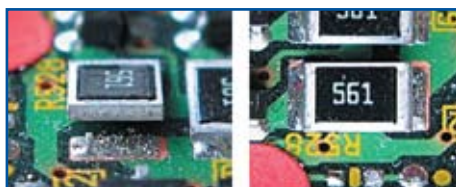


Рис. 4. Дефект пайки чип-компонента, не определяемый с использованием только верхней камеры

систем является их цена. Но покупка дешевой 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, оснащенной только одной камерой. В большинстве случаев система подсветки в таких установках довольно проста и состоит из поля светодиодов, расположенных ниже уровня камеры.
- Использование единственной камеры не выдвигает серьезных 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).

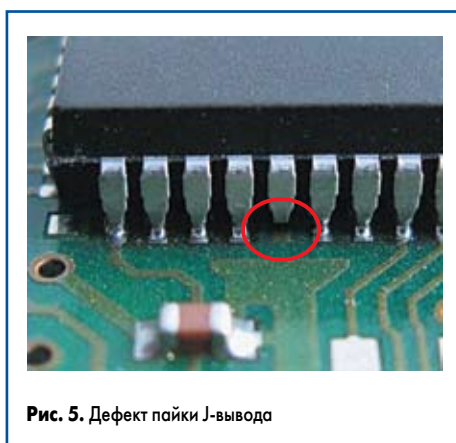


Рис. 5. Дефект пайки J-вывода

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). Как правило, 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.

Среди многокамерных систем представлены и установки АОИ компании ORPROVision. Изначально производившиеся в Германии, позже они стали широко известны в России под маркой израильской компании Orbotech. Сейчас разработка и производство этих машин вернулись в Германию. Компания ORPROVision существенно усовершенствовала технологию DPIX, которая заменила большинство статистических методов контроля. В настоящее время линейка продукции состоит из трех машин:

- Symbion P36 — для контроля нанесения паяльной пасты на печатную плату.
- Vantage S22 — установка средней производительности для инспекции электронных компонентов до/после оплавления.
- Symbion S36 — установка 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.

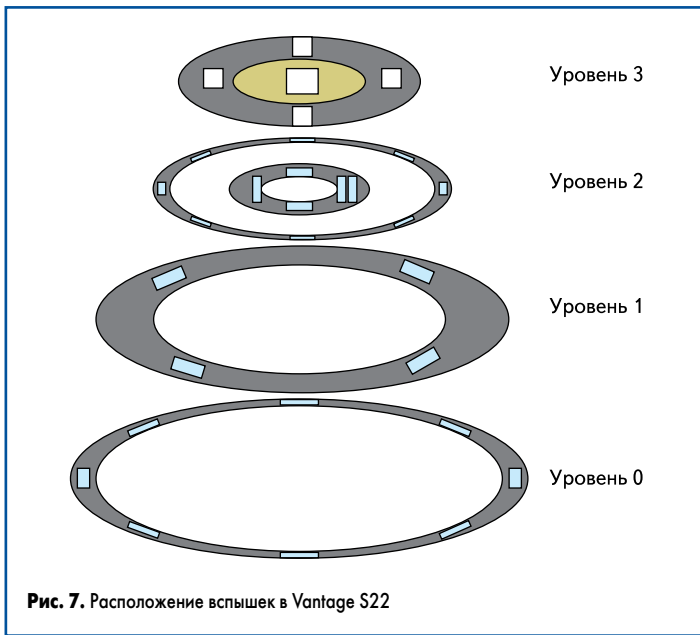


Рис. 6. Оптическая система установки Vantage S22

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 трех 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 съемки.

При необходимости установка S36 на уровне 0 может быть опционально укомплектована четырьмя камерами высокого разрешения. Они служат для получения качественных снимков дефектов с последующей


**Рис. 7.** Расположение вспышек в Vantage S22

передачей этих снимков на ремонтные станции. Использование дополнительных камер несколько увеличивает время инспекции, однако повышает скорость визуализации дефекта оператором ремонтной станции и сокращает 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, ведет к резкому уменьшению числа ложных срабатываний и росту скорости проведения инспекции.

Еще 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 непосред-

ственно на установках АОИ, а это означает, что в этот период установка фактически простаивает. Как правило, это связано с невозможностью удаленного написания программ или с неудобством использования соответствующего программного обеспечения.

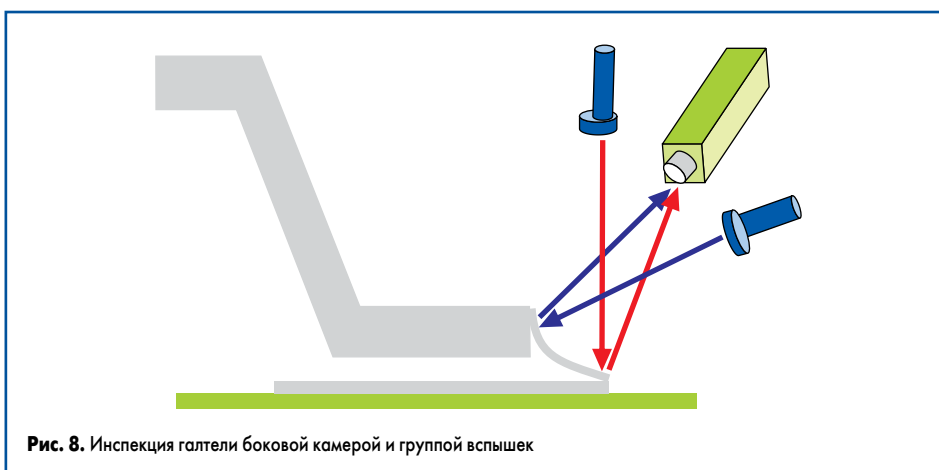
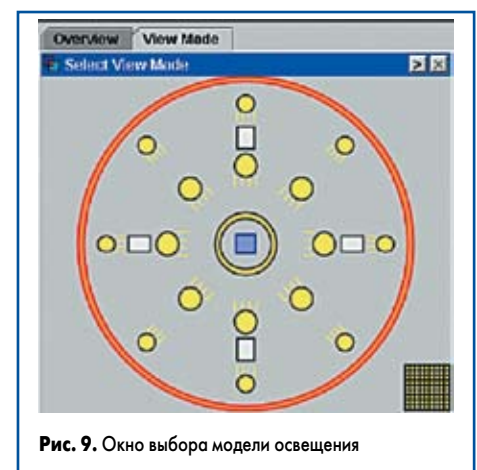
Тщательно изучив эту проблему, специалисты компании ORPROVision разработали ПО для полноценной дистанционной работы с установкой, которое работает в двух режимах:

- Отладка программы инспекции в режиме off-line. Вначале, с помощью специальной функции ПО, автоматически делается большое количество снимков inspectируемого 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, так как программа требует больших вычислительных мощностей.
- Отладка программы во время работы установки (h5-оптимизация). Изменения в программу инспекции вносятся с удаленного рабочего места в режиме on-line. 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 inspectируемый печатный узел проверяется уже с учетом 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 25–28 мкм, что позволяет inspectировать компоненты до 0402 и 0201 соответственно. При широком распространении компонентов 01005 разрешение увеличится до 15–18 мкм, что сегодня встречается нечасто: пока не все производители установок АОИ к этому готовы. Это дает определенную 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 путем переналадки оптической системы. Это существенно экономит средства производителей электроники, так как при переходе на более миниатюрный класс электронных компонентов не возникает потребности в покупке новой установки АОИ.
- Статистические методы анализа будут уходить в прошлое. В настоящее время технология DPIIX 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 ждет расцвет нестатистических методов контроля, что позволит inspectировать компоненты типоразмера 01005 со скоростями, приемлемыми для требований крупносерийного и массового производств.


**Рис. 8.** Инспекция галтели боковой камерой и группой вспышек

**Рис. 9.** Окно выбора модели освещения