

Оптический инструмент электронщика

Часть 2: оптика + компьютер

Виктор Новоселов, к.т.н., группа компаний eurostar.ru

Завершающая часть статьи (начало см. «Производство электроники» №4, 2005 г.) посвящена оптическим инструментам индивидуального применения с компьютерной визуализацией и программной поддержкой функций анализа и документирования изображений. Информация адресована контролерам и технологам серийных производств Hi-Tech, а также их руководителям, принимающим решения по оснащению предприятия и организации системы контроля качества.

МИКРОСКОПЫ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ

Тринокуляры TRIO1044 и TRIO2070 (см. рис. 1, табл. 1) являются полнофункциональными стереомикроскопами с интегрированным вертикальным каналом для трансляции плоского изображения (правого оптического канала) в компьютер через подключаемую USB-видеокамеру. Фиксация и анализ изображения на мониторе снижает утомляемость оператора, но главное — позволяет документировать увиденное. Архивирование изображений, измерение параметров, а также анализ изображений дефектов с применением цифровой обработки становится весомой составляющей систем контроля качества на предприятиях отрасли. Во всех случаях исключительно важную роль играет освещение — бестеневое или направленное, с отбрасыванием тени для ощущения объемности фрагмента исследуемого объекта. В базовую комплектацию приборов входит блок бестеневой подсветки, размещенный вне штатива для оптимизации пространства рабочего места. Вместе с цветной ПЗС-видеокамерой XR9507E поставляется программное обеспечение: утилита *USB Shot* для захвата изображений с сохранением в файлах популярных форматов, а также пакет *USB Digital Scale* для анализа изображений с измерением линейных и угловых величин.

Возлагая на компьютер свойственные ему функции документирования (отображение, измерение, анализ, обработка, архивирование и пересылка изображений), не стоит питать иллюзий насчет того, что изображение объекта на экране компьютера будет более четким, чем то, которое видит человеческий глаз через окуляры стереомик-

роскопа в объемном представлении, ширококом диапазоне уровней освещенности и полной цветовой гамме. Видеоканал в тринокулярном микроскопе предпочтительно использовать именно для документирования изображений (в любой момент времени), а не для непрерывного наблюдения объекта в ходе сборочно-монтажных работ. Непрерывное же наблюдение осуществляется через окуляры, как в обычном стереомикроскопе. Поэтому наличие третьего канала в стереомикроскопе предоставляет гораздо больше удобства, чем китайский «экономичный» подход, состоящий в замене одного из окуляров на вставную ПЗС-камеру.

ERSASCOPE-2 ДЛЯ АВАНГАРДНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

В завершающей части статьи позволим себе отвлечься от ценового фактора, столь существенного в контексте применения оптических инструментов на каждом рабочем месте, и переместимся на передний край оптических систем для исследовательского сектора электроники. Оптические системы стали мощным подспорьем в конкурентном мире электронной техники, ибо возможность *видеть* и использовать визуальную информацию для совершенствования технологических процессов

является важнейшим стратегическим преимуществом. Показательным примером оптической системы визуальной инспекции hi-end является разработка немецкой фирмы ERSA под названием **ERSASCOPE** (ЭРСАСКОП), который состоит из оптической части на штативе (см. рис. 2) и программного обеспечения *ImageDoc*, включающего базу данных о дефектах пайки с инструментариумом для измерения, анализа и документирования изображений. Принци-



Рис. 1. Тринокулярный микроскоп с USB-видеокамерой

Таблица 1. Оценочные характеристики тринокуляров TRIO в сопряжении с компьютером

	Модель TRIO1044			Модель TRIO2070		
	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6
Дополнительная линза на объективе	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6
Кратность увеличения на 17-дюймовом мониторе с разрешением 1280 × 1024	9...41	4,5...20	14...65	18...65	932	28...104
Рабочее расстояние, мм	90	150	45	80	120	41
Поле зрения, мм	23...5,2	46...10,4	14,3...3,2	10...2,8	20...5,7	6,2...1,7

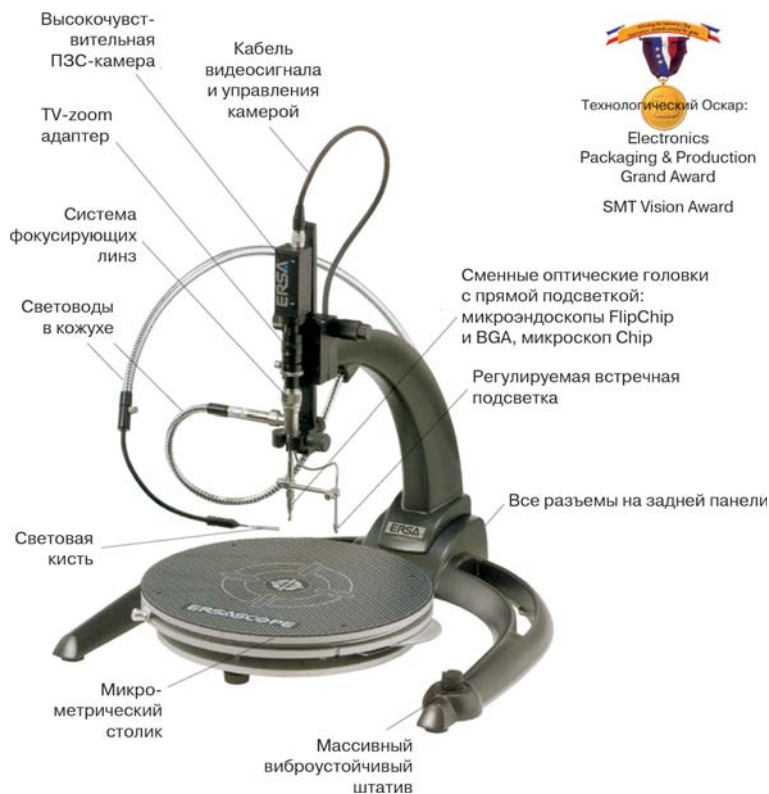


Рис. 2. Аппаратная часть системы ERSASCOPE-2

пальная возможность визуального контроля качества пайки BGA основана на том, что при корректном наблюдении термопрофиля все выводы BGA трансформируются в известном порядке, и результат трансформации можно не только увидеть, но и измерить. При оценке качества паяного соединения учитываются количество припоя в зоне паяного соединения, форма галтелей, состояние поверхности паяных выводов (текстура, однородность, гладкость, цвет, блеск), любые аномалии. Поверхность выводов BGA дает наибольшую информацию о механической прочности паяного соединения, ибо помогает сделать заключение об условиях формирования диффузионного слоя. Неоднородная и пористая поверхность, деформация выводов, микротрещины и отслоения, остатки флюса и паяльной пасты, перемычки между рядами выводов под корпусом BGA — вот типовой перечень дефектов, разли-

чимых с помощью ЭРСАСКОПа. Встречная подсветка помогает при наблюдении контуров ближайших выводов BGA, повышая контрастность изображения, а главное — позволяет выполнить полный контроль отсутствия припойных перемычек и остатков флюса между выводами BGA. С помощью ERSASCOPE диагностируются точность установки компонентов, качество нанесения паяльной пасты, изготовления трафаретов и металлизации отверстий, целостность защитных покрытий, качество микросварки и иные виды дефектов, допускающие визуальную констатацию.

Аппаратная часть ERSASCOPE-2 представляет собой микроэндоскоп с видеокамерой на штативе, имеющий регулируемое фокусное расстояние и кратность увеличения до 350 (на компьютерном мониторе), снабженный прямой и встречной подсветкой с изменяемой интенсивностью. Сис-

тема комплектуется тремя съемными оптическими головками: для бокового наблюдения BGA с высотой зазора между корпусом и платой от 100 мкм (угол обзора 23 градуса, фокусное расстояние не менее 3 мм), для бокового наблюдения FlipChip (зазор от 12 мкм, угол обзора 23 градуса, минимальное фокусное расстояние пренебрежимо мало) и для наблюдения сверху, как в обычном микроскопе (угол обзора 38 градусов, фокусное расстояние не менее 3 мм). При необходимости визуального контроля целых зон печатных плат система наращивается объективом MACROZOOM (см. табл. 2), работающим в широкоугольном или длиннофокусном режиме с максимальной кратностью увеличения не более 60 (на компьютерном мониторе). Гибкий световод «световая кисть» служит для внешней направленной подсветки. Микрометрический круглый столик с вращением обеспечивает плавное перемещение наблюдаемого объекта в плоскости. Выход оптической системы подключается к компьютеру, где далее производится анализ изображения средствами программной системы ImageDoc. Уникальность новой версии ImageDoc EXP заключается в крупнейшей коллекции изображений дефектов пайки, сопровождаемых диагностикой возможных причин и рекомендациями по их устранению в технологическом процессе.

В последние годы в США и Японии появились системы, аналогичные по назначению ЭРСАСКОПу, прорывшему первую тропинку в область визуальной hi-end инспекции BGA. Рост числа поставщиков оптических систем инспекции BGA отражает мировое признание данного направления, поэтому при выборе той или иной конфигурации целесообразно учитывать ряд ключевых факторов, перечисленных ниже.

1. **Конструкция.** Кратность увеличения в мощных оптических системах измеряется трехзначными числами, поэтому даже легкая вибрация оптической части приводит к размашистым колебаниям изображения объекта на экране, так что работать с ним становится невозможно. Поэтому первоочередным требованием к механической части оптической системы является массивный, устойчивый стенд. Любые системы высокой

Таблица 2. Объектив MACROZOOM как опция к ERSASCOPE

Переменное фокусное расстояние объектива MACROZOOM, мм	Поле зрения на расстоянии 138 мм при изменении кратности в 10 раз, мм	Поле зрения на расстоянии 450 мм при изменении кратности в 10 раз, мм
138...450	33 × 25...3,2 × 2,5	143 × 107...14 × 11

кратности, в которых подразумевается держать оптическую приемную часть в руке или закреплять на гибкой основе, из рассмотрения заведомо исключаются. Второе требование к конструкции: система должна позволять инспектировать компоненты на любом расстоянии от края или центра печатной платы любого размера, включая самые большие, характерные для многопроцессорных приложений. Третье требование — это возможность предельно близкого и безопасного доступа к объекту инспекции. Поскольку визуальная инспекция BGA предполагает перемещение оптического приемника вдоль граней корпуса BGA строго параллельно и очень близко к нему, механика должна быть достаточно точной.

2. Оптика. Задачей оптической системы инспекции BGA является получение достаточно информативного изображения через узкую щель высотой от 300 мкм (для BGA) или даже от 15 мкм (для FlipChip). Оптическая головка нуждается в освещении. Обычно эту роль выполняет призма или зеркало, закрепленное на конце оптической головки. Поскольку компоненты на печатных платах монтируются все более плотно, то чем миниатюрнее будет оптическая головка — тем лучше. Основание оптической головки, скользящее над печатной платой вдоль корпуса BGA, должно иметь размер, не превышающий минимального расстояния между BGA и близлежащими компонентами: этим определяется свобода перемещения головки и полноценность наблюдения выводов под корпусом BGA на всем протяжении. Хотя требования к оптической головке с точки зрения механических размеров очевидны, в плане оптики все не так просто. Если наблюдатель хочет видеть выводы под BGA по всей глубине их расположения от близлежащих до удаленных, то оптическая система должна обладать изменяемым фокусным расстоянием. При наблюдении со слишком малой дистанции уменьшится резкость изображения, а со слишком большой — возникнет иная проблема: если высота основания конуса обзора окажется больше зазора между платой и корпусом BGA, то из зоны видимости скроется верхняя часть вывода BGA в месте его крепления. Оптическая головка хорошей системы ин-

спекции обеспечивает высокое качество изображения даже при размещении ее вплотную к корпусу BGA. Наконец, как самая хрупкая часть системы, она должна быть защищена от случайной поломки. Нежелателен непосредственный контакт призмы оптической головки с печатной платой, ибо замена прецизионной оптики — дорогое удовольствие.

3. Качество изображения. Разрешающая способность и яркость изображения определяется всей цепочкой оптических преобразователей в системе, начиная с системы линз оптической головки, продолжая фотоприемниками цифровой камеры и заканчивая монитором. Наибольшее значение обычно придают разрешающей способности системы, то есть тому, насколько малыми могут быть детали объекта, чтобы оставаться различимыми на экране. В этом смысле качество изображения определяется самым слабым звеном в цепочке его передачи, и цифровая камера даже с очень высоким разрешением не сможет расширить пределы возможностей оптической головки. Качество изображения существенно зависит от освещенности объекта.

4. Цена знаний. Цену приобретаемой системы инспекции необходимо соотносить с возможностями диагностики дефектов, которые она предоставляет вместе с ее программным обеспечением, базой данных о видах дефектов, их возможных причинах и путях устранения в ходе оптимизации технологического процесса. Если система является многофункциональной, то есть позволяет контролировать не только качество пайки BGA, но и иные объекты в зоне вашей ответственности, то часть цены покупки может быть отнесена на их счет. Кроме единовременных инвестиций при покупке системы не стоит упускать из виду эксплуатационные издержки, вероятность осуществления ремонта, а также прогнозируемый период морального и физического старения системы. В ценовом анализе играют роль также косвенные факторы — получение новых знаний в процессе использования мощного инструмента и оценка потерь от незнания при отсутствии этого инструмента в ходе оптимизации технологических процессов.

Было бы нелепо утверждать, что визуальная инспекция решает задачи контроля пайки BGA лучше рентгеновской. Однако и обратное утверждение — то, что рентген решает абсолютно все задачи контроля BGA лучше оптики (и за соизмеримую цену), тоже является преувеличением. Именно поэтому наиболее состоятельные предприятия, производящие электронную технику, эффективно применяют как рентгеновский, так и оптический контроль для оптимизации технологического процесса. Отрадно, что есть такие и в России.

POST SCRIPTUM

Внимательный читатель наверняка заметил, что за рамками данного обзора остались комфортабельные безокулярные стереомикроскопы. Это ни в коей мере не является игнорированием замечательного типа оптических систем: статьи о них публиковались в российских журналах многократно, и хотя бы одну копию читатель отыщет без труда, если функции таких микроскопов покажутся ему незаменимыми, а цены — приемлемыми для бюджета. В обзоре не нашлось места оптике, используемой для видеомониторинга процесса пайки в ремонтных центрах ERSA IR550A plus — в силу уникальности данного приложения. Напротив, по причине неуникальности опущены системы, подобные ERSACAM (объектив с ПЗС-камерой на штативе и с выходом видеосигнала PAL), которые идентичны по применению тринокулярным микроскопам и объективу MACROZOOM в ERSASCOPE-2.

Подытожим: выбор оптической системы для покупки мучителен соблазнами, но «к счастью» ограничен бюджетом, и это упрощает проблему. В любом случае без оптики не обойтись, ибо истинно сказано в [1]: «Какой бы дефект, каким бы методом ни был обнаружен, только по признакам внешнего вида его можно окончательно распознать и диагностировать его влияние на качество».

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А.М. Контроль печатных плат по признакам внешнего вида. «Технологии в электронной промышленности», №3, 2005, с. 34—39