

Окончание. Начало в № 4 '2006

Выбор системы рентгеновского контроля. Взгляд технолога

Максим Шмаков

mxm-shmakov@yandex.ru

**Phoenix|X-ray — Германия
(ЗАО «Предприятие ОСТЕК»)**

Phoenix|X-ray — группа компаний, основанная в 1999 году в связи с разделением FeinFocus. За это время Phoenix|X-ray стала известным поставщиком систем рентгеновского контроля, ориентированных и адаптированных для каждого пользователя. Такие системы применяются в различных областях, в том числе и в электронной промышленности.

Из продуктов компании, представленных на российском рынке, хотелось бы рассмотреть три наиболее интересные системы — это уже многим известный pcba | analyzer (рис. 29), microme | x (рис. 30) и papome | x.

Сразу отметим, что конструкция манипулятора (рис. 31) в данных системах лишена следующего недостатка: чтобы повысить геометрическое увеличение, расстояние «излучатель–объект» уменьшают движением объекта по оси Z, а не рентгеновской трубки, как в системах фирмы FeinFocus (о чем было написано выше). Различие в манипуляторах состоит также и в том, что в данных системах отсутствует поворот детектора на 360° в горизонтальной плоскости (только наклон), но это компенсируется поворотом столика (детали) на тот же угол.

Системы контроля рентгеновским излучением серии pcba| применяются для контроля качества сложных многослойных печатных плат с высокой плотностью монтажа сложных многовыводных компонентов, таких как BGA, µBGA, QFP, CSP, Flip Chip. Наибольший эффект от применения систем контроля рентгеновским излучением можно получить при инспекции модулей BGA, когда другие виды контак-

ного и бесконтактного контроля практически не в состоянии обеспечить надлежащий контроль паяных соединений. Параметры, по которым можно проводить контроль модулей BGA, включают контроль наличия и смещения шариков припоя, обнаружение КЗ, обнаружение холодных паяных соединений и недостаточной смачиваемости припоем контактных площадок ПП. Для автоматизации процесса контроля модулей BGA разработано специальное программное обеспечение bga | module.

Система контроля рентгеновским излучением pcba | analyzer

Система с открытой катодной трубкой pcbalanalyser дает большую разрешающую способность и значительно большее максимальное увеличение, нежели предыдущие системы, и предназначена для анализа паяных соединений микросхем с малым шагом в корпусах µBGA, QFP, CSP, Flip Chip. Особенностью системы pcbalanalyser является возможность установки модуля OVHM, позволяющего сохранять максимальное увеличение и разрешение первичного изображения при просвечивании ПУ под углом, отличным от 90°. Дополнительно системы могут оснащаться высокочувствительным цифровым детектором изображения.

Широкий выбор дополнительного оборудования, которым может быть оснащена система рентгеновского контроля pcba | analyzer, помогает решить задачи инспекции любой сложности: различные микрофокусные и нанофокусные трубки с подробной детализацией до 0,2 мкм и напряжением до 225 кВ можно комбинировать с высококачественными цепями обработки изображений, включая полностью цифровой детектор высокой контрастности. Работа



Рис. 29. Система рентгеновского контроля pcba | analyzer



Рис. 30. Система рентгеновского контроля microme | x

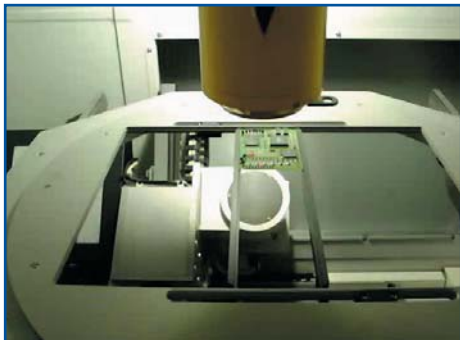


Рис. 31. Манипулятор системы рентгеновского излучения microme|x

в изоцентрическом режиме позволяет получить изображение под углом к объекту 61° при максимальном полном увеличении более 10 000 крат при относительно небольших габаритах системы.

Система контроля рентгеновским излучением microme|x (рис. 30)

Полуавтоматическая система рентгеновского контроля высокого разрешения с трубкой открытого типа, предназначенная для инспекции паяных соединений печатных узлов, оснащена полностью цифровой системой обработки изображения и системой числового программного управления. Является усовершенствованной моделью pcba|analyzer, имеющей значительные улучшения в части детектора и ПО.

Система контроля рентгеновским излучением panome|x

Система контроля рентгеновским излучением panome|x применяется для контроля качества сложных многослойных печатных плат с высокой плотностью монтажа сложных многовыводных компонентов, таких как BGA, µBGA, QFP, CSP, Flip Chip. Параметры, по которым можно проводить контроль паяных соединений, включают контроль наличия и смещения шариков припоя, обнаружение КЗ, качество смачиваемости контактных площадок припоем, форму галтелей. Модуль компьютерной томографии позволяет реконструировать трехмерные модели паяных соединений, что многократно улучшает визуализацию и упрощает оценку качества исследуемых объектов.

Эта система рентгеновского контроля имеет технические характеристики (табл. 3), удовлетворяющие самым высоким требованиям: нанофокусная рентгеновская трубка с максимальным напряжением до 160 кВ перекрывает весь диапазон требований по разрешению (начиная с субмикронного) и интенсивности излучения. Комфортная визуализация рентгеновских изображений максимально приближает к виду, наблюдаемому оператором через защищенное от излучения демонстрационное окно. Цифровые цепи обработки изображения в реальном времени обеспечивают превосходное разрешение по контрастности и вид под углом до 70° к объекту при увеличении более 10 000 крат. Для инспекции образцов с низкой контрастностью система может быть дополнительно оснащена цифровым детектором с высокой контрастностью или двойным

Таблица 3. Технические требования систем рентгеновского контроля компании Phoenix|X-ray

	pcb analyzer	microme x	panome x
Основные технические характеристики			
Увеличение и разрешение системы			
Увеличение геометрическое, крат	До 2060	2130	
Увеличение полное, крат	До 12 800	13 330	
Минимальный размер обнаруживаемых элементов, мкм	С нанофокусной трубкой, не хуже 0,2	С микрофокусной трубкой, не хуже 1	С нанофокусной трубкой, не хуже 0,2
Контрастное разрешение, %, не хуже	0,5	–	0,5
Манипулятор			
Зона сканирования, мм, не менее	610×460	610×510	
Максимальные размеры испытываемого образца, мм	710×560	680×635	
Максимальный вес испытываемого образца, кг	5		
Параметры получения изображения под углом к объекту при максимальном увеличении:			
- максимальный угол наклона, градусов	До 61	До 70	
- угол поворота стола, градусов	0–360		
Управление: - джойстик - система числового программного управления	Ручной режим Автоматический режим		
Скорость перемещения по осям X, Y, Z	10 мкм/с–80 мм/с		
Система предотвращения столкновения рентгеновской трубки с инспектируемым образцом	Может быть отключена (в том числе и программно) для максимального сближения трубки с объектом с целью достижения максимального увеличения		
Дополнительные средства для управления перемещением исследуемого образца	Отображает карты зон исследуемого образца, удобное изменение зоны и масштаба инспекции нажатием кнопки мыши; автоматическая фиксация объекта исследований при изменении углов наклона и поворота, лазерная указка		
Обработка изображений			
quality assurance 2006	Многофункциональное программное обеспечение для обработки изображений, полученных при рентгеновской инспекции, включая программирование координат, зон контроля (полуавтоматический режим)		
Радиационная безопасность			
Защитный корпус системы	Сталь со свинцовым экраном, оцинкованное стекло, паразитное излучение — менее 1 мк²в/ч		
Размеры системы			
Размеры (ширина×высота×глубина), мм	1800×1800×1300	2020×1920×1860	2020×1920×1860
Регулировка высоты панели управления, мм	500		
Вес, кг	2000		
Уникальные опции	Режим понижения дозы излучения (включение излучения только на время обработки изображения), контроль параметров рентгеновского излучения (проверка мишени, фокуса и разрешения)		
Опции программного обеспечения	bga module, qfp module, vc module, ws module, repair module	bga module, qfp module, vc module, ws module, CAD import (импорт данных из CAD файла)	bga module, qfp module, vc module, ws module, repair module, ml module, CT module (компьютерная томография)

Окончание на следующей странице

ovhm-модулем, обеспечивающим вид под углом к объекту до 70°.

Внешний вид системы аналогичен внешнему виду системы microme|x (рис. 30) за исключением надписи.

Преимуществом систем microme|x и panome|x перед системами pcb|analyzer является то, что при наклоне детектора не происходит потери исследуемой области.

Достоинства данных установок — наличие большого числа программных модулей для автоматического анализа качества соединений различных стандартных компонентов:

- bga|module — для автоматического контроля паяных соединений интегральных микросхем в корпусах BGA, включая автоматический контроль смачиваемости;
- qfp|module — для автоматического контроля паяных соединений интегральных микросхем в корпусах QFP, включая автоматический контроль смачиваемости;

- vc|module — для автоматического вычисления процентного содержания пустот;
- ws|module — для автоматического вычисления степени провисания проводников;
- repair|module — комфортный интерфейс для индикации дефектов инспектируемого модуля при ремонте.

Технология OVHM

(Oblique View at Highest Magnification) — получение изображения под углом к объекту при максимальном увеличении (Phoenix X-Ray)

Некоторые критерии приемки предполагают возможность получения изображения под углом к объекту, поскольку в таком случае большое количество дефектов можно рассмотреть гораздо лучше. Иными словами, необходима дополнительная информация о вертикальных размерах образца. Это обстоятельство, например, разрешает пользователю

Таблица 3 (окончание). Технические требования систем рентгеновского контроля компании Phoenix | X-ray

	pcba analyzer	microme x	nanome x
Рентгеновская трубка			
Основные			
Тип	Открытого типа, с углом излучения 170°, с коллиматором		
Мишень	Вольфрамовая, без бериллия		
Нить накала	Вольфрамовая, предварительно настроенная в кассетах для быстрой замены		
Вакуумная система	Безмасляные предварительный и турбомолекулярный насосы		
Максимальное отклонение мощности излучения в течение 8 часов, %, не более	0,5		
Микрофокусная трубка			
Напряжение/мощность	160 кВ/20 Вт 225 кВ/20 Вт		–
Минимальные размеры обнаруживаемых элементов, мкм	1 мкм		–
Нанофокусная трубка высокой мощности	Опция	– (microme x с установленной нанофокусной трубкой есть одна из комплектаций nanome x)	
Напряжение/мощность	160 кВ/50 Вт		160 кВ/50 Вт
Минимальные размеры обнаруживаемых элементов, мкм	0,2–0,3 мкм/100 кВ 1 мкм/160 кВ		0,2–0,3 мкм
Нанофокусная трубка с двумя режимами работы	Опция		
Напряжение/мощность	100 кВ/160 кВ/20 Вт		100 кВ/160 кВ/20 Вт
Минимальные размеры обнаруживаемых элементов, мкм	0,2–0,3 мкм при 100 кВ 1 мкм/160 кВ		0,2–0,3 мкм при 100 кВ 1 мкм при 160 кВ
Детектор			
Высококачественная цепь обработки изображения	6" одиночный усилитель изображения 6" двойной усилитель изображения с ПЗС камерой и (CCIR или EIA) 17" ЖК-дисплеем	–	–
Цифровая цепь обработки изображения для высокого и сверхвысокого разрешения	4" двойной усилитель изображения, 12-бит 1k x 1k цифровая камера и 17" ЖК-дисплей	4" двойной усилитель изображения, 2 Мпикс цифровая камера и 20" ЖК-дисплей	4" двойной усилитель изображения, 12-бит 2 или 4 Мпикс цифровая камера и 17" ЖК-дисплей
High-contrast set для обеспечения сверхвысокой контрастности	Детектор на базе 16-битовой a-Si-диодной сборки и сцинтилляторной фольгой Lapex плюс 16-битовое ПО quality assurance для сверхвысокого разрешения до 65 000 тонов серого	–	Детектор на базе 16-битовой a-Si-диодной сборки и сцинтилляторной фольгой Lapex плюс 16-битовое ПО quality assurance для сверхвысокого разрешения до 65 000 тонов серого
Управление перемещениями			
ovhm module 46	Получение изображения под углом к объекту (0–46°) при максимальном увеличении	–	–
ovhm module 61	Получение изображения под углом к объекту (0–61°) при максимальном увеличении	–	–
dual-ovhm module 46	Получение изображения под углом к объекту (0–46°) при максимальном увеличении, дополнительное оснащение для возможности установки блока высокой контрастности	–	–
ovhm module 70	–	Получение изображения под углом к объекту (0–70°) при максимальном увеличении	Получение изображения под углом к объекту (0–70°) при максимальном увеличении
dual-ovhm module 70	–	–	Получение изображения под углом к объекту (0–70°) при максимальном увеличении для возможности установки блока высокой контрастности и цифровой цепи
Поворотный стол	Поворот образца в горизонтальной плоскости на угол 0–360°		
Съемный модуль подъема/поворота инспектируемого образца	Подъем ±45°, поворот 0–360° при весе образца до 2 кг		Подъем ±30°, поворот 0–360° при весе образца до 2 кг
Модуль компьютерной томографии	–		Опция
ПО для обработки и реконструкции трехмерных изображений			SIXTOS
Время обработки			10 минут для 500 проекций (в зависимости от выбранного для детектора времени интеграции)
Время реконструкции			12 минут (2563 вокселей) 48 минут (5123 вокселей), одновременно с обработкой данных
Алгоритм			Оптимизированный отфильтрованный на просвет
Разрешение			До 2 мкм
Максимальное геометрическое увеличение			200 крат
ПО для визуализации			Volume Graphics Studio Max

увидеть разомкнутые паяные соединения собственными глазами, а не заниматься интерпретацией плоских изображений.

Принцип работы

При получении изображения под углом к объекту методом поворота образца проис-

ходит неизбежное снижение увеличения, связанное с увеличением рассеяния «фокальное пятно–объект» (рис. 32). Для устранения этого недостатка компания Phoenix|X-ray создала технологию OVHM, при которой вид под углом к объекту получается методом поворо-

та приемника (на угол 70°) с независимым поворотом рабочего стола на угол от 0° до 360°. Специально разработанный изоцентрический режим управления позволяет фиксировать исследуемый участок объекта при изменении угла наклона/поворота.

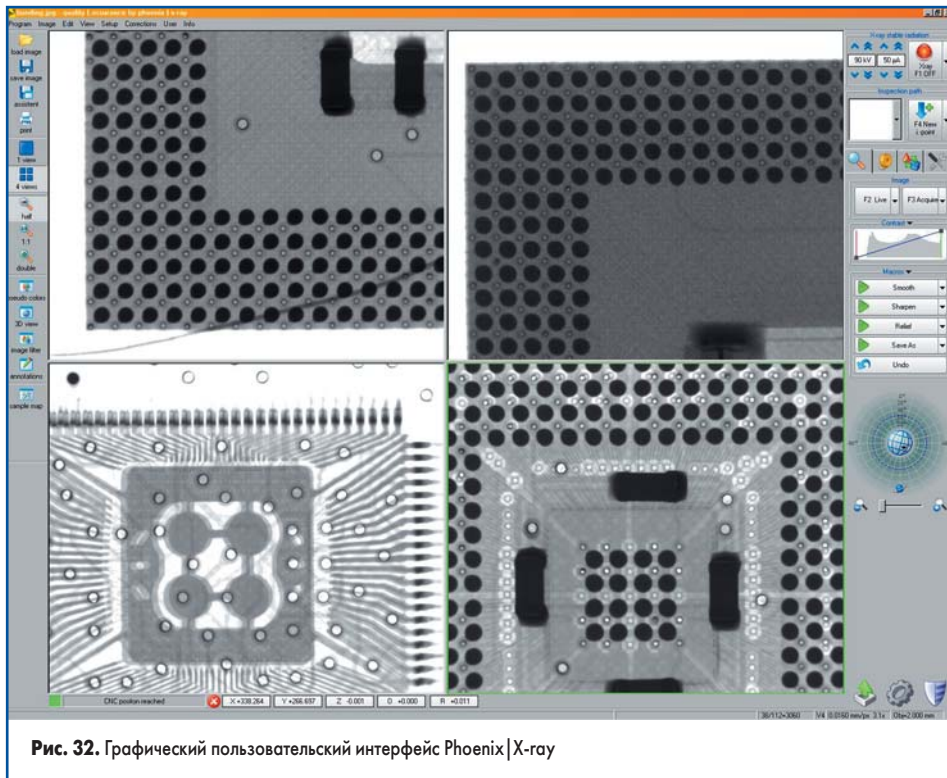


Рис. 32. Графический пользовательский интерфейс Phoenix|X-ray

**X-tek — Великобритания
(Универсал Прибор)**

**Система рентгеновского
контроля Orbita**

Система Orbita (рис. 33, 34, 35) — это улучшенная концепция рентгеновской системы, как для ручной, так и для автоматической инспекции больших площадей печатных плат и электронных компонентов (паллет с компонентами). Одна из важных особенностей Orbita — возможность инспекции под углом 75°.

Базовый комплект

- 160 кВ Xi установка рентгеновского излучения с воздушным охлаждением 10 Вт (5 мкм);
- радиационная камера с дверью скольжения и свинцовое стекло окна для обзора;
- система управления трехъярусной консолю;
- усилитель изображения одиночного поля 150 мм;

- устройство ручной регулировки диафрагмы CCD камеры;
- высокое разрешение CCD камеры 768×572 pixel;
- лазерный точечный указатель;



Рис. 34. Детектор и столик для исследуемого образца системы рентгеновского контроля Orbita



Рис. 33. Система рентгеновского контроля Orbita



Рис. 35. Графический пользовательский интерфейс системы Orbita от компании X-tek

- 6-осевой манипулятор для образца. Управление джойстиком. Обзор под углом;
- iXS-программируемый графический процессор, 20-дюймовый монитор и струйный принтер. Примечание: включая лицензионное ПО и 2 года сервисного обслуживания ПО (SSS);
- полностью кодируемый iXS-программируемый манипулятор;
- ПО iXS для управления источником рентгеновского излучения;
- полный пакет программ iXS.

**Система рентгеновского контроля
REVOLUTION (рис. 36)**

REVOLUTION — это самая современная система рентгеновского контроля из представленных компанией X-tek, разработанная на основе 20-летнего опыта в области микрофокусных рентгеновских технологий.

Данная система обеспечивает высокие показатели разрешающей способности и усиления, получаемые рентгеновскими системами такого класса, и идеально подходит для производственных линий и лабораторий, в которых проводится анализ неисправностей, — это революционный скачок в области рентгеновских систем, применяемых в радиоэлектронной промышленности (табл. 4). REVOLUTION является универсальной системой с большим разнообразием опций, что позволяет оператору легко осуществлять ручную или программируемую инспекцию исследуемого образца.



Рис. 36. Система рентгеновского контроля REVOLUTION

Таблица 4. Технические требования систем рентгеновского контроля компании X-tek

	Orbita	REVOLUTION
Основная информация	Система кабинетного типа с обзором до 75°. Горизонтальное сканирование образца по осям X, Y и его вращение.	Вертикальный рентгеновский луч, получение изображения под углом до 75°.
Геометрическое увеличение	До 2400 крат	
Системное увеличение	До 6000 крат	
Разрешение	≤ 1 мкм	
FID	600 мм	
Расстояние от фокальной точки до образца	0,5 мм минимум, 1,5 мм с лотком для образца	
Источник излучения		
Тип	160 X ⁱ *, вакуумный, разборный (открытого типа)	
Выход	0–160 кВт, 0–500 мкА	
Мощность луча	10 Вт (5 мк), 20 Вт (2 мк)	20 Вт (2 мк)
Мишень	Фокальная точка от 5 до 2 мкм	Фокальная точка 2 мкм
Материал мишени	Вольфрам на алюминии или бериллии	
Охлаждение	Водяное	
Управление	Программное, iXS Software	ПО Inspect-X
Манипулятор образца		
Линейные оси	4 оси (X, Y, Z и H) Управление вручную джойстиком	5 осей, перестраиваемая скорость, возможность программирования, снимаемый лоток. Управление вручную джойстиком, сканирование при помощи опции Xmap или InspectX
Вращение	360°, наклон от 0 до 75	360°, возможность непрерывного вращения
Зона сканирования, мм	508×610	
Макс. размер образца, мм	558×660	
Скорость (по осям)		X, Y — 60 мм/с, Z — 40 мм/с, ось наклона — 20 /с, ось вращения — 15 /с
Лоток под образец	На базе фибро-карбона, доступны другие форматы	Вставного типа из углеродного волокна, диаметр 550 мм
Вращение по осям	Угол наклона 90°, угол поворота 320°	
Программный контроль	Все оси программируемые, шаг перемещения 0,001 мм	
Вес образца	Макс. 5 кг	
Макс. размер образца	558×660 мм	400×400 мм
Система отображения		
Детектор рентгеновского излучения	150 мм (100, 100/150, 100/150/210 опционально)	Стандартный однополюсный 100 мм усилитель рентгеновского изображения с алюминиевым входным окном Двухполюсовый 150/100 мм усилитель изображения (VHR) — опция
Камера	760×580 пиксель 8 бит (1024×1024 12 бит опционально)	Аналоговая камера высокого разрешения (8 бит) Цифровая камера высокого разрешения (10 или 12 бит) — опция
Рабочая кабина		
Рама	Стальная рама с покрытием, защита из свинца, роликовые ножки	Стальная рама с эпоксидным покрытием
Консоль управления	Трехположная регулируемая конструкция	3 регулируемых полки для монитора, пульта управления и принтера
Доступ в кабину	Дверь скольжения с окном обзора из свинцового стекла	Дверь с лицевой стороны с полным доступом ко всем встроенным частям системы. Дополнительный доступ с левой стороны для полного сервисного обслуживания
Экранирование рентгеновского излучения	Лучше, чем 1 мк ² /ч, при максимальной мощности излучения	Лучше, чем 1 мк ² /ч, при максимальной мощности излучения
Размеры, мм	2302 (3222)×2006×2073	1100×1700×1900
Вес, кг	3000	3500
Питание	240 В, 50 Гц	
Потребляемая мощность	—	900 Вт/ч
Система управления		
Компьютер	Промышленный PC, CDRW, ZIP, FDD	Промышленный PC, CDRW, FDD, LAN
Операционная система	Windows 2000	Windows XP Pro
Программируемые функции	Излучение, позиционирование образца, захват изображения и анализ	Управление рентгеновским излучением, позиционирование образца, захват и анализ рентгеновских изображений
Дополнительные функции	—	X-Ray Image Map
Язык программирования	—	VBA, режим Teach and Learn

Назначение данной установки — 100%-ная инспекция BGA- и µBGA-компонентов, инспекция многослойных печатных плат и инспекция паяных соединений на печатных платах.

Максимальное увеличение — 6000×

Конструкция мишени передающего типа, установленной в рентгеновской пушке, имеет ультратонкое выходное окно, что предо-

ставляет возможность размещать образец на расстоянии в 250 мк от фокальной точки, позволяя получать системное увеличение до 6000 крат.

Высокая разрешающая способность

Управляемая плотная фокальная точка и современные технологии обработки цифровых изображений создают отчетливые рентгеновские изображения микронного уровня даже очень сложных образцов. Усовершенствованные электромагнитные линзы контролируются при помощи ПО, что обеспечивает постоянное нахождение изображения в фокусе при любом напряжении на рентгеновской пушке и защиту мишени от сгорания при высоком напряжении.

Высокая проникающая способность — 160 кВ

Запатентованная компанией X-tek рентгеновская пушка открытого типа имеет меньшие габариты, чем другие сконструированные пушки, и в то же время с легкостью позволяет получать рентгеновские изображения очень мелких деталей в толстых и плотных образцах.

Точность обработки изображения

Оператор выбирает интересующую область для инспекции и позицию в центре экрана. Система позволяет обрабатывать эту область, невзирая на любую комбинацию поворота, вращения или усиления.

True Parallel Tracking

Объединение вращения и угла поворота исследуемого образца необходимы для беспрепятственного обзора выводов BGA-компонентов. Следующий шаг — сканирование отдельных рядов выводов BGA-компонента для поиска непроая, пустоты и т. д. Это вынуждает оператора одновременно управлять сразу тремя осями перемещения образца, что требует от оператора определенного навыка работы. Расширенные функции манипулятора позволяют перемещать по направлению осей X–Y (параллельные BGA-компоненту) независимо от вращения образца (рис. 37).

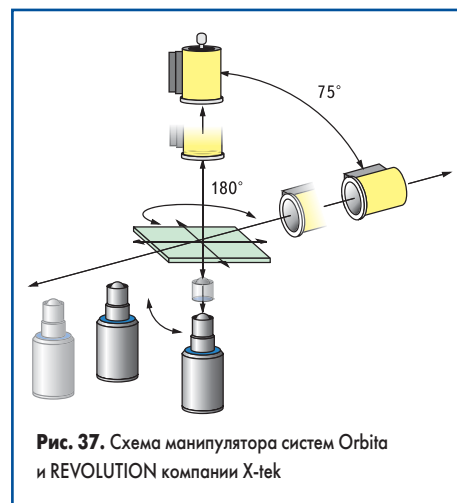


Рис. 37. Схема манипулятора систем Orbita и REVOLUTION компании X-tek

Piergiacomì — Италия (ООО РТС Инжиниринг)

Итальянская компания Piergiacomì представляет на российском рынке четыре системы рентгеновского контроля: Xbim 50, Xbim 90,

Xbim 100, Xbim 130. Наиболее интересными из них, пожалуй, являются две последние (рис. 38, табл. 5).

Задуманная, разработанная и произведенная для межоперационного контроля серия Xbim — это высокопроизводительные рентгеновские системы, предназначенные для всех типов качественного неразрушающего контроля. Данные системы могут работать непрерывно в три смены и имеют невероятно простой пользовательский интерфейс, то есть даже неопытный оператор может работать на установках такого типа.



Рис. 38. Система рентгеновского контроля Xbim 100/130

Операции:

- контроль BGA-микросхем;
- контроль пайки активных и пассивных компонентов;
- контроль пустот;
- контроль плохих соединений;
- контроль проводных соединений;
- идентификация шариков припоя;
- контроль электромеханических компонентов: реле, сенсоров, плавких предохранителей, обмоток.

Таблица 5. Технические требования систем рентгеновского контроля компании Piergiacomì

	Xbim 100	Xbim 130
Максимальный размер платы, мм	600×800	
Участок обзора, мм	72×54	
Вес платы, кг	3	
Источник рентгеновских лучей	Закрытая микрофокусная трубка	
Размер объекта фокусировки, мкм	8	7
Напряжение трубки, кВ	20–80	20–130
Сила тока трубки, мА	0–100	0–300
Максимальная мощность трубки	8 Вт	30 Вт
Разрешение, мкм	2	
Коэффициент увеличения	100×	200×
Детектор	4"	6"
CCD камера	–	
Рекурсивный фильтр с камерой определения передвижения	есть	
Интерфейс пользователя	ЖК-монитор, мышь, клавиатура	
Программное обеспечение	Windows XP, Softbim	
Компьютер и монитор	Pentium, ЖК 17"	
Количество степеней свободы манипулятора	5	
Максимальный наклон	±60°	
Позиционирование	Softbim	
Контроль перемещения	Мышь, клавиатура	
Максимальная скорость перемещения	200 мм/с	
Максимальная скорость поворота	≥2°/с	
Габаритные размеры, мм	1700×1600×1900	
Вес, кг	1500	
Электропитание, В	230 (однофазное)	
Потребляемая электрическая мощность	<1000	

Программное обеспечение Softbim

Управляющее программное обеспечение позволяет выполнять контроль даже оператору, не имеющему опыта работы на оборудовании такого рода.

Есть возможность использования фильтров, необходимых для выполнения контроля каждого типа компонента. Программное обеспечение Softbim помогает проводить анализ BGA и CSP, анализировать площадь и геометрию элементов, выполнять черно-белый анализ и анализ пустот, а также измерять диаметр.

Более того, можно применять фильтры оценки изображения (контраст, инверсия, фильтр кромок и 3D-фильтр).

Везения с Востока... Samsung — Корея («Электрон Сервис Технологии»)

«Электрон Сервис Технологии» представляет на российском рынке системы рентгеновского контроля компании Samsung (рис. 39, 40, 41, табл. 6). К сожалению, пока нет достаточной информации об этих установках.

Результаты рентгеновского контроля

Все снимки, представленные в таблице 7, сделаны с образцов, которые были использованы для анализа систем рентгеновского контроля.

Снимки были сделаны на трех системах: Cougar SMT (FeinFocus), X-8011 (Viscom) и microme I x (phoenix I x-ray) (табл. 7, 8).

Выводы

Сегодня, по мнению автора, все рассмотренные системы удовлетворяют требованиям применяемых в России технологий, но нужно отметить, что чувствуется небольшой отрыв немецких систем, даже по приведенным характеристикам. Но если смотреть вперед, наиболее передовыми являются системы рентгеновского контроля с применением модуля компьютерной томографии.

Таблица 6. Технические требования систем рентгеновского контроля компании Samsung

	Xi500B	Xi500A	Xi300B
Рентгеновская трубка			
Размер фокуса, мкм	5		33
Напряжение трубки, кВ	90		50
Ток трубки, мА	250		1000
Макс. мощность, Вт	10		50
Геометрическое увеличение	От 2× до 100×	От 2× до 300×	30×
Общее увеличение	От 111× до 300×	–	
ТВ система			
Усилитель изображения	4"/6"	4"/6" 2"/4" (опция)	
Персональный компьютер			
Размер экрана монитора	17" (XVGA/LCD)	17" (XVGA/LCD) 19" LCD (опция)	17" (CRT)
CPU	Процессор Intel Pentium IV		
OS	Windows 2000		
Принтер	Цветной		
Рентгеновская кабина и другое			
Габариты и вес, кг	1175×1370 ×1900, 600	1175×1370 ×1900, 900	740 ×825 ×660
Размер рабочего стола, мм	–	500×400	330×250
Излучение, мк³/ч	<1		<0,5



Рис. 39. Система для рентгеновского контроля Xi500B



Рис. 40. Система для рентгеновского контроля Xi500A



Рис. 41. Система для рентгеновского контроля Xi300B

Таблица 7. Результаты рентгеновского контроля

COUGAR SMT (FeinFocus)	X-8011 (Viscom)	Microme x (Phoenix X-ray)
Проверка на смачиваемость		
Контроль пустот в шариках BGA		
Дефекты пайки кристаллов		

Анализируя вопросы, касающиеся выбора системы, можно выделить некоторые пункты:

- Чем выше максимальное напряжение рентгеновской системы, тем большую толщину материала можно просветить.

Для контроля ПП желательно напряжение ~120 кВ, поэтому практически все рассмотренные установки подходят для контроля данной продукции. Если речь идет о контроле сварных соединений, толщиной 10 мм и более, то необходимы трубки с напряжением свыше

200 кВ. При этом если вам не важно разрешение, то стоит задуматься о трубке с боковым излучением. Следует отметить, что при высоком напряжении многие компании применяют жидкостное охлаждение.

Есть еще одна тонкость в выборе максимального напряжения. Если трубка рассчитана на 200 кВ, она прослужит намного дольше, если на нее подавать 190 кВ. То же касается и мощности трубки.

- Чем меньше фокус рентгеновской трубки, тем более высокое разрешение можно получить, используя геометрическое увеличение. Выбирая систему по этому параметру, необходимо решить, нужен ли для работы нанофокус, так как его преимущество проявляется в тех случаях, когда речь идет о передовых технологиях производства ПП, уменьшении шага компонентов и т. д. В других случаях его применение неэффективно. Есть такое эмпирическое правило — мощность в фокусном пятне составляет 1 Вт на каждый микрон фокусного пятна. Поэтому о применении нанофокуса для контроля сварных соединений относительно толстых деталей из металлических сплавов, стоит забыть. В этом случае наиболее результативным будет применение КТ, хотя

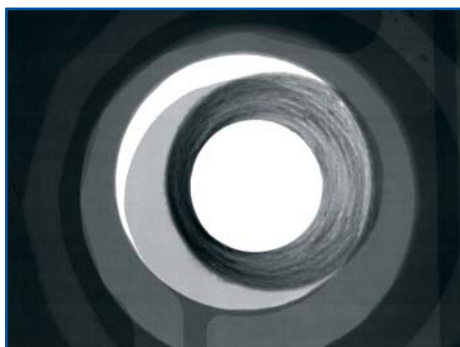


Рис. 42. Переходное отверстие (с помощью системы COUGAR)

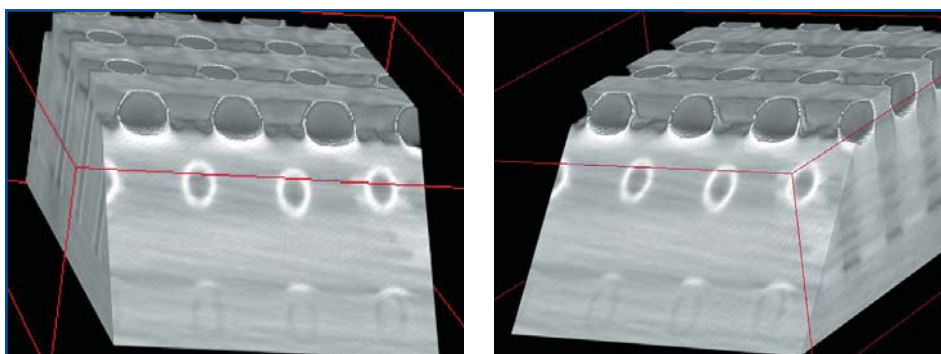


Рис. 43. Томографические снимки шариков микросхемы в корпусе BGA в разных плоскостях (nanome|x)

Таблица 8. Результаты контроля на системах X-8011 (Viscom) и Microme|x (Phoenix|X-ray)

X-8011 (Viscom)	Microme x (Phoenix X-ray)
Разварка выводов (золотая проволока h = 50 мкм)	
Дефекты разварки выводов микросхемы (золотая проволока h = 30 мкм)	

оно и намного увеличивает стоимость системы, но исследования, получаемые при контроле объекта в трехмерном пространстве, действительно дают ощутимые преимущества, которые сложно описать словами. Как говорится, лучше один раз увидеть.

- Чем ближе находится детектор к исследуемой детали и чем дальше расстояние от трубки до детали, тем выше качество изображения и меньше влияние размера фокуса рентгеновской трубки.

Тут есть большое «но»: что будет с геометрическим увеличением? При приближении детектора к исследуемой детали (или наоборот), мы получаем уменьшение изображения (рис. 44). Не думаем, что кому-то захочется контролировать ту же самую МС в корпусе BGA, ПП 5-го или 6-го класса или разварку проволокой толщиной, допустим, 50 мкм в масштабе 1:1. В этом случае и важно применение нанофокусной трубки.

Для получения высокого и сверхвысокого разрешения также предпочтительно использовать систему с цифровой цепью обработки изображения, в частности, сверхвысокого (16 бит) — с цифровым детектором высокой контрастности. Важна интеграция изображения, при которой система делает заданное количество снимков объекта с последующей автоматической обработкой и выдачей наиболее качественного изображения на экран.

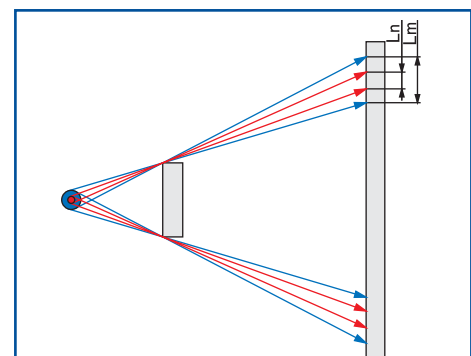


Рис. 44. Влияние уменьшения размера фокуса трубки на увеличение и качество изображения; величины L_m и L_n характеризуют размытость (нечеткость) изображения

Применение указанного оборудования позволяет обнаружить мельчайшие детали и малейшие отклонения в толщине, такие как пустоты в микроскопических паяных соединениях Flip Chip компонентов.

Что касается конструкции манипулятора, наиболее удачным, является вариант, используемый в установках компании Phoenix | X-ray. Данная конструкция обеспечивает максимальное увеличение исследуемого объекта, в том числе и под углом.

Но несмотря на все достоинства и преимущества представленных систем, самой важной проблемой остается человеческий фактор, а именно наличие высококвалифицированного оператора.

И все-таки, прежде чем делать выбор в пользу той или иной системы, следует подумать, а ЧТО БУДЕТ У НАС ЗАВТРА? Иначе есть



Рис. 45. Рентгеновский снимок сварного шва, сделанный на системе microme | x при интеграции изображения 64

риск поставить лишний «памятник» в своем технологическом парке.



Рис. 46. Рентгеновский снимок сварного шва, сделанный на системе X-8011 при интеграции изображения = 32 (макс. для данной системы)

Литература

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. Т. 1. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Под редакцией д. т. н. проф. В. В. Клюева. М.: Приборостроение. 1986.
2. Презентация систем рентгеновского контроля компании Fein Focus.
3. www.ndt-is.ru
4. www.siplace.ru (рентгеновские инспекционные системы для печатных плат)
5. Презентация систем рентгеновского контроля компании Phoenix | X-ray.
6. www.ostec-smt.ru (системы рентгеновского контроля)
7. Презентация систем рентгеновского контроля компании X-tek.
8. www.mospribor.ru