

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Э.Рувинова

Значение контроля качества печатных узлов (ПУ) возрастает пропорционально сокращению геометрических размеров компонентов и печатных плат (ПП). Для гарантии качества и своевременного устранения обнаруженных дефектов необходим 100%-ный контроль ПУ на критических этапах процесса сборки. Однако как осуществить его без замедления сборочной линии и снижения выхода годных? Оптимально решить эту проблему может только автоматический оптический контроль после каждой ключевой операции сборки.

Требования все возрастающей производительности при сборке ПУ в сочетании со все более высокой плотностью монтажа, усложнением смешанного монтажа и миниатюризацией компонентов вызывают жесткую необходимость в контроле ПУ в течение всего сборочного процесса. В условиях, когда надо поддерживать скорость при манипуляции с компонентами, имеющими выводы с малым шагом, появление дефектов – это реальность, характерная и для нанесения паяльной пасты, и для укладки компонентов, и для расплавления припоя. При поверхностном монтаже многих ПУ высокой сложности – с 20 или 30 тыс. паяных соединений – технологический процесс (ТП), даже с очень малым уровнем дефектности, демонстрирует низкий выход годных, чрезвычайно высокую стоимость доводки ПУ и очень длинный цикл производства.

Выбор эффективной стратегии контроля ПУ в условиях сильного давления стоимости, тенденций ко все большему миниатюризации компонентов и функциональности ПУ, внедрения новых технологий корпусирования, сокращения доступа для контроля, увеличения сложности производства и более короткого жизненного цикла продукции критичен для успеха предприятия.

К сожалению, с ростом сложности ПУ поиск дефектов с помощью внутрисхемного* и функционального контроля затрудняется: физический и визуальный доступ к контрольным точкам усложняет-

ся, возрастают временные и денежные расходы на контактроны, программы контроля и анализ, снижается экономическая эффективность ремонта.

Для нахождения источников всех дефектов необходим 100%-ный контроль всех ПУ после каждого технологического этапа. Только 100%-ный контроль обеспечивает полное покрытие дефектов для статистически управляемого ТП. Поскольку этому препятствуют финансовые ограничения, нужно балансировать стоимость контроля ПУ относительно прибыли, растущей при увеличении выхода годных.

В серийном производстве огромное преимущество автоматизированного контроля очевидно: контроль в этих условиях – повторяемые, монотонные операции на каждой ячейке оборудования, где человек, безусловно, уступает. В современном производстве ПУ для контроля размещения компонентов и паяных соединений наиболее широко используются автоматизированный рентгеновский контроль* и автоматизированный оптический контроль (АОК). Для правильного выбора вида контроля необходимо учитывать смешение технологий сборки ПУ и капитальные затраты, но особенно следует знать типичные свойства каждой технологии контроля (рис.1 и таблица).

АОК представляет собой экономически эффективную, высококачественную альтернативу рентгеновской технологии. Хотя рентгеновский контроль – единственное решение для идентификации внутренних дефектов, таких как раковины, хотя он позволяет "видеть" паяные соединения под матрицей выводов компонентов и проверять компоненты под ВЧ-экранами, он требует специального технического обучения операторов для интерпретации изображений и идентификации потенциальных дефектов. Этот вид контроля пригоден для применения в сборочной линии, однако ограничен производством, где производительность не на первом месте. Ос-

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №5, с.44–49.

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №6, с.34–39.

Сравнение автоматизированных технологий контроля

АОК	Рентгеновский контроль
Отлично подходит для нахождения дефектов размещения компонентов – пропуска, перекоса, неправильной полярности, маркировки и т.д.	Отлично подходит для нахождения дефектов паяных соединений, часто являющихся причиной скрытых эксплуатационных отказов
Отлично подходит для измерения точности размещения компонента до расплавления припоя	Отлично подходит для измерения толщины припоя
Способность находить множество видимых дефектов паяных соединений	Способность находить дефекты паяных соединений, не видимых для АОК или оператора
Соответствует производительности большинства сборочных линий	Способность находить большинство дефектов размещения
Очень устойчивая прибыль на инвестированный капитал	Очень устойчивая прибыль на инвестированный капитал в большинстве случаев, особенно для высокоплотных сложных ПУ
Время программирования – обычно менее одного дня	Программирование обычно занимает два-три дня
Более низкие капиталовложения, чем в рентгеновский контроль	Способность проверять двусторонние ПП в одном цикле контроля



ная модель АОК-системы для серийного производства (рис.2).

Доставку ПУ к контрольной позиции, как правило, осуществляет конвейер производственной линии. Сканируется ПУ обычно головкой с камерой/осветителем. Это предпочтительнее, чем передвижение самого ПУ, поскольку движущаяся головка минимизирует площадь системы для данной площади контроля, а передвигающийся под фиксированной головкой ПУ требует систему по

Рис.1. Типы дефектов, покрываемых автоматизированными оптическим и рентгеновским контролем

новой его недостаток – значительное время, необходимое для проведения 100%-ного контроля паяных соединений. Поэтому рентгеновское оборудование чаще устанавливается вне линии для произвольного контроля ПУ.

АОК, напротив, позволяет опознать дефекты любому оператору. При этом дефекты, которые могут быть не видимы при рентгеновском контроле, такие как неисправность непаяных соединений, несмачиваемость припоя и загрязнение флюса, четко идентифицируются и индицируются на экране. И, кроме того, только АОК позволяет сборочной линии работать при максимальной производительности.

СИСТЕМЫ АОК НА СБОРОЧНОЙ ЛИНИИ

Потребовалось почти десять лет на то, чтобы системы АОК утвердили свое место в линии сборки ПУ. За это же время чрезвычайно возросло число поставщиков АОК-систем и разнообразие технологий АОК. Совершенствовалось и технологическое оборудование нанесения паяльной пасты и укладки поверхностно монтируемых компонентов. Скорость работы сборочного оборудования росла, точность и надежность его увеличивались, обеспечивая в серийном производстве более высокий выход годных. Изготовители элементной базы также помогали автоматизировать сборку ПУ, создавая все больше и больше компонентов в корпусах для поверхностного монтажа. Более мелкие компоненты и высокая плотность их размещения на ПП вынуждает изготовителей ПУ требовать проведения АОК на своих производственных линиях. Преимущества АОК заложены в воспроизводимости его результатов и точности измерений.

АОК – это сложная технология, построенная на нескольких технических дисциплинах, включающих механику, осветительную технику, оптику, видеотехнику и анализ изображения, что иллюстрирует даже упрощен-

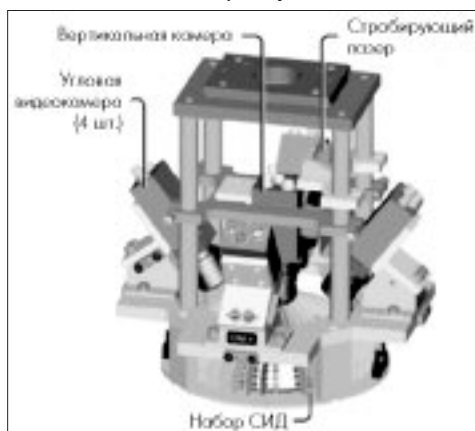


Рис.2. Упрощенная модель системы АОК для контроля ПУ после расплавления припоя

крайней мере в четыре раза большей площади, чем наибольшая контролируемая плата. Кроме того, быстрое передвижение ПУ с целью увеличения пропускной способности может вызвать изгиб платы или сдвиг компонентов.

При движении контролирующей головки относительно ПУ освещаются его различные части и их изображения регистрируются для последующего анализа тестовым компьютером, который также обычно входит в систему. Осветительная система на СИД удовлетворяет критериям серийного производства – высоконадёжна и воспроизводима.

АОК используется в двух основных категориях контроля: предупреждение и обнаружение дефектов. В категории профилактики – после трафаретной печати паяльной пасты, укладки чипов и компонентов, в категории обнаружения – после этапа расплавления припоя, где уже невозможно предотвратить дефект. Как известно, нахождение дефектов – это первый шаг к снижению их числа на производственной линии, однако устранение проблемы связано с предупреждением дефектов, особенно идентичных.

Многочисленные установки систем АОК – единственный путь достижения 100%-ного контроля. Системы размещаются на сборочной линии непосредственно после ключевых этапов ТП и экономически эффективно интегрируются в линию (рис.3). Это справедливо как для поверхностного монтажа, так и для монтажа в сквозные металлизированные отверстия. Станция ремонта после АОК непосредственно подсоединяется к системе контроля либо в линии, либо вне ее. Ошибки, обнаруженные системой, загружаются в ремонтную станцию вместе с соответствующими изображениями дефектных компонентов.

Этап после трафаретной печати паяльной пасты. Это первая критическая позиция. Исследования показывают, что вплоть до 70% дефектов в ПУ можно приписать нанесению паяльной пасты – либо не смещен сетчатый трафарет, либо слишком мало или много нанесено пасты, что ведет к перемычкам, закороткам и опусканию при монтаже компонентов. Такие дефекты, как плохое смачивание припоя и образование галтелей, становятся заметными после расплавления, однако источник их – в печати.

Большинство двухкоординатных АОК-систем могут контролировать сдвиг и наклон пасты, недостаточную ее площадь, натекание смолы и перемычки. Трехмерная система способна также измерять объем пасты. До расплавления дефектную паяльную пасту можно легко и недорого счистить и нанести заново. Нахождение ошибок и их исправление до расплавления наиболее экономично.

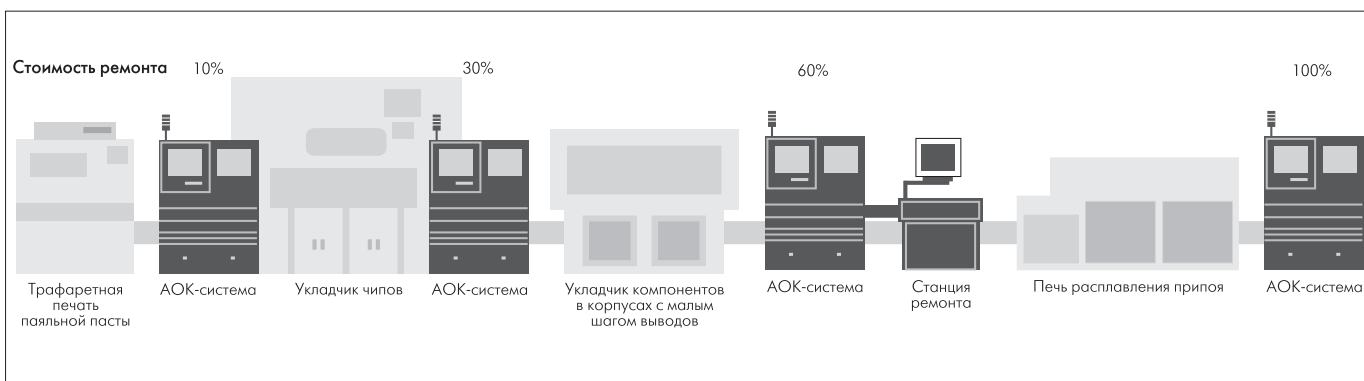


Рис.3. Размещение АОК-систем по сборочной линии

Примером контроля паяльной пасты до укладки поверхностно монтируемых компонентов может служить метод, запатентованный фирмой Teradune. Он обеспечивает надежный способ обнаружения дефектов в паяльной пасте для соединений, пропуска пасты, неправильного ее нанесения, перемычек между близко расположенными проводящими участками ПП. Анализатор производственных дефектов (рис.4) с помощью выборки высот нанесенной пасты (сразу после ее нанесения) на выбранном участке ПП индицирует, находится ли этот процесс под статистическим управлением ТП. Кроме того, анализатор проверяет пасту, нанесенную на каждую проводящую площадку, а затем проверяет все пары соседних площадок на перемычки.

Контролирующая головка поддерживается и передвигается с помощью координатного стола, а осветительная арматура селективно освещает ПП под контролем, так что соответствующие изображения регистрируются видеокамерами. Головка содержит проектор, проходящий через отверстие в осветительной арматуре вдоль центральной оси, который направляет когерентный свет на выбранный участок. Проектор включает в себя ксеноновую импульсную лампу для освещения пасты и фотошаблон с целью формирования перекрестия на пасте.

Если контроль покажет, что процесс нанесения пасты близок к выходу из-под управления, оператор может постепенно остановить

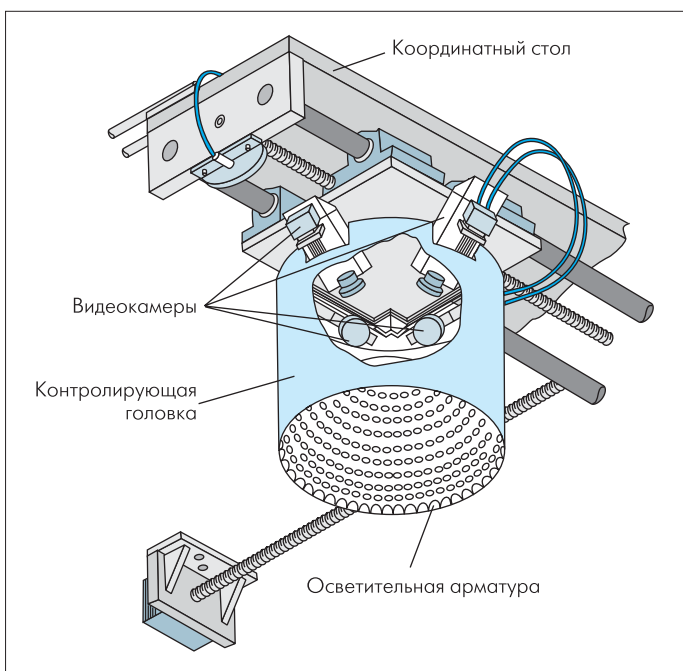


Рис.4. Анализатор дефектов

процесс и осуществить необходимые настройки, чтобы на ПП не появлялись систематические дефекты. Например, вариации высоты пасты могут быть вызваны неправильным давлением ракеля или неправильной температурой пасты.

В соответствии с процедурой контроля паяльная паста проверяется на правильность высоты неровности (систематические дефекты) следующим образом. Вначале вычисляется скорость выборки высоты каждого последующего участка пасты, затем контролирующая головка позиционируется прямо над выбранным участком. Далее мгновенно проектор проецирует световое перекрестие на этот участок. По крайней мере одна камера, задействованная синхронно с проектором, регистрирует изображение выбранного участка пасты, пока перекрестие сохраняется на ее поверхности. Зарегистрированное изображение затем анализируется для контроля высоты участка, для чего используется известный метод световой триангуляции. Точность измерения высоты при этом 6 мкм.

Для обнаружения случайных дефектов вначале определяется множество полей зрения аналогично высотам для систематических дефектов. Размеры их в основном 25x25 мм, при этом скорость сканирования головки 750 мм/с. Контролирующая головка последовательно сканирует поля зрения и соответственно полю активизируются СИД в арматуре, а соответствующими камерами регистрируются изображения, которые затем анализируются. Поскольку участки пасты обычно зеркальны, они легко отражают свет СИД на выбранные видеокамеры, и по интенсивности отраженного света определяется, например, наличие или отсутствие участка пасты.

Этап после укладки чипов и компонентов. В последнее десятилетие развиваются два типа укладочных машин: укладчики чипов и укладчики компонентов в корпусах с малым шагом выводов. Укладчики чипов размещают с высокой производительностью миниатюрные компоненты, такие как резисторы, конденсаторы и приборы в малых корпусах с малым числом выводов. Ими размещается около 80% компонентов ПУ. Приборы в корпусах с малым и очень малым шагом выводов размещаются очень точно, но медленнее, учитывая хрупкость компонентов. Наиболее серьезные дефекты обнаруживаются именно у таких компонентов.

АОК-система проверяет отсутствие/присутствие чипов и компонентов в корпусах с малым шагом выводов, а также их скос, сдвиг, ориентацию и неправильную полярность. Наряду с этим система может проверить пасту на контактных площадках, предназначенных для присоединения выводов с малым шагом и BGA. Неправильное размещение компонентов еще можно скорректировать.

АОК-система Interscan фирмы Teradune проверяет присутствие, размещение и соединения компонентов на ПП. Она точно обнаруживает и сообщает о дефектах в ПУ с коробленной ПП. Контролирующая головка может входить в состав и системы, ко-

торая проверяет ПП с нижней стороны. В этом случае головка перевернута и контролирует соединения компонентов, смонтированных в сквозные металлизированные отверстия. Передвижение головки в обоих случаях производится с помощью координатного стола.

В головке (рис.5) используется пять видеокамер, четыре из которых расположены по конусу под углом 30° к центральной оси, так что их оси конвергируют на ПП, задавая на ней поле зрения, размером, как правило, 25×25 мм. В осветительной арматуре – отверстия, для того чтобы наклонные камеры могли регистрировать изображения ПУ. Центральная камера – обычно ПЗС, чувствительная в ИК-диапазоне. В отверстии осветительной арматуры под углом 10° относительно центральной оси головки расположен также ИК-лазер мощностью 100 мВт, который синхронизирован с вертикальной камерой. Он проецирует световую линию без искажения на поверхности ПП в пределах поля зрения. Если поле зрения захватывает покоробленную часть ПП, положение линии лазера смещается относительно расчетного. Это смещение будет зарегистрировано вертикальной камерой, измерено и количественно охарактеризует коробление.

Коробление измеряется и компенсируется с помощью процедуры, выполняемой под управлением ПО, которое находится в контрольно-измерительном компьютере. Изображение лазерной линии делится на 32 сегмента, их положение в пределах каждого поля зрения определяется и записывается в ЗУ, а затем используется при последовательном контроле ПУ как опорное. Положение 32 сегментов в каждом поле зрения определяется и сравнивается с соответствующим опорным положением.

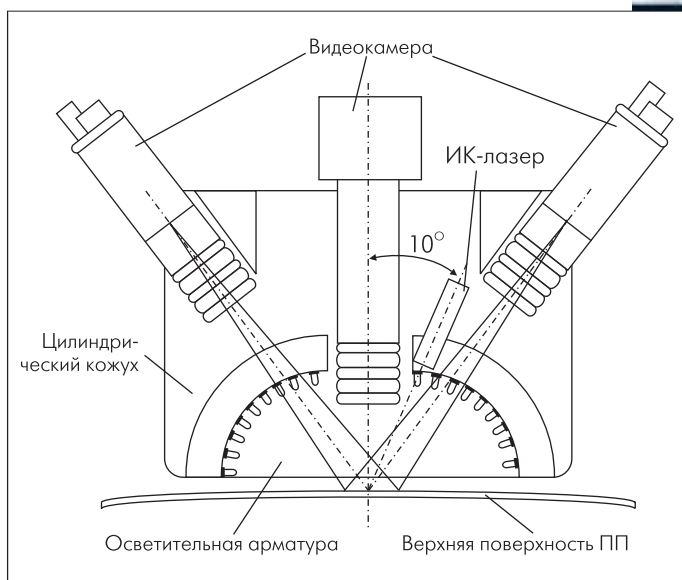


Рис.5. Контролирующая головка АОК-системы серии Interscan фирмы Teradyne

Этап после расплавления припоя. Проверяется присутствие/отсутствие, сдвиг, скос и полярность компонентов, правильность паяных соединений, дефекты недостаточности пасты, перемычки припоя и приподнятые выводы. На данном этапе растет вероятность брака многих дорогих ПУ, поэтому для эффективности мониторинга ТП здесь любой контроль должен включать прецизионные измерения на уровне вывода с большим разрешением.

Для анализа производственных дефектов может использоваться запатентованная фирмой Teradyne АОК-система (рис.6). Одна или более ее камер принимают изображение поверхности ПУ. Используя компьютеризированную обработку изображения, АОК может проверять правильность местоположения отдельных компонентов, наличие коротков или обрывов у выводов или паяных соединений. Анализатор производственных дефектов соединен с укладочной машиной, ему сообщается каждая смена бобины, и он проверяет соответствие компонентов спецификации.

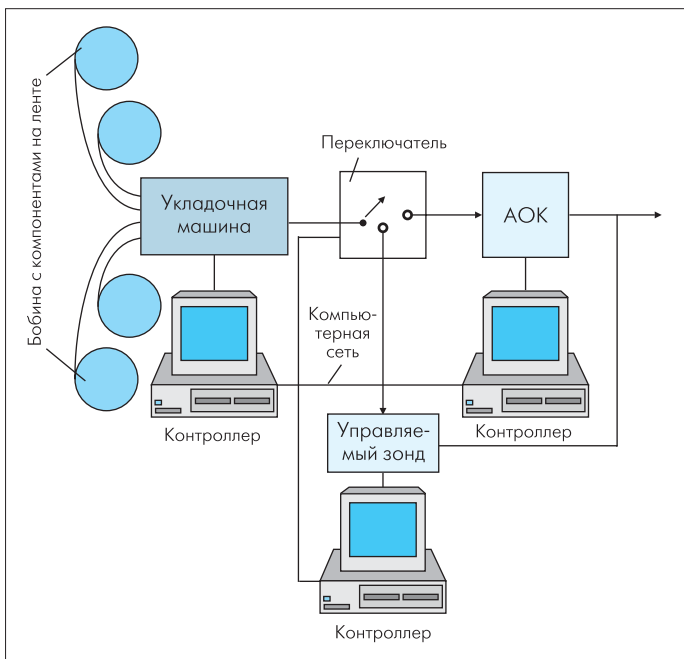


Рис.6. Анализатор производственных дефектов фирмы Teradyne

В системе используется также управляемый зонд, осуществляющий внутрисхемный контроль. Для этого переключатель соединяется с компьютерной сетью, в результате чего зонд будет управляться на основе сообщения, распространяемого по сети.

При использовании в ПУ ВГА, бескорпусных чипов, монтажа с перевернутым кристаллом применение АОК наиболее целесообразно на этапах печати паяльной пасты и укладки чипов. При контроле ПУ для космической и медицинской аппаратуры и систем безопасности (воздушных подушек в автомобилях) АОК необходим на этапах укладки и расплавления припоя. ПУ для потребительской продукции достаточно проверять только на последнем этапе.

При выборе системы АОК следует учитывать разницу между той, что просто проверяет, и той, что еще и измеряет. Измерительная система обеспечивает точные данные для каждого компонента и измеряет параметры процесса. Она дороже, однако при интеграции с ПО статистического управления ТП система создает информацию, необходимую для совершенствования ТП.

Чтобы операционный контроль приносил наибольшую прибыль на инвестированный капитал, АОК-системы должны использовать статистический анализ в реальном времени. Благодаря соединению модели статистического управления ТП с АОК-системой оператор может быть немедленно проинформирован о проблемах с технологическим оборудованием. Тогда ремонт или обслуживание оборудования возможны до появления бракованных ПУ. Статистическое управление ТП может минимизировать незапланированный простой и появление дефектных ПУ, а способность регулировать процесс, основываясь на дефектах, позволяет непрерывно улучшать качество.

ПРИМЕРЫ АОК-СИСТЕМ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ

Системы АОК производит множество зарубежных фирм, наиболее популярны из которых американские фирмы Agilent Technologies, ViTechnology, Teradyne, Vectron, Metcal.

Фирма Agilent Technologies

Фирма достигла лидерства на рынке благодаря созданию полного набора систем АОК до и после расплавления, который охватывает все аспекты поверхностного монтажа. Системы фирмы существенно повышают производительность труда, качество и выход годных ПУ при относительно низких финансовых затратах, особенно если сравнивать с полными расходами от 2 до 5 млн.долл. на установку новой производственной линии. Срок окупаемости – не более шести месяцев.



Рис.7. Система SJ50 фирмы Agilent Technologies

Система SJ50 (рис.7). Это представитель новейшего поколения АОК-систем фирмы. SJ50 была представлена на выставке Productronica в ноябре 2001 года. Фирма считает ее самой гибкой производственной системой АОК. Основные характеристики системы:

Функциональность	может устанавливаться на всех этапах сборки ПУ
Контроль до расплавления	пропуск, сдвиг, поворот, полярность компонентов. Двухмерный контроль пасты
Контроль после расплавления	пропуск, сдвиг, поворот, вертикальный разворот, полярность компонентов. Опускание и сгибание выводов. Избыток и недостаток припоя, перемычки
Производительность	свыше 25 см ² /с
Операционная среда	Windows NT 4.0
Аппаратные средства	ПК на базе Pentium III. Монитор с плоским экраном 38 см
Камера и осветительная система	большая цифровая ПЗС-камера. Поле зрения 32x25 мм, размер пиксела 25 мкм, оптическое разрешение 0,25 пиксела. Трехцветная СИД-головка
Максимальные размеры контролируемой ПП	480x480 мм
Минимальные размеры контролируемой ПП	50x50 мм
Максимальная масса ПУ	3 кг
Конвейерная система	стандартный конвейер SMEMA с регулировкой двигателя. Максимальная температура конвейерной ленты 80°C
Роботизированная координатная система	с линейным управлением двигателя и аналоговым шифратором. Перемещение 490x480 мм, воспроизводимость 5 мкм
Источник питания	200–240 В (25 А) или 100–120 В (40 А)
Рабочая температура	10–30°C
Габаритные размеры	1000x1520x1405 мм
Масса	1500 кг

Система SP50. В 2002 году фирма начала поставки новой высокопроизводительной АОК-системы для проверки паяльной пасты. Благодаря двум лазерным осветителям, связанным с камерой производства фирмы, SP50 обеспечивает высокую точность измерения при производительности линии. Система использует одинаковую с SJ50 платформу. Отличие состоит в ПО и оптической измерительной головке. Эта высокая степень общности снижает расходы на обучение персонала и запасные детали.

Измерения смещения или поворота контактной площадки, а также площади, высоты и объема паяльной пасты, проводимые системой, отличаются высокой точностью и воспроизводимостью. Характеристики системы SP50:

- выполнение 100%-ного трехмерного контроля всех покрытий с производительностью 19 см²/с;
- мгновенная идентификация дефектов паяльной пасты;
- сканирование всей ПП за одну операцию;
- обеспечение точных результатов даже при компонентах в корпусах с малым шагом выводов и BGA;
- простота калибровки и быстрое программирование (менее часа);
- измерение высоты, объема и площади покрытия паяльной пасты с погрешностью 10%;
- разрешение при измерении высоты ±5 мкм.

Система FX10. Существенным элементом процесса расплавления припоя является флюс – прозрачная жидкость, трудно поддающаяся контролю и измерению. Серия FX обеспечивает точные и надежные измерения объема флюса, используя новую запатентованную технологию.

Система RS. Полностью автоматизированная станция ремонта. Устанавливается на линии или вне ее. Данные о дефектах повторно вызываются на базе штриховых кодов изделия. ПО позволяет индентифицировать каждый дефект, а также схему ПУ из САПР. Обеспечивает высокую освещенность всех дефектов и точное определение местоположения текущей неисправности ПУ. Содержит собственный конвейер для ПУ и плоский монитор.

Фирма ViTechnology

Выпускает новые системы АОК: Vi-1000, Vi-1000SP, Vi-2000, Vi-3000, Vi-3200.

Система Vi-2000. Одна из лидирующих в мире, полностью автоматическая система оптического контроля. Рассчитана на сопряжение со всеми типами технологического оборудования сборки ПУ поверхностным монтажом (рис.8). Определяет присутствие/отсутствие компонентов, подтверждает их номиналы и полярность, гарантирует точность укладки, а также целостность паяных соединений, используя современное ПО анализа изображений.

Для получения оптимального контраста и описания изображения используются различные типы программируемой осветительной системы. При программировании оператор имеет возможность выбрать аксиальные или радиальные источники света и до 10 тыс. вариаций по цвету и интенсивности. С помощью прикладной программы специальной оптической верификации символов считывается минимальная маркировка, даже номиналы компонентов. Местоположение компонентов и контактных площадок вносится в программу системы при использовании файла САПР. Данные САПР преобразуются в машинные менее чем за 15 мин. Система содержит также библиотеку синтезированных изображений компонентов, относительно которых проверяются, измеряются и анализируются компоненты. Возможен охват сетью системы со станциями ремонта и периферийным оборудованием для дистанционного программирования и управления.



Рис.8. Система Vi-2000 и станция ремонта фирмы ViTechnology

В координатном столе применен двигатель с линейным управлением и аналоговый шифратор для прецизионного позиционирования с погрешностью/воспроизводимостью ±10 мкм. Основные характеристики:

Максимальные размеры ПП	.....	400x400 мм
Платформа ПО	.....	Windows NT 4.0
Система технического зрения	.....	MVS-8110X: процессор изображений Cognex
Компьютер	.....	Pentium II, 330 МГц, ОЗУ 64 Мбит, накопитель на жестком диске 4 Гбайт
Тип камеры	.....	до четырех ПЗС-камер, 512x400 или 1300x1000 пикселей, в зависимости от требований
Производительность контроля	.....	100 тыс. компонентов в час
Точность	.....	±10 мкм
Воспроизводимость	.....	±5 мкм
Габаритные размеры системы	.....	1050x1400x800 мм
Масса	.....	550 кг
Источник питания	.....	110 В (25 А) или 220 В (16 А)

Данные и действительные изображения дефектов, зафиксированные системой, могут быть направлены по сети или непосредственно к станции ремонта. Начальный экран показывает литерное изображение до 10 дефектных компонентов, а второй, основной, экран – ПУ с отмеченными красным цветом компонентами, относящимися к дефектным. Все обнаруженные дефекты могут быть просканированы, по каждому дефекту компонент проверяется и индентифицируется на экране. Затем оператор исследует изображения и определяет, забраковать ли данное ПУ, отремонтировать или вернуть на линию.

Система Vi-1000. Подходит для многих радиоэлектронных производств. Предназначена для контроля присутствия/отсутствия и полярности компонентов. Производительность контроля – 150 тыс. компонентов в час.

Высокая производительность систем Vi-2000 и Vi-1000, наибольшая на современном рынке, означает, что 100%-ный контроль монтируемых ПУ выполняется при согласованности с производственной линией. Стоимость системы Vi-1000 стандартной конфигурации – 100 тыс. долл.

Система Vi-1000SP. Предназначена для контроля паяльной пасты, а именно отсутствия/присутствия, позиционирования и двухмерного покрытия ПП с помощью трафаретной печати. Точность 1 мкм. Производительность свыше 1 млн. площадок в час. Стоимость при стандартной конфигурации 100 тыс. долл.

Фирма Teradyne (США)

Фирма имеет 17-летний опыт в производстве АОК-систем, и ее серия Optima 7000 представляет собой оптимальное решение для АОК на производственной линии.

Система Optima 7200. В 2001 году фирма ввела на рынок эту новейшую систему следующего поколения серии Optima 7000 (рис.9). Система предназначена для контроля ПУ после укладки компонентов и осуществляет всестороннее обнаружение дефектов и мониторинг процесса укладки компонентов для поверхностного монтажа. Усовершенствованная технология получения и анализа изображения (TriMetric) обеспечивает 100%-ный контроль компонентов и максимальное покрытие неисправностей при производительности сборочной линии. В Optima 7200 разработка программы производится полностью автоматически и созданные на одной системе процедуры контроля могут быть развернуты и на других Optima 7000. Начальная стоимость 150 тыс. долл.

Система Optima 7300. В 2002 году фирма начала ее поставки. Предназначена для АОК печатных узлов после расплавления припоя. Система характеризуется новой высокопроизводительной позиционирующей координатной траверсой и новой технологией получения изображения. Позволяет сканировать, диагностировать и манипулировать ПУ со скоростью 45 см²/с. Максимальные размеры контролируемых ПП 60х60 см, точность позиционирования ±1 мкм. Рассчитана на крупносерийное производство.

Фирма Vectron

Система K2-AOI. Предназначена для контроля ПУ как до, так и после расплавления припоя, а также после сборки в металлизированные сквозные отверстия (рис.10). Удовлетворяет требованиям высокопроизводительных сборочных линий. Разработанная фирмой прикладная программа InspectCard автоматически преобразует файлы укладочных машин в файлы контроля K2-AOI. Основные характеристики K2-AOI:

Максимальные размеры ПП	.....60x50 см
Производительность контроля	.....9,3 см ² /с
Система технического зрения	.....2048x3072 пикселей, сенсорные экраны
Занимаемая площадь	.....100x100 см
Максимальная масса изделия на конвейере	.....1,4 кг
Источник питания	.....100–120 В, 60 Гц

Фирма Metcal

Система VPI-1000. Компактная система оптического контроля (рис.11). Оптимально подходит для мелко- и среднесерийного производства. В крупносерийном производстве может использоваться как добавление к рентгеновской системе контроля. Большое оптическое увеличение и фокусное расстояние менее 76 мм позво-



Рис.9. Система Optima 7200 фирмы Teradyne



Рис.10. Система K2-AOI фирмы Vectron

ляют тщательно обследовать пространство под компонентами с матричными выводами с зазором менее 0,05 мм. Специально разработанная программа диагностирования содержит библиотеку дефектов и инструкции. Основные характеристики VPI-1000:

Увеличение	.....100–175X
Поле зрения	.....1,5x6,2 мм
Минимальный зазор между ПП и нижней стороной компонента	.....0,051 мм
Минимальное расстояние между компонентами	.....1,09 мм
Габаритные размеры	.....496x560x407 мм
Масса	.....15,8 кг



Рис.11. Система VPI-1000 фирмы Metcal

ИНТЕГРАЦИЯ АОК- И РЕНТГЕНОВСКОЙ СИСТЕМ

Комбинирование этих систем в единую позволяет обнаруживать огромный процент всех дефектов при значительно меньшей стоимости, чем любая из них в отдельности. В результате комбинированная система обеспечивает более высокую общую прибыль на инвестированный капитал при многих применениях.

Обнаружение дефектов в наиболее часто встречающихся компонентах, таких как плоские квадратные корпуса с четырехсторонним расположением выводов и поверхностно монтируемые соединители, – область, где воздействие комбинированной системы на производительность, выход годных и на прибыль особенно эффективно. Изготовителям не надо тратить 500 тыс. долл. и более на трехмерную рентгеновскую систему: комбинированная система найдет дефекты в таких компонентах за значительно меньшую сумму. А ведь в этих компонентах сосредоточено до половины всех дефектов ПУ. Соединения в них полностью или почти полностью спрятаны. Они обычно имеют 100–300 соединений с шагом между выводами настолько малым, что даже малейшее вращение или сдвиг могут их повредить. АОК видит припой лишь на верхней, небольшой части вывода. Наиболее уязвимое место соединения в пята – галтель на пята, которая не видима АОК-системой и может быть обнаружена только в рентгеновских лучах. Комбинированная система идеально подходит и для контроля компонентов BGA.

Комбинация АОК и рентгеновского контроля становится все более популярной. Стоимость этих систем – от 50 тыс. до 450 тыс.долл. Кроме того, добавляется стоимость их программирования с помощью операторов или инженеров. Так что выгода здесь очевидна.

Ключевые факторы экономического анализа включают выход годных ПУ на различных этапах контроля, объем выпуска ПУ, стоимость ремонта, интенсивность брака и спектр дефектов. С такой информацией менеджер может легко сочетать стоимость системы с экономической выгодой.

www.tmworld.com/articles/2001/
 www/e-insite.net/epp/
 Circuits Assembly, 2002, May; 2001, November; 2000, August.
 www.ate.agilent.com/emt/products/intelligent_test/
 www.vitechnology.com/aoi/
 www.teradyne.com/prods/
 www.vectroninc.com/vec_products/
 www.metcal.com/products/
 Пат. 5862973 США. Приоритет от 26.01.99.
 Пат. 6222630 США. Приоритет от 24.04.01.
 Пат. 0072822 США. Приоритет от 13.06.02.