

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ в сборочно- монтажном оборудовании



Текст: **Василий Афанасьев**

»

Выставка Продуктроника в Мюнхене, пожалуй, самое авторитетное и интересное мероприятие в электронной промышленности. В ней наиболее активное участие принимают крупнейшие производители сборочно-монтажного оборудования, которые в основной своей массе находятся как раз в Европе или имеют здесь солидные представительства. Именно на этой выставке демонстрируются самые современные разработки и новейшее оборудование, а подготовка к мероприятию начинается за два года, то есть сразу же после завершения предыдущей выставки. И, наконец, именно здесь можно оценить, в каком направлении отрасль будет развиваться в течение последующих двух лет. Выставка, прошедшая в 2015 году с 9 по 13 ноября, не стала исключением, указав ряд тенденций, в соответствии с которыми будет идти развитие сборочно-монтажного оборудования и технологий. С тремя, на наш взгляд, наиболее любопытными из них, мы познакомим вас в данной статье.



Тенденция номер 1. Индустрия 4.0

ПОЗАБЫТЫ ХЛОПОТЫ. ОСТАНОВЛЕН БЕГ.
ВКАЛЫВАЮТ РОБОТЫ, А НЕ ЧЕЛОВЕК.
Ю. ЭНТИН, Е. КРЫЛАТОВ,
К/Ф «ПРИКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Для тех, кому еще непонятен термин «Индустрия 4.0», попробуем приоткрыть завесу и кратко рассказать, что за ним скрывается.

Всемирная история знала три промышленных революции. Первая случилась при переходе от ручного труда к механизации и использованию паровых двигателей сначала в ткацкой промышленности, а затем и в других областях; вторая произошла при появлении электрических машин; а использование персональных компьютеров и ИТ-технологий в производстве вызвало очередную, третью по счету, революцию. По сложившемуся экспертному мнению мы с вами в данный момент переживаем четвертую промышленную или индустриальную революцию, обусловленную появлением и распространением киберфизических систем. Отсюда и порядковый номер — 4.0.

Киберфизическими системами называют совокупность контроллеров, датчиков, оборудования, ИТ-систем и других элементов, взаимодействующих между собой при помощи интернет-протоколов, интегрированных в производственные процессы и объединенных в общую сеть, как правило, выходящую за рамки отдельно взятой организации, для сбора и обработки физических данных для оптимизации производственных процессов и управления.

Сложно? Тогда попробуем с другой стороны. Слышали ли вы когда-нибудь термин «Интернет вещей»? Если нет, представьте, что вся бытовая техника у вас дома «общается» между собой, используя интернет. Допустим, вы просыпаетесь, нажимаете кнопку выключения будильника, и сигнал с него передается кофеварке, которая включается и готовит ваш любимый кофе, подогретый до определенной температуры. Автоматически включается свет в ванной, телевизор показывает нужную программу, холодильник информирует о продуктах, которые нужно использовать для завтрака в соответствии с вашей диетой и о состоянии срока годности содержимого, а также формирует перечень покупок. Это, приблизительно, и есть «интернет вещей», который уже по большому счету давно не является фантастикой. А теперь представьте, что с точки зрения взаимодействия элементов происходит все то же самое, только

вместо бытовой техники выступает промышленное оборудование на производстве.

Цель данного взаимодействия — помочь человеку в оптимизации процесса производства и повышении его эффективности. Современные высокотехнологичные производства характеризуются большими массивами данных, обрабатывать которые человеку становится все труднее, а от скорости и качества принятия решения может зависеть многое. В то же время компьютерные мозги автоматизированных машин справляются с этими задачами легко и быстро, а отсюда вытекает целесообразность обмена данными между такими машинами и принятие ими самостоятельных решений в зависимости от конкретной ситуации. Разумеется, ключевые задачи в этом случае — правильное интерпретирование машиной полученных данных и соответствующий алгоритм поведения. Абсолютно вся информация о производстве «оцифрована» при помощи различных датчиков и систем, обменивающихся данными и взаимодействующих между собой, принятие решений происходит децентрализованно самими системами, и производство функционирует с максимальной эффективностью. Это и есть «Индустрия 4.0» — концепция так называемого «производства будущего».

Поскольку электронная промышленность является одной из наиболее прогрессивных отраслей, «Индустрия 4.0» не могла остаться незамеченной крупнейшими мировыми производителями оборудования и стала базовой темой всей выставки Продуктроника 2015. Едва ли не каждый участник мероприятия заявлял свою принадлежность или готовность к использованию своего оборудования в условиях полной автоматизации, и обозначение «Индустрия 4.0» стояло почти на каждой машине или стенде. Но одно дело, когда компания давно работает в этом направлении, может подтвердить свое участие в подобных проектах и продемонстрировать решения посетителям, и совершенно другое, когда компания, чтобы не отставать от остальных, что-то делает второпях, клеит наклейку «Индустрия» и с этим выходит на суд публики. На выставке были представители как первой категории, так и второй, которая, надо сказать, преобладала. О своей реальной причастности к реализации проектов по построению интеллектуального производства могли заявить преимущественно компании, занимающиеся программным обеспечением, ведь именно оно играет ключевую роль в обеспечении взаимодействия киберфизических систем, оцифровывая, упорядочивая



1 Имитация работы производства, построенного по принципу «Индустрия 4.0» на стенде ITAC

и распределяя информационные потоки и управляя ими. Как пример — наш партнер ITAC, одна из немногих компаний, за плечами которой целый ряд проектов по внедрению MES-систем на действующих производствах, где с «Индустрией 4.0» знакомы не понаслышке. На стенде ITAC рис 1 был представлен небольшой макет, иллюстрирующий работу различных интеллектуальных систем в составе миниатюрного завода.

Если говорить о производителях оборудования, то, как правило, кроме неких расширенных возможностей программного обеспечения станков, мало что относилось к «Индустрии 4.0». Пожалуй, наиболее яркий пример, показывающий работу киберфизических систем, представила компания Viscom — это коммуникация системы контроля качества нанесения паяльной пасты (SPI) с принтером трафаретной печати и системой автоматической оптической инспекции (АОИ). Данные функции носят название Viscom Uplink и Downlink рис 2. Функции Uplink и Downlink предназначены для фор-

мирования обратной связи с автоматом нанесения паяльной пасты и АОИ контроля пайки. При помощи «Downlink» S3088 SPI коммутируется с принтером. Помимо общей оценки качества нанесения система анализирует величину смещения отпечатков, наличие загрязнений, вызванных неочищенным снизу трафаретом, и при необходимости дает принтеру сигнал на корректировку совмещения трафарета либо на его очистку. Через «Uplink» S3088 SPI передает информацию о находящихся близко к пределу пороговых значений отпечатках на АОИ, стоящую после печи оплавления, которая, в свою очередь, получив данный сигнал, снимет несколько дополнительных изображений подозрительных мест. Вся информация отображается на ремонтной станции (станции верификации). Использование данных функций позволяет проанализировать операцию трафаретной печати в целом и при необходимости внести корректировки в технологический процесс.

К слову, использование подобного взаимодействия не было основной тенденцией в АОИ, хотя ему оказывалось безусловное внимание. А что было основным? Об этом речь пойдет дальше.

Пусть не все еще готовы к работе в условиях «Индустрии 4.0», но вектор обозначен четко, работа ведется и можно с уверенностью заявлять, что основное развитие отрасли пойдет именно в этом направлении.

Тенденция номер 2. Пайка «без пустот». Вакуумная пайка

После директивы RoHS и свершившегося за ней перехода на бессвинцовую пайку в 2006 году производители печей взяли паузу на разработку очередной «революции» в оплавлении. Сегодня, судя по количеству компаний, представивших на выставке свои модифицированные печи, тенденция налицо. Целый ряд крупнейших производителей взял на вооружение технологию, которая уже имеет широкое применение при пайке в паровой фазе — использование вакуума.

Общий принцип: плата с еще расплавленным припоем, двигаясь по конвейеру, после зоны оплавления переходит в вакуумную камеру, в которой закрываются заслонки, и происходит откачивание воздуха. Через некоторое время заслонки открываются, и плата переходит в зону охлаждения. Пустоты удаляются из зоны пайки за счет создаваемого разрежения.

Как реализовано: вакуумная камера встраивается в печь оплавления после зоны пайки.

Эффект: исключение пустот из паяных соединений, что подтверждается всеми производителями с демонстрацией рентгеновских снимков.

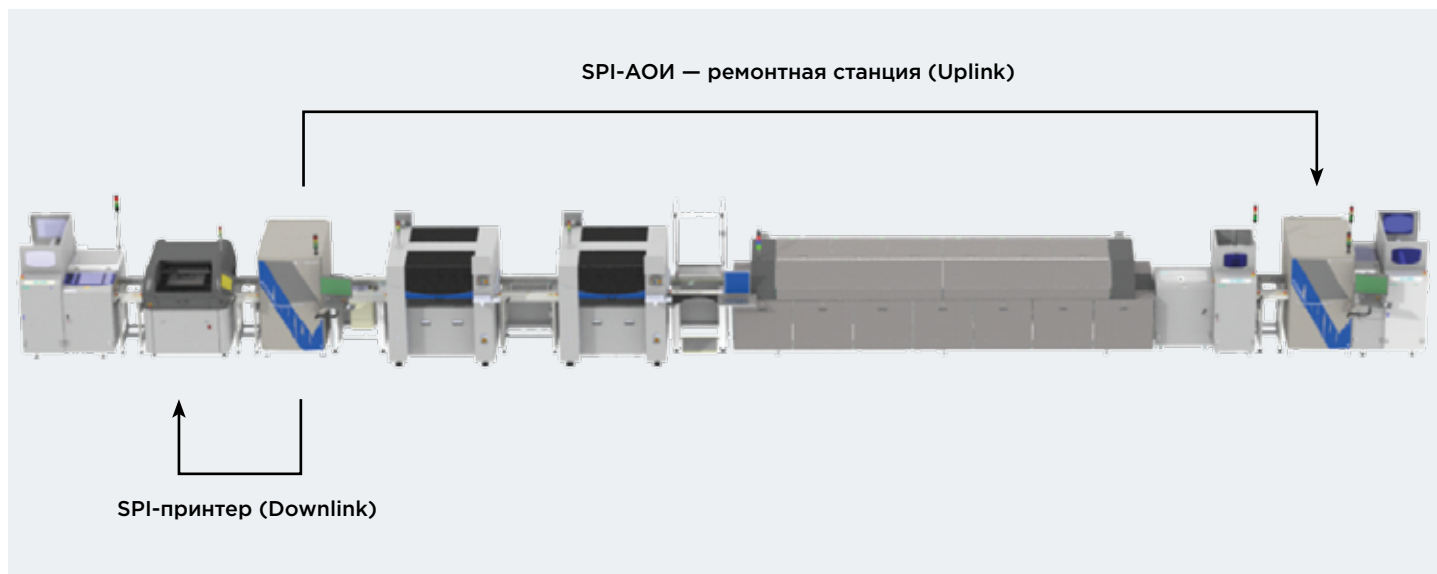
Недостатки систем с вакуумными камерами: цена. Появление вакуумных камер из-за усложненной конструкции ведет к значительному удорожанию печей, плюс возникают побочные эффекты.

Побочные эффекты:

- использование в работе вакуумных камер ведет к увеличению времени нахождения припоя в жидком состоянии, что, в свою очередь, приводит к росту интерметаллического слоя. С одной стороны, мы исключаем пустоты, с другой — паяное соединение становится более хрупким;
- пока плата находится в камере, дальнейшее движение по конвейеру не происходит. То есть вакуумная камера тормозит весь процесс;
- нет четкого понимания воздействия вакуума на компоненты, вернее, не самого вакуума, а скорости создания разрежения, которая может оказаться разрушительной;
- в вакуумной камере неизбежны падения температуры.

Компания ERSA, мировой лидер по производству систем пайки, резко дифференцировалась от конкурентов и представила свой альтернативный вариант — печи с интегрированным пьезоактюатором, добившись снижения количества пустот на 98 % за счет использования собственной уникальной технологии [рис 3](#).

Общий принцип: после выхода из зоны оплавления плата подвергается продольному синусоидальному механическому воздействию с амплитудой не более 10 мкм, после чего печатный узел переходит в состояние резонанса. Благодаря низкой стартовой частоте вибрация распространяется по печатному узлу плавно и равномерно, без риска разрушения молекулярных





3 Печь оплавления Hotflow 4/20 со встроенным модулем «безпустотной пайки»

цепей. Дальнейшее увеличение частоты повышает жесткость поверхности платы, что передается «эластичным» участкам, и за счет снижения эффекта демпфирования в расплавленном припое возникает дополнительная энергия, которая распространяется в зоны меньшей плотности, то есть в так называемые пустоты. Поскольку вибрация, переданная плате, полностью гасится или поглощается жидким припоем, компоненты, установленные на плате, не подвержены никакому риску.

Как реализовано: пройдя пиковую температуру, печатный узел попадает на специализированные салазки рис 4, на которые как раз и оказывает воздействие пьезоактюатор. Приняв плату, салазки слегка отделяются от конвейера, чтобы последний не прекращал движения и ему не передавалась вибрация. По окончании процесса удаления пустот салазки возвращают плату обратно на конвейер. Весь процесс занимает 10 секунд.

Эффект: снижение пустот на 98 %.

Побочные эффекты: нет.

Новая технология от Ersa получила название «Voidless soldering», то есть безпустотная пайка, и надо сказать, что при достижении приблизительно одинакового с вакуумными камерами эффекта по снижению пустот в паяных соединениях, она имеет очевидные преимущества. Нет падения температуры, разрушающего воздействие вакуума, удлинения времени цикла и существенного удорожания системы. Технология оказалась настолько эффективной и доступно реализуемой, что Ersa даже внедрила «Voidless soldering» в своих паяльно-ремонтных центрах.

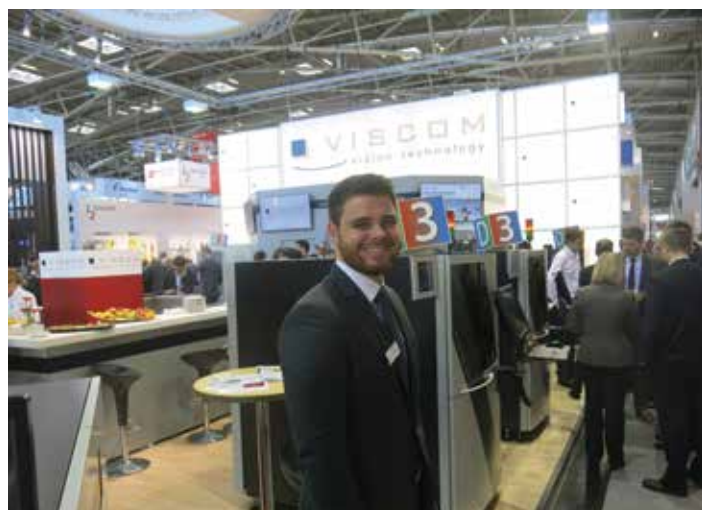
В целом, выставка для Ersa проходила под девизом «Фестиваль инноваций», причем это был девиз, подтвержденный реальными примерами. Компания продемонстрировала целую серию новинок и модернизаций практически во всех своих продуктах. К сожалению, в этой статье мы вынуждены обойти их вниманием, но обещаем вернуться к ним в будущем.

Тенденция номер 3. Автоматическая оптическая инспекция в 3D

Несмотря на всеобъемлющую «Индустрию 4.0» и то, что в АОИ есть уже реализованные примеры киберфизических систем, например Viscom Uplink и Downlink, совсем не это стало особенностью, объединяющей практически всех производителей «оптики». В этой остроконкурентной нише борьба компаний друг с другом оказалась важнее, чем следование модным принципам.

Парадокс в том, что эта борьба породила свою собственную специализированную новомодную тенденцию, а именно — инспекцию спаянных печатных узлов в 3D. И точно так же, как и в случае «Индустрии 4.0», все производители АОИ обозначили свою готовность проводить трехмерный контроль печатных узлов. Главное было заявить об этом на выставке, что все и сделали независимо от своих действительных возможностей, которые по факту могли находиться очень далеко от реальной 3D инспекции. Если бы нашлась компания, которая забыла поставить на свой стенд значок «3D», то время для нее было бы упущено, и восстановить свою репутацию ей бы не скоро удалось.

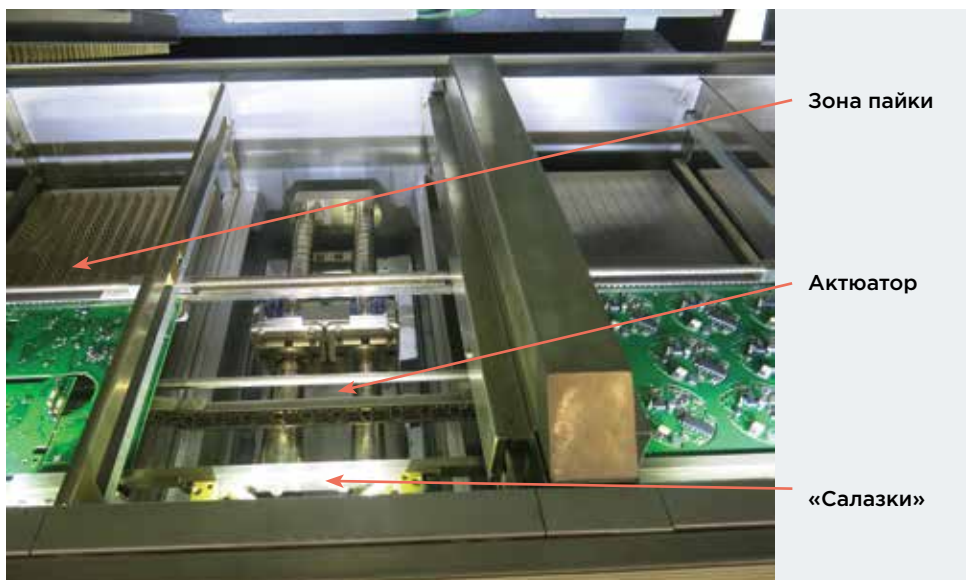
Внесение изменений в стандартную систему инспекции предполагает серьезный пересмотр и переработку как аппаратной части, так и алгоритмов программирования, распознавания и обработки изображений, что является собой колоссальную работу, поэтому заявления многих производителей о своих возможностях, к сожалению, практически ничем не подкреплялись. Еще задолго до выставки отсутствие значимых результатов



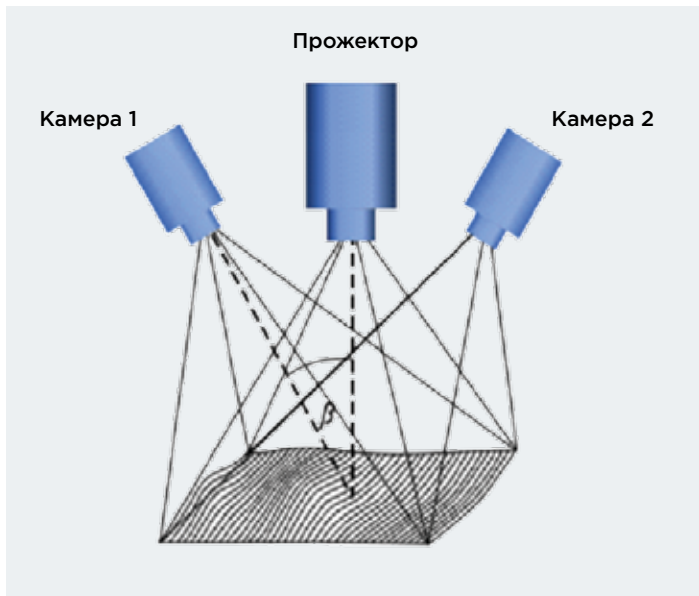
5 Стенд компании Viscom

в этой области у большинства производителей стало причиной скептического отношения многих специалистов к 3D технологии в принципе, и мнения насчет ее «необязательности» и дополнительных сложностях, которые она несет, распространялись весьма широко.

К счастью, наш партнер Viscom относится к категории компаний, которые начали проработку 3D инспекции довольно давно и на текущий момент добились наилучших результатов рис 5. Первые серьезные достижения были обозначены в инспекции паяльной пасты (SPI), но получение объемных изображений отпечатков — задача не настолько сложная, как формирование полноценной трехмерной картины спаянного печатного узла



4 Зона удаления пустот из паяных соединений в печи Hotflow 4/20



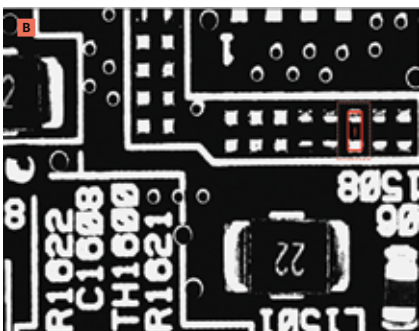
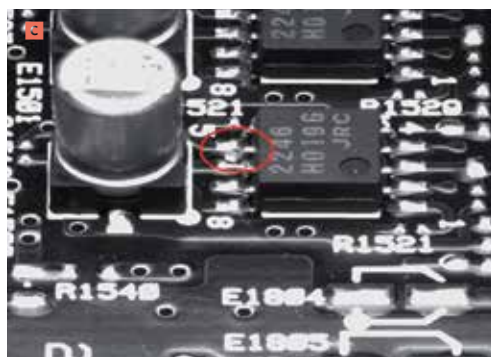
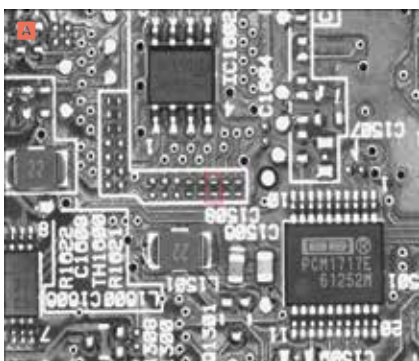
6
Схема расположения прожектора и камер в системах 3D АОИ инспекции Viscom

и распространение систем SPI не настолько широкое, как АОИ после пайки. Продуктроника 2015 стала площадкой, на которой Viscom продемонстрировал результаты своей кропотливой работы над 3D, и результаты оказались столь впечатляющими, что вопросы о качестве и необходимости подобной инспекции отпали сами собой. В первую очередь, возникает вопрос, чем 3D технология отличается от традиционной и какие преимущества она несет пользователю.

Формирование 3D изображений строится на так называемом методе проецирования полос, который основан на использовании источника структурированного света (прожектора), проецирующего полосы света на объемный объект. Криволинейность поверхности вызывает преломление луча света, что приводит к деформации полосок, чьи изменения расстояния между точками и меняющийся угол отражения регистрируются камерами, расположенными по углам от прожектора. Проецирование нескольких полос света в одно время увеличивает количество снимаемых камерами изображений, которые затем обрабатываются и служат основой для построения 3D моделей.

В системах Viscom используются один прожектор и несколько камер, расположенных по углам рис 6, что увеличивает скорость получения и обработки, а также дает действительно объемное изображение без теневых зон по сравнению с большинством систем, представленных на соседних стендах и состоящих из одной ортогональной камеры и угловых прожекторов. Поскольку реальные размеры на строящейся модели печатного узла формируются на основании полученных данных с камеры, а при использовании нескольких камер — на основании среднего значения этих данных, то очевидно, что несколько камер дадут более реалистичную картину, и чем больше камер, тем точнее результат. Компания Viscom, имеющая огромный опыт по использованию восьми угловых камер в своих системах АОИ, с блеском это продемонстрировала.

Как это работает на практике? Если вы знакомы



7
Снимок с боковой камеры, расположенной на на 180 и 270 градусов от объекта

с работой систем АОИ, то могли наблюдать изображения, снимаемые традиционными системами в стандартном рис 7 А или, при наличии такой возможности, в повышенном рис 7 В разрешении.

Если ваша установка оснащена угловыми камерами, то вы могли получать боковые снимки объекта с разных сторон, в зависимости от количества угловых камер рис 7 С, Д.

Наличие угловых камер является обязательным условием, если вы хотите с высокой вероятностью идентифицировать такие дефекты как отсутствие паяного соединения, непропай или некомпланарность выводов. Но даже в этом случае отсутствует 100 % гарантия «поимки» дефектов, а при необходимости проведения детального анализа печатного узла с выполнением определенных измерений, например, высоты галтели, у вас такая возможность будет ограничена. При работе с 3D моделями все ограничения снимаются: сама система улавливает мельчайшие отклонения, а у пользователя открываются колоссальные возможности при отладке программ инспекции, идентификации дефектов и выполнения контрольно-измерительных работ рис 8.

Данная 3D технология, как и многие другие упомянутые, отнюдь не нова — первые системы, имеющие «трехмерные» способности, были представлены еще два

года назад. Но тогда это явление не носило массового характера, а результаты инспекций были далеки от совершенства. Сегодня ситуация изменилась, и автоматическая оптическая инспекция с возможностью формирования объемных моделей печатных узлов стала очевидной тенденцией с дальнейшим развитием для всех производителей оборудования в данной технологии. Но надо ли говорить, что усложнение алгоритма инспекции, распознавания и анализа при работе с трехмерными изображениями предъявляют особенные требования к самим системам и их возможностям? Не все еще готовы к 3D технологии, но активно к этому стремятся, и в 2017 году у нас будет возможность еще раз сравнить результаты.



8 Работа с 3D изображением участка печатного узла. Измерение высоты галтелей

В завершение этого краткого обзора отметим, что в 2015 году на выставке новинок было действительно много, и львиная доля из них заслуживает пристального внимания. Мы осветили наиболее яркие, на наш взгляд, тенденции, также есть о чем рассказать и в области технологий нанесения влагозащитных материалов, отмывки, установки компонентов, трафаретной печати, дозирования и т.д. Так или иначе, большинство из того, что было представлено в Европе, оказывает влияние на всю отрасль и рано или поздно придет и в Россию. А мы вам об этом обязательно расскажем! ↙