

# Productronica 2015: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ – РОССИЙСКОМУ РЫНКУ

ЧАСТЬ 1



И.Шахнович, В.Мейлицев

Международная выставка оборудования для производства электроники Productronica в 2015 году отметила свой юбилей – ровно 40 лет назад, в 1975 году, прошла первая Productronica. И с тех пор каждые два года в Мюнхен съезжаются все ведущие производители технологического оборудования и материалов для изготовления печатных плат, сборки электронных узлов, тестирования и анализа электронных изделий и т.п. Здесь представляют новые технологии, анонсируют новое оборудование, объявляют о слияниях компаний. Все тренды развития производственного сектора электронной индустрии на следующую пару лет представлены на этом крупнейшем форуме.

Выставка Productronica 2015 прошла с 12 по 15 ноября 2015 года. Свои достижения демонстрировали 1168 экспонентов из 40 стран. Порядка 38 тыс. посетителей побывали на этом форуме – столько же, сколько и в предыдущие годы. И согласно данным Института рыночных исследований TNS Infratest, 97% из них дали выставке хорошую или отличную оценку. В этом году резко выросло число визитеров из стран Юго-Восточной Азии – из Китая, Японии, Малайзии и Сингапура. В целом же, география посетителей включала 80 стран мира. После Германии, больше всего своих специалистов на Productronica 2015 делегировали Италия, Австрия, Швейцария, Чехия, Россия и Великобритания.

Конечно, журнал "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ" не может пройти мимо столь значимого для всей отрасли события. Чтобы более полно отразить представленные на выставке Productronica новинки, в этом году мы изменим формат и расскажем о новых решениях порядка 60 ведущих зарубежных компаний, представленных на российском рынке. Причем сделаем это в серии публикаций, разбив по тематикам ("Системы автоматической оптической и рентгеновской инспекции", "Производство печатных плат", "Монтаж печатных плат", "Контрольно-измерительное оборудование", "Решения для изделий микроэлектроники", "Решения для кабелей и проводов". Будут рассмотрены решения в области источников питания, тестирования изделий силовой электроники и энергетических систем. Расскажем мы и о представленной на Productronica продукции российских компаний. Не сомневайтесь – будет интересно.



## ИНСПЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ: ОПТИЧЕСКАЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ



Мариус Отто

### Компания GOEPEL electronic

#### инженер по продажам Мариус Отто (Marius Otto)

На выставке мы впервые демонстрируем нашу новую систему АОИ VarioLine. Она вобрала в себя наши лучшие достижения в области обнаружения дефектов, быстродействия, удобства эксплуатации и цены. Эта установка – развитие нашей успешной линейки АОИ AdvancedLine с совершенно новым модулем видеокamer. Этот модуль включает фронтальную ортогональную

камеру с телецентрическим объективом и четыре камеры бокового обзора, наклоненные на 45°. Причем эти камеры могут вращаться на 360° с шагом 1°, что позволяет исследовать объект с любого направления – это важно, например, когда крупные компоненты

могут закрыть от камеры какой-либо фрагмент платы. Поворотная система позволяет контролировать галтели, искать дефекты поднятого вывода и т.п. с любого направления. Все пять камер всегда смотрят в одну точку, для этого камеры бокового обзора оснащены специальной системой подстройки фокальной плоскости. Камеры отличаются большим полем зрения и высокоскоростной системой захвата изображения. Кроме того, модуль оснащен мультиспектральной подсветкой. Все это дает высокопроизводительную систему, формирующую очень качественное изображение печатной платы, что позволяет выявлять дефекты монтажа с высокой достоверностью.

Стандартный модуль камер в системе VarioLine предназначен для 2D-инспекции. Однако опционально установку можно оснастить системой 3D-инспекции 3D EyeZ с 3D-сенсором на основе телецентрической многоточечной матрицы Telecentric Multi Spot Array (TMSA). Эта разработка впервые была представлена весной 2014 года на выставке SMT Hybrid Packaging 2014, однако сегодня модулем 3D EyeZ комплектуются наши серийные установки (см. подр.: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2014, № 5, с. 194–195). Напомним, наш 3D-сенсор использует матрицу телецентрических конфокальных линз и широкополосную систему подсветки. Оптические оси этой системы расположены перпендикулярно по отношению к плоскости платы, что исключает эффект затенения отдельных участков. Таким образом, установка VarioLine совмещает возможности классической 2D АОИ, поворотной системы бокового зрения и 3D АОИ – три в одном.

Аналогичная концепция построения модуля камер используется и в нашей линейке TurboLine, но для новой системы удалось снизить габариты блока камер. Кроме того, на 20 см выросли габариты машины. Используя линейные электроприводы, удалось повысить скорость и стабильность позиционирования оптической головы. Все это вместе позволило сделать VarioLine

Система АОИ VarioLine



очень быстрой – в режиме 2D достигнута скорость инспекции 85 см<sup>2</sup>/с. Это быстрейшая система АОИ компании GOEPPEL. Конечно, 3D-инспекция требует дополнительного времени.

Очень важно, что машина VarioLine оснащается новой версией программного обеспечения PILOT 6. В нем много приятных возможностей, например, трехмерное отображение каждого компонента, очень простое программирование. Это новое ПО компания позиционирует как систему, с которой справится оператор, даже незнакомого с АОИ. Может, это и немного утрировано, но программный интерфейс оператора стал

гораздо нагляднее, в нем много текстовых подсказок. Теперь работа строится в пошаговом режиме – оператор шаг за шагом выполняет необходимые операции, что исключает ошибку. Это не просто удобно – оператор без участия инженеров сможет самостоятельно внести необходимые изменения в программу.

Принципиально, что несмотря на выросшую скорость и габариты, машина не выросла в цене. Она даже стала немного дешевле по отношению к машинам предыдущей линейки TurbLine. Это совершенно осознанный шаг компании Goepel, чтобы привлечь новых заказчиков.



Шоич Рашед

### Компания МЕК (Marantz electronics)

#### директор по продажам Шоич Рашед (Shoich Rashed)

Компания МЕК специализируется в области систем оптической инспекции, причем выпускает полный спектр решений для пользователей с самыми разными задачами и бюджетами. На выставке Productronica 2015 мы демонстрируем пять новых продуктов.

Прежде всего, интересна система SpectorBox, предназначенная для АОИ монтажа выводных компонентов, монти-

руемых в отверстия (технология ТНТ). Это модульное решение, которое легко интегрировать в уже действующую производственную линию. Несколько лет назад мы представили на рынок модуль SpectorBox Bottom

для инспекции платы с нижней стороны, то есть со стороны припоя. На этой выставке мы демонстрируем совсем новый модуль SpectorBox Top, предназначенный для инспекции верхней стороны платы с выводными компонентами.

Каждый модуль оснащен девятью камерами – одной фронтальной и восемью наклонными под 45°, установленными по окружности через 45°. Все камеры работают одновременно. Центральная камера с телецентрическим объективом обладает разрешением до 10 мкм. В основе распознавания дефектов лежит анализ цветного 24-разрядного изображения, что позволяет получать гораздо больше информации о поверхности платы, чем в других системах. Для контроля нижней стороны платы дополнительно используется трехцветная кольцевая подсветка – направленный перпендикулярно плате белый свет (коаксиальная подсветка через призму фронтальной камеры), под углом 65° к плате синий свет и под углом 45° – красный. Эта подсветка дает возможность определять профиль паяных соединений. В целом, система АОИ позволяет обнаружить любые видимые дефекты пайки – мостики припоя между контактными площадками (короткие замыкания), шарики припоя на плате, отклонения в форме мениска припоя вокруг вывода и т.п., в том числе – дефекты ручной пайки.

Верхний модуль системы SpectorBox – совершенно новый продукт. Он обладает очень большим клиренсом, до 130 мм, что

Система АОИ SpectorBox, нижний модуль. Видна оптическая головка с девятью камерами и кольцо подсветки





Модули АОИ SpectorBox для двухсторонней инспекции

позволяет контролировать даже самые высокие компоненты. Это уникально для рынка. Опционально может быть использована система перемещения камеры по вертикальной оси до 30 мм. Благодаря девяти камерам можно, например, проверить маркировку полярности на компонентах – читать их не только сверху, но и сбоку.

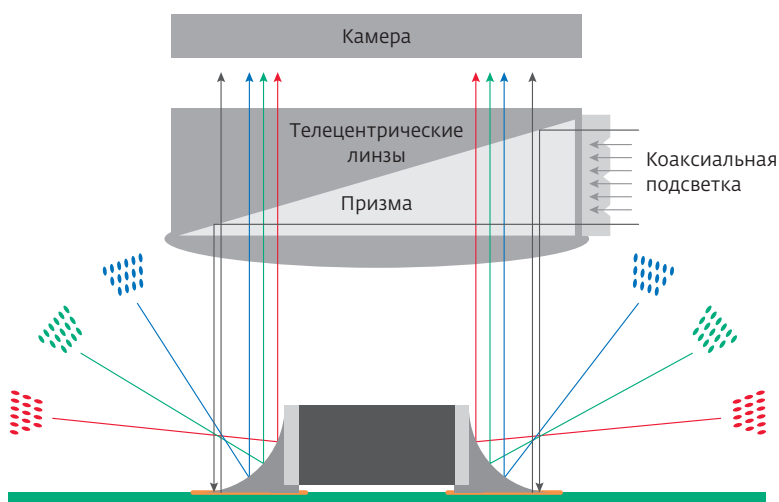
SpectorBox поставляется как в виде встраиваемых модулей, так и в виде отдельной установки для конвейерных линий – последний вариант мы выпускаем совместно с известным производителем транспортных систем, компанией NUTEC. Модульные решения отличаются суперкомпактностью – высота от основания модуля до фокальной плоскости камер составляет 28 см – модуль SpectorBox Bottom можно установить практически под любой конвейерной линией. Пользователь может выбрать – проводить инспекцию только сверху, только снизу или одновременно с двух сторон. В случае двустороннего контроля мы предлагаем двухмодульное решение, в сумме оснащенное 18 камерами.

Отмечу, что на разработку такой системы мы потратили порядка трех лет. Ее создание явилось ответом на запросы рынка – монтируется очень много выводных компонентов, но нет систем АОИ для них. Причем в автоматическом контроле ТНТ-компонентов огромное значение имеют алгоритмы обработки изображений, чем и сильна компания MEK. Ведь практически всегда выводы ТНТ-компонентов изогнуты, и, скажем, конденсатор на длинных выводах может отклониться достаточно далеко от своей номинальной позиции, даже лежать на плате. Программа должна обнаруживать такие компоненты при любых отклонениях. Не сомневаюсь, что за системой SpectorBox большое будущее, в том числе и в России.

Следующий новый продукт компании MEK – система статической АОИ SpiderEye. В стандартных установках АОИ объект контроля неподвижен, перемещаются камеры. Система SpiderEye называется статической, поскольку здесь все наоборот – объект движется по конвейеру, а для его инспекции используется восемь камер. Система стала ответом на запросы рынка, требующего средства АОИ продукции непосредственно на движущейся конвейерной линии – например, размещены ли нужные бирки на продукте, правильно ли установлен разъем, все ли винты прикручены и т.п. Считывание штрих-кодов, распознавание текстовой информации, в том числе текстовой маркировки на печатных



SpectorBox в виде отдельной установки для конвейерных линий



Принцип 3D-анализа паяных соединений посредством цветной подсветки в системах МЕК

платах и т.п. – все это позволяет проверить наша система. Собственно, она может контролировать то же, что видит глаз.

Каждая из восьми камер системы оснащена собственным источником подсветки и управляется автономно, для каждой из них можно независимо задавать увеличение – и все это из единой программы управления с удобным пользовательским интерфейсом. Сами камеры – полноцветные, с быстродействием до 30 кадров в секунду, время экспозиции – от 1/30 до 1/10 000 с. Захват и обработка картинки происходит одновременно со всех восьми камер. Для распознавания изображений используется точно такое же мощное ПО, что и для наших систем АОИ печатных плат.

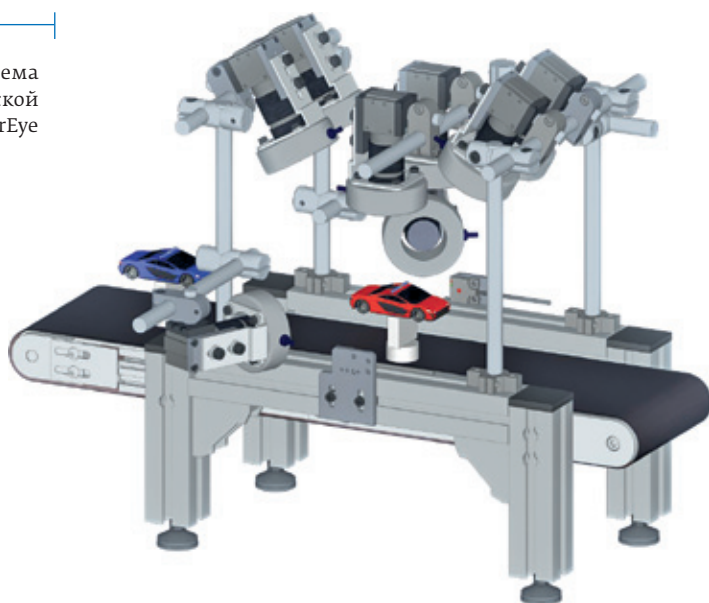
Для АОИ печатных плат с SMT-компонентами мы выпускаем две линейки

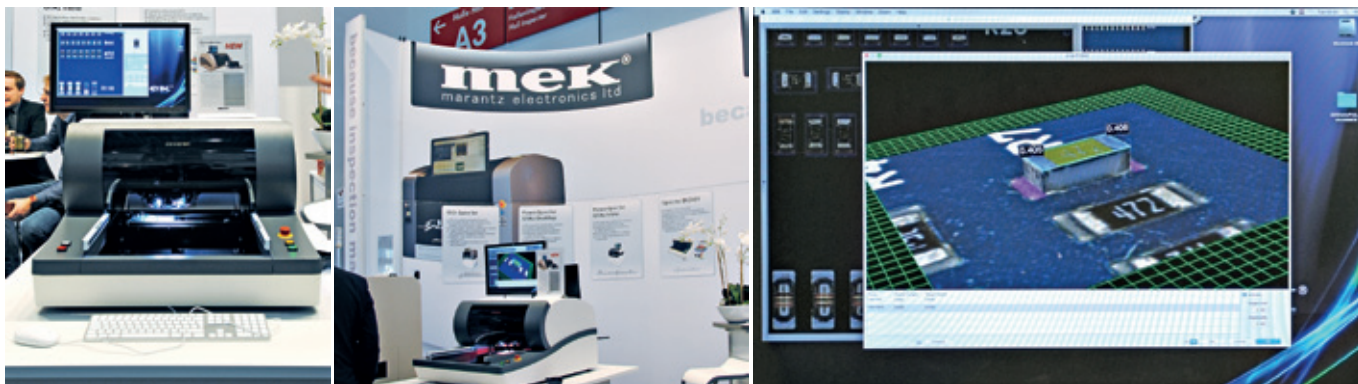
решений – продвинутую серию PowerSpector и установки начального уровня iSpector. И в каждой из них мы представляем новый продукт.

В линейке начального уровня компания МЕК впервые демонстрирует настольную установку АОИ iSpector EK350V. Это бюджетная система АОИ, но при этом очень мощная. В ней одна камера с разрешением 18,75 мкм и полем зрения 30×20,25 мм. Камера оснащена ПЗС-матрицей 2 Мпиксел с 24-разрядной обработкой сигнала, для связи с камерой используется интерфейс USB 3.0. Для подсветки предусмотрены три светодиодных RGB-кольца с различным наклоном лучей каждого цвета. Такая подсветка проще и дешевле по сравнению с широкополосной системой освещения в линейке АОИ PowerSpector. Однако она позволяет распознавать профиль паяного соединения, контролировать профили менисков припоя, объем припоя (или его отсутствие) в точке пайки.

Подчеркну, обычно системы начального уровня способны только распознавать наличие/отсутствие компонентов. Система iSpector обладает полным набором возможностей промышленных установок АОИ и позволяет проверить не только правильность установки компонентов (наличие, тип, полярность, смещение), но и качество пайки, причем по различным технологиям – селективной пайки, волной, оплавлением и т.п. Это возможно, поскольку в iSpector используется ровно то же программное обеспечение и алгоритмы обработки изображений,

Система статической АОИ SpiderEye





те же библиотеки, что и в нашей продвинутой линейке PowerSpector. Так что за примерно вдвое более низкую цену по сравнению с АОИ верхнего уровня пользователь получает настольную установку без каких-либо компромиссов между ценой и качеством. Причем это действительно компактная установка – ее габариты 760×860×450 мм (Ш×Г×В), масса 45 кг, при этом она позволяет работать с печатными платами до 350×250 мм. В системе очень простое программирование – по библиотекам, по золотой плате, вручную.

Проверку можно начинать с самой первой, прототипной платы, и на программирование потребуются минуты. Сама система достаточно быстрая, установка EK350V работает на 30% быстрее предшествующей модели. Причем скорость сканирования практически такая же, как и у моделей семейства PowerSpector – за секунду анализируется площадь размером 133×90 мм.

Как и другие новинки, система iSpector EK350V стала ответом на современные требования рынка. Ведь сегодня немало компаний располагают ограниченным бюджетом, и первое, что они исключают из своего процесса, – это системы АОИ. Однако компоненты становятся все меньше и меньше, и человек глазами может увидеть далеко не все дефекты. Визуальный контроль и микроскоп становятся неоптимальным решением даже для прототипных плат. Мы уверены, что сегодня у всех производителей электроники должна быть система АОИ. Наше решение iSpector EK350V предназначено как раз для таких компаний, причем без компромиссов по качеству.

В линейке продвинутых систем АОИ мы представляем новейшую установку – PowerSpector GTAz. Сразу отмечу, что мы

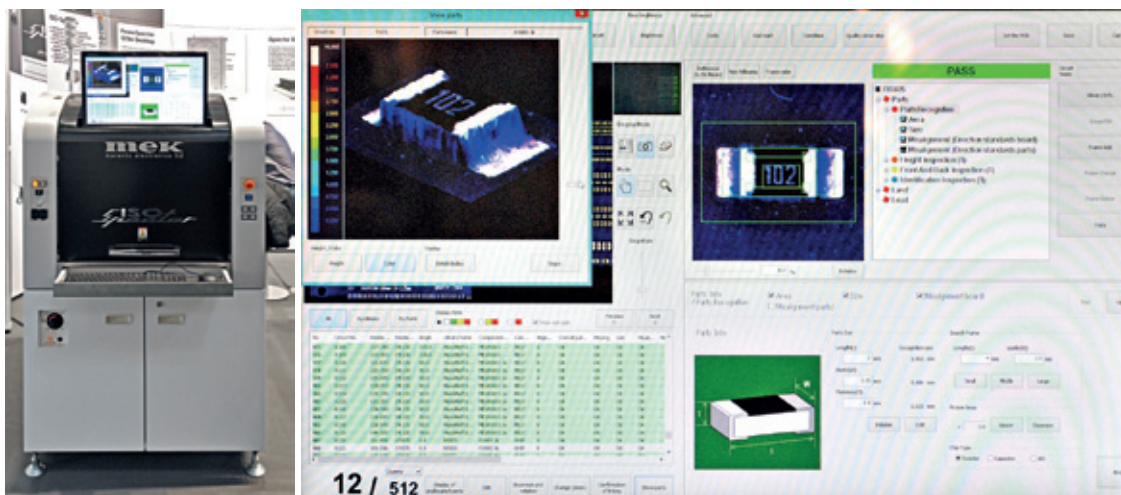
предлагаем эту систему как в настольном исполнении, так и в виде установки для конвейерных линий. Различаются модели и по максимальному размеру печатных плат – от 350×250 до 800×550 мм.

Установки GTAz оснащены стандартной оптической системой МЕК с девятью 4-Мпиксел камерами – одной фронтальной и восьмью боковыми, наклоненными на 45°. Быстродействие камер – 90 кадр/с. Литера "z" в названии системы указывает на то, что камеры могут перемещаться не только в плоскости, но и на 30 мм по вертикали. Это важно как для инспекции компонентов различной высоты, так и для контроля конструкций, где одна плата расположена над другой – система GTAz позволяет в одном цикле проводить инспекцию обеих плат. Отличие системы GTAz от предыдущего поколения (система FTAz) – вдвое большая емкость ПЗС-матрицы камеры и вдвое большее поле зрения. Камеры обеспечивают разрешение 10 мкм с полем зрения 19,5×19,5 мм (или 18,75 мкм при поле зрения 36,5×36,5 мм). Увеличение поля зрения сокращает время рабочего цикла АОИ примерно на 50%. Для подсветки используется четырехцветная система – основная синяя подсветка, кольца белых и красных светодиодов (под разными углами) и коаксиальная.

Специфическая особенность наших систем АОИ PowerSpector – они могут выполнять пассивную 3D-инспекцию. Термин "пассивная" означает, что для формирования 3D-изображений мы не используем активный источник подсветки, например, лазер для интерференционной сетки или систему формирования муаровой сетки. Поскольку оптическая система PowerSpector включает девять камер, для построения 3D-моделей можно использовать стереоскопический метод,

Система АОИ PowerSpector GTAz в настольном исполнении

Установка  
3D-топогра-  
фирования  
ISO Spector



связывая изображения фронтальной камеры и одной из боковых. В результате точность измерений по высоте составляет 10 мкм. Это позволяет определять высоту и копланарность компонентов. Подчеркну, опция пассивной 3D-инспекции включена в цену базовой модели установки. Это очень важно, поскольку в целом PowerSpector GTAz – это система АОИ средней ценовой категории. И это первая на рынке настольная система, которая обладает возможностью 3D АОИ. Она позволяет полноценно контролировать качество как поверхностного монтажа, так и монтажа в отверстия, проводить инспекцию нанесения паяльной пасты, контролировать компоненты после установки и после пайки любого типа, даже ручной.

Еще один новый продукт – установка 3D-топографирования ISO Spector. Это система 3D АОИ с полным тестовым покрытием компонентов, паяных соединений и самой печатной платы (даже если на ней нет компонентов). Измерения высоты проводятся одновременно с верхней и нижней стороны платы, для этого используются два сканера на основе двух мощных фиолетовых лазеров, направленных на плату почти под вертикальным углом (порядка 95°). В результате, используя специальные алгоритмы, мы устраняем эффект затенения и слепые зоны.

Очень важная особенность лазерной системы 3D-инспекции – она полностью нечувствительна к вибрациям. Это проблема для любого производства, поскольку автоматы установки компонентов создают немалую вибрацию, которая через полцеха передается на другие установки. Такая вибрация, воздействуя на оптические сенсоры систем 3D

АОИ, вызывает размытость изображений, низкую точность и повторяемость результатов. Благодаря высокой энергии лазера время экспозиции составляет лишь 1/4 000 с. Поскольку частота вибрации пола около 20–50 Гц, она никак не влияет на точность измерений в системе ISO Spector.

Еще одно достоинство нашей системы лазерной 3D АОИ – если традиционные системы 3D АОИ позволяют измерять высоту максимум до 20 мм, то ISO Spector – до 30 мм. Это уникально для рынка.

Установка также оснащена камерой с КМОП-матрицей 12-Мпиксел, позволяющей проводить и полноценную 2D АОИ. Данные с камеры передаются через волоконно-оптический интерфейс. Для подсветки используются три кольца светодиодов (RGB). Оптическое разрешение системы – 9 мкм, его "на лету" можно снижать до 18 мкм, поскольку от этого существенно зависит скорость сканирования. Опционально можно оснастить систему оптикой с разрешением 6 мкм (с переключением на 12 мкм) – это позволяет распознавать дефекты монтажа SMD-компонентов в корпусах типа 003005 и 008004 (0,25×0,125 мм) соответственно. Для компенсации коробления печатной платы и точной фокусировки предусмотрен механизм перемещения камеры по высоте.

Что важно для 3D АОИ, система ISO Spector поставляется с очень большой библиотекой, которая содержит практически все основные типы корпусов. И это чрезвычайно дружественная система. Когда я проходил обучение для работы на этой машине, то уже через два часа смог самостоятельно составить программу. Установка очень проста для



освоения, курсы обучения коротки и укладываются в один день.

Отмечу, что аппаратная часть системы ISO Spectog была готова два года назад, но еще два года мы потратили на доработку ПО в соответствии с нашими требованиями. Сейчас эта ISO Spectog производится серийно и уже установлена у ряда пользователей

во всем мире, но в Европе мы демонстрируем ее впервые.

Таким образом, мы представляем на выставке пять новейших систем АОИ, предназначенных для пользователей с различными задачами и бюджетом. Не сомневаюсь, они окажутся весьма интересными и для российского рынка.

## Компания MIRTEC

### президент Mirtec Europe Дэвид Беннет (David Bennett)

Мы представляем на выставке два новых решения. Одно из них – новая система трехмерной автоматической оптической инспекции (3D АОИ) MV-6 OMNI для работы в составе конвейерных линий. Ключевая особенность системы – уникальное сочетание высочайших технических характеристик, производительности и низкой цены. Не случайно MV-6 OMNI на этой выставке удостоилась престижной награды 2015 Global Technology Award в категории "Лучший продукт – Азия" (поскольку компания Mirtec – южнокорейская). В ней используется 15-мегапиксельная фронтальная камера с телецентрическим объективом, обеспечивающая разрешение до 10 мкм/пиксель. При этом поле зрения составляет 39,04 × 39,04 мм. Возможно оснащение системы камерой с разрешением 15 мкм – тогда поле зрения вырастает до 58,56 × 58,56 мм. Столь большое поле зрения существенно ускоряет время инспекции. В камере используется стандартный интерфейс CoaXPress со скоростью передачи данных 25 Гбит/с, что позволяет работать с частотой до 120 кадров в секунду. В машину также интегрированы четыре 10-мегапиксельные камеры бокового обзора. Эта опция не обязательна, но существенно расширяет возможности инспекции при работе со сложными печатными платами.

Для 3D-инспекции используется технология "мультичастотного муара", при которой на изделие проецируются несколько сеток с различными шагами – "частотами". Более крупный шаг сетки позволяет распознавать компоненты, а мелкий – точно измерять их высоту. MV-6 OMNI оснащена четырьмя проекторами муаровой сетки с переменным шагом, чтобы исключить затененные участки на 3D-модели, шаг сетки меняется программно.

Для подсветки платы при 2D-инспекции используется многоуровневая система освещения (RGB) с восемью вариантами цветовой гаммы. Это позволяет выявлять фрагменты изображения, которые не видны при менее разнообразных режимах освещения. Примечателен и компактный дизайн – габариты установки составляют 1080 × 1470 × 1500 мм (ширина × глубина × высота).

MV-6 OMNI – это наиболее высокопроизводительная система 3D АОИ на рынке. И при этом ее цена ниже любой другой системы в данном классе. Привлекательность системы столь высока, что у нас уже есть подтвержденные запросы на покупку 500 машин. Во многом возможность обеспечения низкой цены обусловлена унификацией наших установок. Например, и системы АОИ, и установки контроля нанесения паяльной пасты (SPI) имеют единую аппаратную платформу. Система собирается в Ю.Корее на 60% в базовой конфигурации, а затем в зависимости от запросов заказчиков она выполняется как 2D АОИ MV-6E, или как 3D АОИ MV-6 OMNI, или в виде SPI-системы MS-11. Мы заморозили цену на долгое время, и тем самым реально проводим очень-очень агрессивную ценовую политику для 3D АОИ.

Подчеркну, что мы сохраняем свою позицию технологического лидера в области АОИ. Главное в оптической инспекции – это оптическая камера. В свое время мы первыми создали и продемонстрировали в установках АОИ 10-мегапиксельные камеры, затем перешли к 15 и даже к 25-мегапиксельным матрицам.



Дэвид Беннет



Система  
3D АОИ  
MV-6 OMNI

На следующей выставке Productronica, возможно, вы увидите в наших системах АОИ 30- и даже 40-мегапиксельные камеры. Не менее важная составляющая – это система проекции муаровой сетки с высоким разрешением QHD (Quantum High Definition), такими возможностями не обладает ни один наш конкурент. Это все равно, что разница между обычным телевидением и ТВ высокой четкости. Таким образом, наши машины обладают лучшими

сенсорами, лучшими камерами, и все это – за фантастически низкую цену.

Второй абсолютно новый продукт, который мы демонстрируем на Productronica, – наше совместное решение с компанией YXLON, направленное на радикальное увеличение выхода годных при сборке электроники. Оно заключается в интеграции наших конвейерных систем 3D АОИ с 2D-системами рентгеновской инспекции Y.Cheetah от YXLON. В основе такой интеграции – программа SmartLoop, обеспечивающая обмен данными между этими установками – они начинают "слышать" друг друга. Решение SmartLoop столь революционно, что удостоилось награды 2015 Global Technology Award в категории "Программное обеспечение".

Новая система на основе SmartLoop позволяет системам 3D АОИ выявлять возможные проблемы, например, отклонения в высоте корпусов BGA, без детального анализа, в составе конвейерных линий. И уже затем рентгеновская инспекция позволяет точно установить причину такого отклонения, выяснить, есть ли дефект, и точно локализовать его для дальнейшего ремонта. Такой подход существенно ускоряет процесс 3D АОИ. С другой стороны, кардинально сокращаются затраты времени и на рентгеновскую инспекцию, поскольку теперь анализировать нужно не всю плату, а только конкретные проблемные места, автоматически обнаруженные в процессе 3D АОИ. Таким образом, существенно возрастает производительность технологической линии в целом. Это очень интересная технология контроля производственного процесса. А в совокупности с расширенными возможностями системы 3D АОИ и агрессивной ценой такое решение будет интересно для любого рынка, в том числе и российского.

### **В России компании YXLON и Mirtec представлены разными дистрибьюторами. Как будет реализована цепь поставок решений на основе SmartLoop?**

Заключено глобальное дистрибьюторское соглашение, и эти системы могут поставлять как представители компании Mirtec, так и YXLON – здесь проблем не возникнет. Например, в России нас представляет компания "ЛионТех", которая может поставлять системы на основе SmartLoop, не вступая в противоречие с российскими дистрибьюторами YXLON.

15-мегапиксельная фронтальная камера с телецентрическим объективом





Рagnar Vaga

## Компания YXLON (COMET Group)

**менеджер по работе с глобальными ключевыми клиентами  
Рagnar Vaga (Ragnar Vaga)**

Из новинок, которые мы демонстрируем на выставке, прежде всего назову систему SmartLoop, наше совместное решение с компанией Mirtec.

SmartLoop позволяет интегрировать различные установки автоматической оптической и рентгеновской инспекции. Сейчас SmartLoop интегрирует установки 3D АОИ компании Mirtec

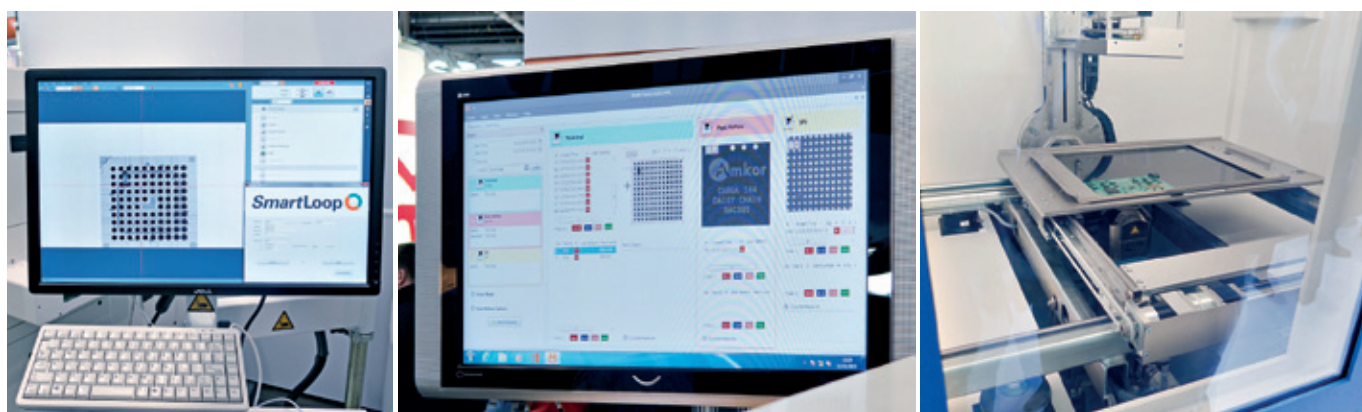
и нашу систему автоматической рентгеновской 2D-инспекции (2D AXI) Y.Cheetah. Однако предполагается включение в SmartLoop других систем инспекции, например контроля нанесения паяльной пасты (SPI), нескольких установок АОИ (например, после SMT-автомата и после паяльной печи). Данные от всех этих установок поступают в единую рабочую станцию и отображаются на мониторе. Так, для одной области печатной платы можно увидеть результаты и SPI, и 3D АОИ, и результаты рентгеновского контроля.

Можно сказать, что SmartLoop – это отдельная компания, поставляющая корпоративное решение, которая выбрала фирмы YXLON и Mirtec в качестве технологических партнеров из-за их лидерства в своих областях. Объединение возможностей наших компаний и дало принципиально новое качество. С одной стороны, для YXLON система SmartLoop означает существенное

расширение возможностей применения нашего оборудования. Мы выпускаем прецизионные системы рентгеновского контроля, но они предназначены для работы вне конвейерной линии. А в ряде областей, например, в автомобильной электронике, необходимо проводить рентгеновскую инспекцию для 100% компонентов с выводами под корпусом, например, типа BGA, CSP, QFN и т.п. Учитывая объемы выпуска, такие системы AXI должны работать в составе конвейерной линии. Но проблема в том, что процесс AXI достаточно длителен, поэтому линейные системы могут обеспечить относительно низкое разрешение, не позволяя обнаруживать малоразмерные дефекты. Поэтому применение таких систем – это всегда компромисс между скоростью работы технологической линии и надежностью выявления дефектов. На практике, применяя линейные системы AXI, технологические допуски завышают, чтобы заведомо не пропустить брак. В результате среди отбракованных оказывается немало и исправных плат. Затем отбракованные платы анализируют вручную. Это приводит к тому, что причина дефекта выявляется не сразу, а через день или через неделю. Это не позволяет оперативно реагировать на те или иные системные проблемы, негодной может оказаться не одна-две платы, а вся партия.

Система SmartLoop позволяет объединить линейную установку 3D АОИ, которая, не тормозя конвейерную линию, быстро выявляет проблемные компоненты, просто измеряя их отклонение по высоте. Но что за дефект,

Рабочая консоль системы SmartLoop. Анализ платы в установке Y.Cheetah



и есть ли он (например, непропаянные выводы под корпусом), система АОИ определить не может. Такие платы сразу передаются в нашу систему AXI Y.Cheetah, причем вместе с заданием на инспекцию конкретных проблемных компонентов или областей. В результате нам не нужно проверять всю плату, что позволяет достигать высокой производительности. Тем самым мы фактически обеспечиваем контроль плат в режиме реального времени, не тормозя процесс сборки.

Поскольку разрешение наших внелинейных систем AXI высоко, оператор видит малоразмерные дефекты и может выявить суть проблемы – короткое замыкание между выводами, непропай из-за недостаточного объема паяльной пасты и т.п. Вся эта информация в режиме реального времени передается менеджеру по качеству, который может сразу указать технологу на проблему. И тот уже принимает соответствующие меры – скажем, необходимо прочистить трафареты, увеличить объемы дозирования пасты, сменить или прочистить вакуумный захват в установочном автомате и т.п. Если причина дефекта системная, ее оперативное устранение непосредственно влияет на качество производства – снижается себестоимость продукции, поскольку падает уровень брака. Это очень важно, и не случайно система SmartLoop успела получить две престижные награды – одну в рамках выставки SMTA в сентябре 2015 года от редакции журнала SMT Today Magazine как "Лучшая инновация 2015". Вторая награда – 2015 Global Technology Award в категории "Программное обеспечение" – была присуждена уже на выставке Productronica 2015.

Мы представили два новых продукта и в области оборудования – системы рентгеновской компьютерной томографии (КТ) YXLON FF20 CT и YXLON FF35 CT. До сих пор мы производили установки 2D-инспекции с опциональными возможностями томографии – именно таковы наши машины Y.Cheetah и Y.Sougar. Они создавались для клиентов, которым если и нужна КТ, то крайне редко. Сейчас мы говорим о принципиально новых продуктах – прецизионных системах КТ. В их основе – новый горизонтальный компактный сканер, где рентгеновская трубка и детектор расположены в горизонтальной плоскости, между ними вращается образец.



Установки FF20 и FF35 очень схожи и предназначены для лабораторных исследований. Это Hi-End системы – и по цене, и по возможностям. Принципиально, что они способны решать метрологические задачи – точность и стабильность систем FF20 и FF35 такова, что позволяет аттестовать их как средство измерения, что немаловажно для ряда российских заказчиков.

Установка FF20 предназначена для исследования небольших образцов и в основном ориентирована на задачи электроники, материаловедения, автомобильной и аэрокосмической промышленности. В ней реализовано немало инноваций. Например, новая рентгеновская трубка с прострельным анодом оснащена инновационной системой водяного охлаждения, что принципиально важно для стабильности напряжения в системе фокусировки электронного луча, а также для сохранения целостности мишени на аноде. Обычно трубки охлаждают с поверхности, но мы внедрили систему внутреннего охлаждения обмоток катушек фокусирующей системы и самого анода – то есть отводим тепло не только с поверхности, но и непосредственно от источников нагрева. Сама трубка Y.FXT 190.61 обеспечивает напряжение до 190 кВ при мощности 64 Вт. Она формирует

Система рентгеновской КТ YXLON FF20 CT



Установка КТ  
YXLON FF35 CT

фокусное пятно, обеспечивающее разрешение до 0,6 мкм. Детектор также новый, с увеличенной активной областью – до 249×302 мм, 1792×2176 пикселей, размер пикселя – 139 нм. Такой детектор обеспечивает скорость сканирования до 30 кадр/с. Можно использовать и более быстродействующий детектор – до 58 кадр/с, но у него несколько меньше активная область (146×146 мм, 1152×1152 пикселей). В целом, установка FF20 позволяет выполнять КТ образцов диаметром до 150 мм и высотой до 300 мм, массой до 20 кг. При этом

минимальный размер воксела составляет порядка 400 нм. Реализованы различные алгоритмы КТ, в частности, метод спиральной КТ, когда сканер перемещается вдоль длинного образца.

Установка FF35 позволяет работать с более габаритными объектами (300 мм диаметр, 500 мм высота, до 30 кг) и отличается главным образом рентгеновской трубкой. Штатно FF35 оснащается трубкой Y.FXE 22548 с массивным (отражательным) анодом. Ее рабочее напряжение – 225 кВ при мощности 320 Вт. Благодаря столь высокому напряжению можно проводить КТ низкоконтрастных, высокоплотных объектов. Но конструкция трубки с массивным анодом не позволяет близко подводить ее к объекту исследований, к тому же у такой трубки больше фокусное пятно. Все это снижает разрешение по сравнению с трубками с прострельным типом анода. Поэтому система FF35 допускает применение сразу двух рентгеновских трубок – с массивным анодом и более прецизионной трубки Y.FXT 190.61 (как в системе FF20). В результате исследователи получают универсальный инструмент для работы с широчайшим спектром объектов. Работаем мы и над совершенствованием наших систем 2D AXI, но об этом мы, наверное, поговорим на следующей выставке Productronica.



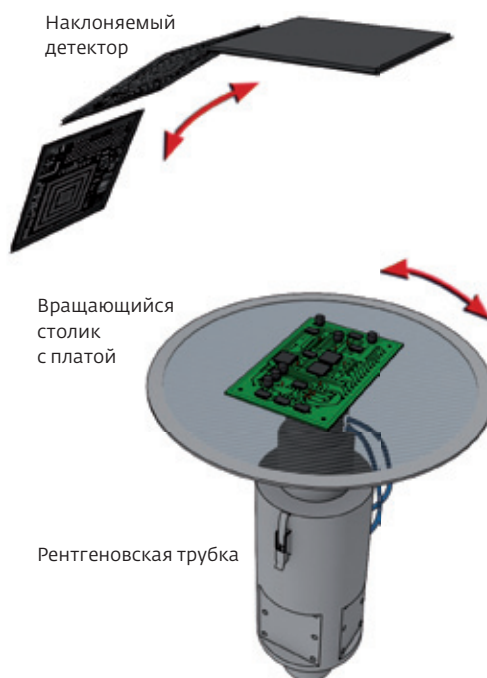
Камран Икбал

### Компания Nikon Metrology менеджер по продуктам Рентгеновского центра компетенции Nikon Камран Икбал (Kamran Iqbal)

Компания Nikon Metrology предлагает широкий спектр решений для неразрушающего контроля и измерений. В частности, на выставке мы представляем наш новый продукт – рентгеноскопическую систему XT V 160 с опцией ламинографии X.Tract. Сама по себе базовая установка XT V 160 была представлена достаточно давно и уже завоевала заслуженную популярность

на рынке электроники. Система позволяет проводить двумерный радиографический анализ образцов как в ручном режиме, так и в режиме автоматизированной рентгеновской инспекции. Кроме того, для полного 3D-анализа образцов предусмотрена опция компьютерной томографии.

Установка оснащена вертикальной рентгеновской трубкой NanoTech™ с анодом прострельного типа с рабочим напряжением 160 кВ и мощностью до 20 Вт. Трубка формирует фокальное пятно диаметром 1 мкм, обеспечивая разрешение исследуемых объектов до 500 нм. При этом геометрическое увеличение может достигать 2400×, системное – до 36 000×. Трубка расположена внизу,



Рентгеноскопическая система XTV 160 с опцией ламинаграфии X.Tract (слева); принцип ламинаграфии по технологии X.Tract (справа)

под предметным столиком, и может перемещаться по горизонтали.

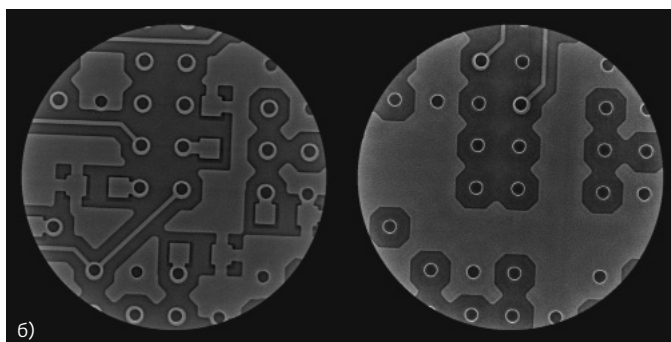
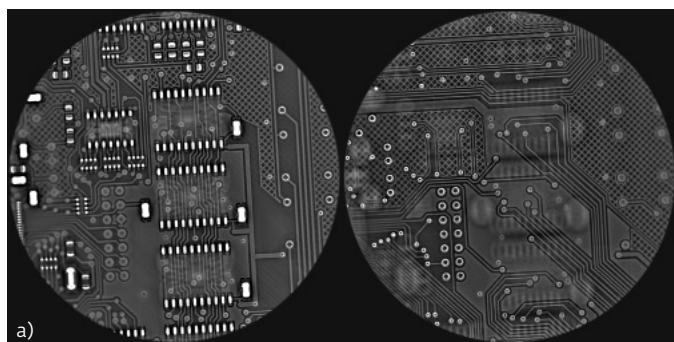
В XTV 160 используется пятиосевой моторизованный манипулятор предметного столика, способный перемещаться по осям X, Y, Z и вращаться вокруг вертикальной оси на 360°. Поднимая или опуская столик к рентгеновской трубке, можно задавать требуемое геометрическое увеличение. Над предметным столиком располагается детектор, который также может наклоняться на угол до 75°. Принципиально важно, что при любом значении угла наклона сохраняется выбранное увеличение системы. Более того, при любых манипуляциях с увеличением и наклоном образца трубка и детектор сохраняют свое положение относительно центра исследуемой области.

В системе XTV 160 реализована опция компьютерной томографии. Она идеально подходит для решения задач в области микроэлектроники, когда нужно исследовать отдельные

микросхемы, модули, гибридные сборки и т.п. Однако опция КТ применима только к объектам, геометрический размер которых не превышает 130 мм. Для работы с очень большими объектами, например, с платами с максимальным размером 711×762 мм, система XTV 160 имеет опцию ламинаграфии X.Tract. В этом режиме предметный столик вращается на 360°, а детектор располагается под определенным углом к исследуемому образцу. Таким образом, формируется массив 2D-изображений, на основе которых по определенным алгоритмам строится трехмерная модель образца.

Конечно, метод ламинаграфии сам по себе не нов. Но ключевая особенность решения X.Tract – это лидирующие позиции Nikon в области обработки изображений и алгоритмов КТ. Мы провели множество измерений

Послойное ламинаграфическое изображение платы:  
а – с компонентами, б – без компонентов



и испытаний системы X.Tract на основе международных стандартов и можем с уверенностью утверждать, что наша система ламинаграфии позволяет распознавать элементы размером порядка 8 мкм. Это уникальная возможность систем производства компании Nikon Metrology.

Подчеркну, X.Tract – это именно программная опция для установки XT V 160. Покидая фабрику, все наши системы XT V 160 уже готовы к работе с ламинаграфией. Пользователям

достаточно просто приобрести соответствующую лицензию и подключить опцию X.Tract. Кроме того, наши рентгеновские системы имеют модульную конструкцию, их очень легко модернизировать. Мы выпускаем простую недорогую базовую модель, и пользователи даже через 5–10 лет могут ее усовершенствовать в соответствии с требованиями, предъявляемыми к современным рентгеноскопическим системам.



Игорь Рыков

### **Игорь Изъяславович Рыков, руководитель службы тестово-диагностического оборудования ООО "Совтест АТЕ"**

В целом, появление решения для ламинаграфии X.Tract – это действительно прорыв на рынке рентгеновских систем 3D-инспекции, меняющий само представление о возможностях рентгеновского 3D-анализа. Теперь пользователи могут послойно контролировать многослойную печатную плату как с компонентами, так и без них, исследовать различные сечения – и все это методом нераз-

рушающего контроля. Например, нужно провести трехмерный анализ большой платы с BGA-компонентами. Здесь методы КТ не применимы из-за габаритов платы. А ламинаграфия становится действенным решением проблемы. Она позволяет создавать виртуальные 3D-микрошлифы любой области печатной платы, просматривать отдельные слои и проводники,

контролировать качество монтажа компонентов в корпусах типа BGA, CSP, QFN, LGA и т.д. Метод эффективен и для контроля компонентов типа "корпус на корпус" (PoP). С помощью ламинаграфии можно просмотреть отдельные слои многослойных печатных плат, а не всех сразу, как при 2D-инспекции. Метод позволяет определять размеры и расположение пустот в пайке, локализовать такие труднообнаруживаемые дефекты, как "голова-на-подушке" (отсутствие сплавного контакта между шариком BGA и пастой на контактной площадке платы), другие непропаи и трещины, проводить детальный контроль переходных отверстий, пайки выводных компонентов, разъемов и т.п. Подчеркну, что технология ламинаграфии применима к печатным платам больших размеров. Ни одна другая технология такими возможностями не обладает.

В России мы поставили свыше двух десятков систем XT V 160, в том числе с опцией КТ, и сейчас работаем над внедрением в них опции ламинаграфии X.Tract. Это очень интересное и нужное решение для нашего рынка.

## РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

### **Компания Usamco**

#### **управляющий директор Карел Таверньер (Karel Tavernier)**

Usamco (бывшая Varco ETS) – бельгийская компания со штаб-квартирой в Генте. С 1983 года мы занимаемся разработкой прецизионных фотоплоттеров и специального программного обеспечения. Примечательно, что после приобретения в 1998 году подразделения печатных плат компании Gerber Systems, именно

нашей компании принадлежит право интеллектуальной собственности на формат описания печатных плат GERBER. Сегодня Usamco широко представлена в различных европейских странах. Есть собственные офисы в США, в КНР и в Японии. В России наши интересы уже более 15 лет, со времен Varco ETS,

представляет надежный партнер – компания "РТС Инжиниринг".

В области аппаратуры наш традиционный продукт – фотоплоттеры. Это высокоточные Hi-End-устройства, предназначенные для формирования очень малоразмерных элементов, например линий шириной до 5 мкм. Так, фотоплоттер серии Calibr8tor nano II обладает разрешением от 1,6 до 0,5 мкм, при максимальном разрешении обеспечивая производительность до семи пленок в час (стандартным размером 18×24 дюйма). При этом допуск не превышает 2 мкм, а точность позиционирования лазерного луча составляет 0,25 мкм. Конечно, такая точность не нужна производителям обычных печатных плат, но она необходима при производстве корпусов интегральных схем. Фактически все южнокорейские производители СБИС, включая Samsung и LG, используют наше оборудование для таких задач. Еще одна область применения фотоплоттеров Usamco – производство дисплеев. Для этого нужны прецизионные широкоформатные плоттеры, и мы предлагаем такие установки серии VG. Это очень специализированный рынок, в основном все производители сосредоточены в Японии, Ю.Корее и на Тайване.

В области программного обеспечения мы создаем системы автоматизированной подготовки к производству (CAM). В этой области мы работаем более 30 лет. Сегодня компания предлагает высокоэффективную CAM-систему UsamX. Без CAM немислимо современное производство печатных плат. Такая система на входе получает GERBER-файлы и файлы сверловки, строит модель печатной платы, проверяет ее на ошибки и на соответствие конструкторско-технологическим нормам, ограничениям конкретного производителя, формирует групповую заготовку. При этом система вносит необходимые корректирующие поправки в проект, связанные с особенностями конкретных технологических процессов (например, учитывается подтрав под резистивную маску). Наконец, CAM-система формирует управляющие программы для различных технологических установок (систем АОИ, сверлильных установок, систем экспонирования и т.п.).

У нас есть решение и в области предварительной оценки заказов (pre-CAM) – пакет Integr8tor. Эта система для

автоматизированного ввода данных о проекте и его первичного анализа на предпроизводственной стадии. Она позволяет быстро оценить стоимость изготовления плат, проанализировать проект на предмет ошибок. В результате на стадию производственной подготовки поступают уже проверенные и откорректированные данные. Это существенно упрощает и облегчает процесс взаимодействия разработчиков и производителей печатных плат.

Еще одно поле деятельности компании в области ПО – OEM-бизнес. Мы создаем программы для производителей технологического оборудования. У нас немало OEM-партнеров, и один из них – японская компания SCREEN Graphic and Precision Solutions. С компанией SCREEN мы сотрудничаем очень давно, и не только как разработчики программных решений, но и как ее дистрибьютор в Европе. Эта японская компания создает уникальные установки прямого экспонирования Ledia.

Системы экспонирования установок Ledia построены на основе ультрафиолетовых (УФ) светодиодов. Они не только дешевле лазеров и лазерных диодов, но и более широкополосные. На этой выставке мы демонстрируем установку Ledia последнего поколения. Она оснащена оптической головкой с тремя светодиодами с различными длинами излучения в УФ-диапазоне (с пиками 365, 386 и 405 нм). Поскольку каждый тип фоторезистивного материала обладает своим уникальным спектром поглощения, система на основе трех светодиодов позволяет оптимально подобрать режим экспонирования для выбранного фоторезистивного материала. Тем самым минимизируется необходимая энергия экспонирования.

Почему это важно? Сейчас многие производители выпускают установки прямого экспонирования. Они стали появляться на рынке с начала 2000-х годов и строились на основе узкополосных УФ-лазеров (как правило, с длиной волны 355 нм). Для таких систем



Карел Таверньер



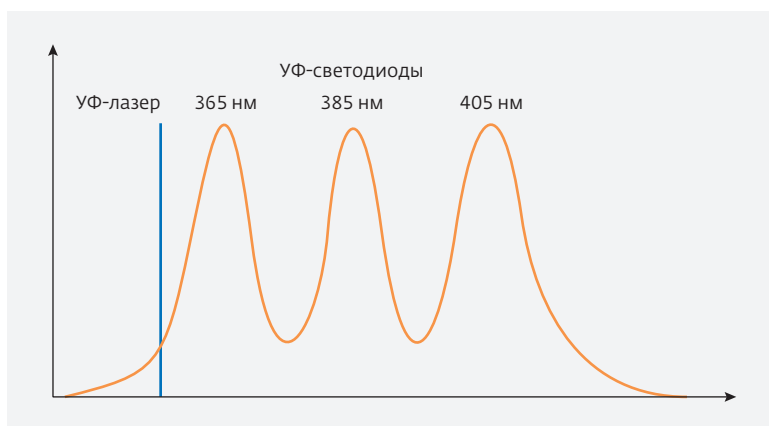


Установка  
прямого  
экспонирования  
Ledia

требовались специальные фоторезисты, что делало системы прямого лазерного экспонирования сложными и дорогими в эксплуатации. Примерно после 2010 года, с появлением широкополосных светодиодных источников УФ-излучения, установки прямого экспонирования смогли работать с обычными фоторезистами. И они достаточно хорошо справляются с травильными фоторезистами, которые в основном используются в виде сухих пленок.

АЧХ источника  
света установки  
Ledia  
в сравнении  
с УФ-лазером

Сложности начинаются при работе с фотоформируемыми паяльными масками, особенно – с жидкими паяльными масками, для экспонирования которых требуется высокая энергия. Здесь возникают две проблемы.



Прежде всего, при высоких энергиях экспонирования, начиная примерно с 80 мДж/см<sup>2</sup>, практически у всех систем прямого экспонирования резко падает производительность – вдвое и больше. У машин Ledia она тоже снижается, но не более чем на 20%. Даже если сравнивать установки Ledia различных поколений – с двумя и тремя светодиодами, с установками прямого экспонирования других производителей, то производительность установок Ledia по паяльной маске примерно вдвое выше.

Кроме того, жидкие паяльные маски обладают еще одной особенностью – они сильнее полимеризуются во внешних слоях и хуже – во внутренних. В ходе проявления это приводит к существенному подтраву. Поэтому в стандартной паяльной маске ширина перемычек должна составлять не менее 150 мкм, иначе из-за подтравы падает адгезия к плате и перемычки начинают осыпаться. Установка Ledia позволяет индивидуально задавать мощность для каждого из трех светодиодов, добиваясь равномерного поглощения излучения по всей толщине паяльной маски. В результате полимеризация проходит равномерно, и стенки окон в маске после проявления оказываются практически вертикальными. Используя установку Ledia, можно формировать перемычки паяльной маски шириной до 50 мкм. Это важно для монтажа современных миниатюрных компонентов – ведь паяльная маска очень существенно снижает вероятность образования мостиков припоя между контактными площадками.

Подчеркну, травильный фоторезист – это технологический расходный материал. Каждый производитель печатных плат волен подбирать его по собственному усмотрению, в том числе – учитывая специфику фотолитографического оборудования. Напротив, паяльная маска – важный конструкционный элемент платы. Ее тип специфицируется заказчиком, и производитель не может его изменить. А каждый тип паяльной маски имеет свои особенности для экспонирования и проявления. Поэтому столь важно управлять амплитудно-частотными характеристиками излучения экспонирующей системы, что и позволяют установки Ledia. Их можно настроить на любой тип паяльной маски.

Ledia – это серия различных установок, предназначенных как для ручной загрузки,

так и для работы в составе конвейерных линий. Такие машины оснащаются пятью либо шестью оптическими головками с тремя светодиодами каждая. В зависимости от модели, они позволяют формировать линии минимальной шириной 30 либо 15 мкм с точностью до 2,5 мкм.

Помимо технических характеристик, установки Ledia отличает японское качество. Японцы очень скрупулезно принимают решения, но если они начали что-либо делать, то делают это очень-очень хорошо. Я не буду утверждать, что ни с одной из машин не было проблем – это невозможно. Но могут точно сказать, что пользователи любят эти машины. Они просты в управлении, надежны, наконец, просто красивы. И при этом установки Ledia не дороги для систем такого класса, цена владения такой установкой также не велика. Впервые система Ledia (тогда она называлась Ledia 5) была представлена в 2010 году, ее оптические головки оснащались двумя

светодиодами. Первые продажи в Европе состоялись в 2013 году, а сегодня в мире эксплуатируется уже более 235 таких машин.

### Насколько такие установки будут востребованы на российском рынке?

Российские производители печатных плат испытывают те же проблемы, что и все остальные – растут требования к разрешению топологии печатных плат, совмещение паяльной маски становится все более и более сложным, а система Ledia как раз помогает преодолевать эти трудности. Кроме того, Ledia очень универсальна – она позволяет экспонировать и травильный резист, и паяльные маски. Это очень важно для России, поскольку у вас нет больших серий, и нужно универсальное, а не специализированное оборудование. Имея такого партнера, как компанию "РТС Инжиниринг", в успехе систем Ledia на российском рынке сомневаться не приходится.

## Компания Printprocess AG генеральный директор ООО "Остек-Сервис-Технология" Петр Владимирович Семенов

Компания Printprocess AG организована в Швейцарии в 1990 году Хармютом Маурером (Hartmut Maurer). Господин Маурер много лет работал инженером на предприятиях, где изготавливались многослойные печатные платы, и, выйдя на пенсию, решил создать то, чего ему не хватало все эти годы: систему совмещения, способную надежно и с высокой точностью совмещать топологии на всех этапах производства многослойных печатных плат (МПП). Он сам разработал ключевые функциональные узлы и затем организовал серийное производство установок совмещения. Позднее компания, используя технологии совмещения слоев, первой в Европе начала производить системы прямого экспонирования печатных плат. Причем к этой технологии компания обратилась во многом для решения проблемы точности совмещения – традиционные фотошаблоны на майларовой пленке под воздействием влажности и, самое главное, температуры существенно изменяют свои геометрические размеры. Эту проблему решает прямое экспонирование, где система экспонирования непосредственно, без фотошаблона,

засвечивает фоторезист на плате. Подобная технология бесшаблонной фотолитографии хорошо известна в микроэлектронике.

Первые системы прямого экспонирования печатных плат строились на основе УФ-лазеров. Однако они были достаточно дороги и сложны в эксплуатации. Поэтому их сменила технология прямого экспонирования со светодиодным источником (DDI – Diodes Direct Imaging). Printprocess стала первой компанией, создавшей серийную установку на основе DDI, соответствующую потребностям изготовителей печатных плат.

Представленная на выставке автоматическая установка прямого экспонирования Apollon-DI-A11 принадлежит к последнему поколению этого оборудования. В ней реализованы два ключевых технических решения: прямое (без использования фотошаблона)



Петр Семенов

экспонирование при помощи светодиодного источника света и прецизионное автоматическое совмещение топологии МПП.

В Apollon-DI в качестве источника света применяется несколько мощных коллимированных светодиодов с длиной волны излучения 365 и 385 нм (УФ-диапазон). Засветка производится через систему управляемых микрозеркал, аналогично известной технологии Digital Light Processing (DLP), применяемой в производстве проекторов. По сравнению с лазерными установками прямого экспонирования это дает двойной выигрыш: более высокую производительность при меньшей стоимости как собственно аппаратуры, так и ее эксплуатации. Срок службы светодиодов достигает 45 тыс. часов, в то время как лазеры в машинах подобного назначения работают 5–8 тыс. часов. Заметьте, 5 тыс. часов при трехсменной работе – это один календарный год, а стоимость замены лазера – порядка 80 тыс. евро. Эффект очевиден.

В машине Apollon-DI-A11 может быть от одной до восьми оптических головок со светодиодами. Головки устанавливаются с интервалом, не встык в один ряд, перекрывающий всю ширину заготовки. Поэтому для экспонирования одной заготовки нужно несколько проходов, со сдвигом на ширину матрицы. Разрешение системы составляет 2,5 мкм, минимальная ширина проводника/зазора – 25 мкм стандартно и 12,5 мкм в специальном режиме. Это важно даже там, где плотность топологии не велика и не требуются предельно узкие проводники, поскольку чем выше точность процесса, тем лучше выход годных.

Важнейшая особенность систем прямого экспонирования Printprocess – технологии совмещения. Благодаря им установка Apollon-DI-A11, в отличие от многих других, позволяет экспонировать внутренние и внешние слои МПП, а также паяльную маску. Для совмещения используется видеокамеры, привязка осуществляется тремя различными методами. Внешние слои МПП привязываются по технологическим отверстиям либо реперным знакам. Для внутренних слоев отдельный источник формирует реперные знаки в виде контрастных меток на фоторезисте: пока одна сторона проходит процесс экспонирования, на другой

создаются метки. Третий метод используется для совмещения паяльной маски, в этом случае система при помощи специальной опорной подсветки привязывается непосредственно к топологическому рисунку готовой печатной платы, непосредственно к контактными площадкам. В результате достигается очень высокая точность совмещения маски, что особенно важно при монтаже компонентов в корпусах типа BGA, с очень высокой плотностью выводов.

При экспонировании групповой заготовки с множеством небольших изделий – например, при работе с подложками микросхем, – камера проходит над рабочим полем, фиксируя точки привязки каждого отдельного модуля. По полученным данным программа вносит необходимые коррективы по отношению к исходной топологии, заданной в проекте, учитывающие деформации, повороты и другие погрешности, накапливающиеся на большом линейном размере заготовки. Таким образом в установках серии Apollon-DI достигается совмещение с ошибкой в пределах 5 мкм – один из лучших показателей на рынке подобного оборудования. Кстати, благодаря такой точности оборудование Printprocess нашло применение в совсем неожиданной области – его приобрела фирма Braup для изготовления сеток-ножей для своих электробритв. Сетка делается из специальной двухслойной стали, электрохимическое травление отверстий в ней производится с двух сторон, и совмещение этих слоев требует очень большой точности – как раз порядка 5 мкм, которые гарантирует Printprocess.

Конструктивно установка Apollon-DI-A11 включает центральный модуль, в котором производится экспонирование, автоматический загрузчик, систему переворота заготовок и разгрузчик с функцией отбраковки заготовок. Заготовки можно подавать в любой последовательности, так как соответствующая каждой из них программа обработки определяется путем считывания штрих-кода и может автоматически загружаться по локальной сети предприятия. Размер заготовки – от 200 × 256 мм до 610 × 625 мм, толщина – от 0,02 до 10,0 мм; возможно дооснастить линию для работы с гибкими платами методом roll-to-roll. Линия может работать с любыми типами

фоторезиста, используемыми в производстве МПП. Производительность – до 280 двухсторонних заготовок в час. Этому способствует система переворота заготовок – пока одна плата экспонируется, другая в этот момент возвращается в модуль загрузки и переворачивается.

Перед экспонированием заготовка проходит по специальному конвейеру, где ее поверхность очищается адгезивными валиками. Дополнительная очистка производится подобными валиками, установленными непосредственно перед каждой экспонирующей головкой. В свою очередь, эти валики периодически, через определенное число циклов, очищаются от набранной пыли при помощи еще одного валика с более высоким уровнем адгезии. В сочетании с избыточным давлением воздуха, пропущенного через HEPA-фильтры (High Efficiency Particulate Air), такая система очистки позволяет изготавливать платы до 7 класса точности в помещении с обычными требованиями к чистоте.

На сегодняшний день семейство машин Apollo-DI – одна из самых совершенных систем экспонирования ПП в мире. Благодаря модульному принципу построения, позволяющему комплектовать линии как с меньшей, так и с большей производительностью, чем модель AP, она может применяться как на опытных, так и на серийных производствах.

Системы компании Printprocess широко используются во всем мире, в первую очередь в Европе. Этому способствуют две тенденции современного рынка. Во-первых, несмотря на глобальный перенос производства в Азию, многие промышленно развитые страны Запада начали возвращать на свою территорию производство сложных электронных устройств специального применения, включая изготовление многослойных печатных плат (МПП). Во-вторых, рынок технологического оборудования в этом сегменте заметно поляризовался. Популярность машин из середины ценового диапазона снижается. Производители покупают либо недорогие установки, позволяющие добиться успеха в конкуренции за счет низкой стоимости изделий; либо самые новые технологии, чтобы предложить рынку продукт нового качества.

### Насколько такое оборудование востребовано в России?

Сотрудничество Printprocess с Россией началось в 2002 году. Напомню, поправку Джексона-Вэника никто не отменял, и компании настойчиво предлагали "адаптировать" продукцию для российского рынка, загрузив некоторые ключевые параметры. Руководство Printprocess, уважая длительную историю взаимоотношений двух наших стран, не поддавалось давлению, и в Россию изначально поставлялось самое современное оборудование компании – тогда это были установки Exromat. Сегодня это самый массовый тип высокотехнологичного оборудования для экспонирования ПП в нашей стране.

В России эксплуатируется 14 установок прямого экспонирования компании Printprocess – по данным 2014 года это больше, чем во всей остальной Европе. Это серьезный прорыв. Причем к таким линиям начали проявлять интерес коммерческие компании, например, недавно одну из них приобрело ООО "Технотек" из Йошкар-Олы. Но в основном потребителями пока являются государственные предприятия, осуществляющие модернизацию своего производства, в частности, по федеральным целевым программам. Так, на Государственном Рязанском приборном заводе (ГРПЗ), одном из ведущих в стране изготовителей печатных плат, работают две установки Apollo. Сейчас Остек запускает там автоматическую линию, не имеющую, насколько мне известно, аналогов в Европе по степени интеграции процессов изготовления ПП. Загружаются фольгированные

Установка прямого экспонирования Apollo-DI-A11



заготовки, а дальше всё – микротравление меди, нанесение фоторезиста, снятие лавсановой пленки, прямое экспонирование, проявление, травление, снятие фоторезиста – всё производится автоматически, на линии работает один оператор.

В целом, сегодня даже иностранные специалисты отмечают, что по ряду направлений, включая производство ПП, Россия

модернизирует свои предприятия быстрее, чем Европа. Да, внедрение проходит у нас не так быстро, как в других странах. Россия сегодня создает очень большой технологический задел на будущее. Наверное, отдача появится не так скоро, как хотелось бы, но рано или поздно это заработает. Обязательно придут люди с современными управленческими знаниями и идеями, и мы увидим результат.



Владимир  
Городов

### Компания Orbotech заместитель генерального директора ООО "Остек-Сервис-Технология"

#### Владимир Александрович Городов

Компания Orbotech подошла к выставке Productronica с новой идеологией, которую они назвали "язык электроники". Это значит, что вся совокупность решений компании должна уметь писать, читать и понимать прочитанное. "Писать" в данном случае означает формировать топологию печатной платы, для этого слу-

изображения на поверхности с ощутимой неровностью. В частности, это очень важно для экспонирования гибко-жестких плат и для работы по технологии послойного наращивания. Система обеспечивает точность нанесения изображения при кораблениях поверхности плат, скручивании и т.п. Минимальный размер элемента составляет 24 мкм с допуском 2 мкм. Точность совмещения 10 мкм, что очень важно, например, для совмещения гарантийного пояса с переходным отверстием.

жат установки прямого экспонирования и прямого нанесения маркировки на платы. "Читать" – это распознавать структуру плат, для этого предназначены установки АОИ. А "понимать" – это анализировать и оптимизировать конструкцию плат, для чего используется специальное программное обеспечение Orbotech.

В области "письма" компания представила совершенно новую установку прямого лазерного экспонирования Nuvogo 1000. Она сохраняет все достоинства системы-предшественницы Raagon, но позволяет работать не только с травильными фоторезистами, но и с паяльными масками. Это достигается за счет увеличения мощности лазерного источника до 28 Вт. Сам источник излучает на двух длинах волн – 375 и 405 нм, обеспечивая удельную энергию экспонирования от 25 до 2200 мДж/см<sup>2</sup>.

Одна из важнейших особенностей всего семейства Nuvogo, в том числе и новой установки – высокая глубина фокуса, до 1 мм. Это позволяет без искажений экспонировать

Еще одно важное достоинство системы – высокая производительность. Она уже сопоставима со стандартной технологией фотолитографии. Так, Nuvogo 1000 обеспечивает экспонирование до 300 сторон стандартных заготовок (610 × 457 мм) в час при энергии экспонирования 34 мДж/см<sup>2</sup>. При энергии экспонирования 200 мДж/см<sup>2</sup> – например, при работе с паяльными масками – скорость составляет до 80 сторон в час (40 двухсторонних заготовок).

Конечно, системе Nuvogo 1000 присущи не только достоинства, но и недостатки. И основной из них связан с применением источника света на основе УФ-лазера вместо популярных сегодня светодиодов. Такой источник дорог, у него ограниченный ресурс и он требует ежегодного обслуживания. Но проблему решает сервис. В целом, оборудование Nuvogo хорошо подходит для частных производителей, которые не готовы сразу инвестировать крупные суммы при покупке, но готовы платить за сервис. Ведь сервисное обслуживание – это, по сути, страховка, заплатив которую, клиент перекладывает всю заботу об исправности



оборудования на плечи службы технической поддержки. Поэтому проблемы лазерного источника вполне компенсируются его достоинствами, что лишний раз подтверждает рынок – компания Orbotech поставила заказчикам более 1100 установок прямого лазерного экспонирования.

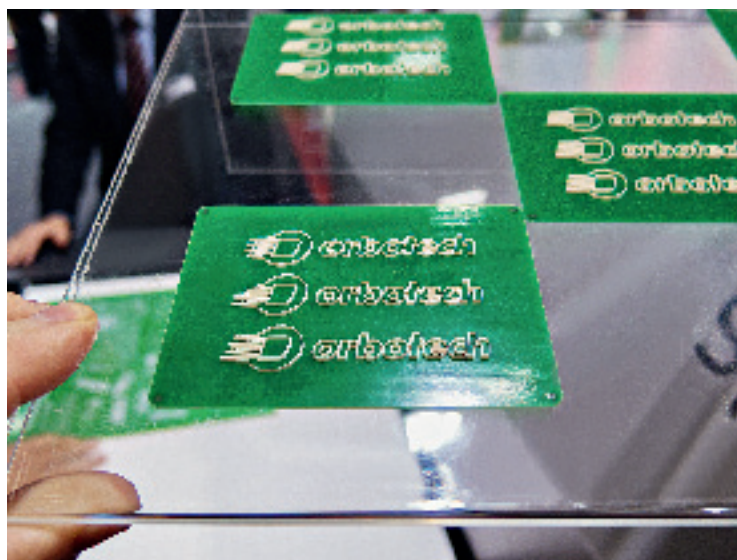
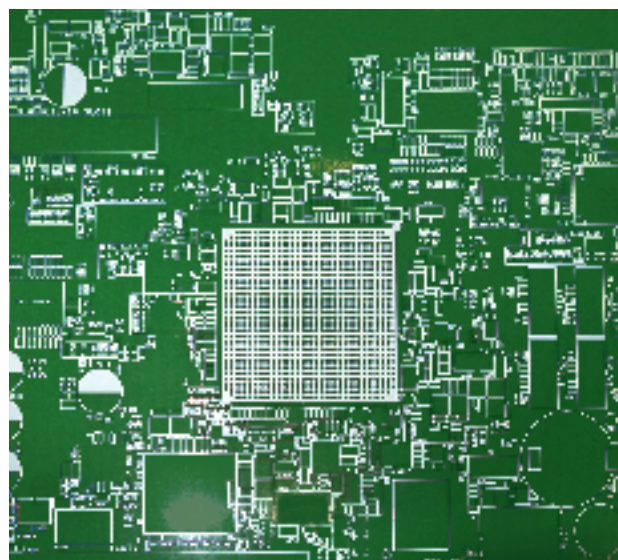
Еще одна новая установка компании – машина для струйно-капельного нанесения маркировки на печатные платы Sprint 200. Продукция этой серии хорошо известна в России, многие отечественные предприятия с успехом применяют системы Sprint 8 и Sprint 120. Особенность новой модели – значительно возросшая производительность, за счет применения новой конструкции печатающих головок. Впервые система

струйно-капельной печати сумела превзойти по быстродействию традиционные системы маркировки печатных плат на основе трафаретной печати.

При трафаретной печати производительность в среднем составляет порядка 80 сторон в час, у установок Sprint предыдущего поколения она была на уровне 50–60 сторон в час. Новая модель позволяет маркировать 95 сторон в час (при стандартной заготовке 457×610 мм с технологическим полем 25,4 мм). Таким образом, по производительности Sprint 200 обогнала трафаретную печать, тем самым ликвидировав основной недостаток систем прямой печати. Остались только преимущества: прежде всего, не нужен трафарет и фотошаблон, что экономит и время,

Установка прямого лазерного экспонирования Nuvogo 1000 (слева); установка струйно-капельного нанесения маркировки Sprint 200 (справа)

Пример печати дополнительной маски для BGA-компонентов и объемных элементов



и деньги, и производственные площади. Возможна индивидуальная маркировка плат, например, на каждую плату можно наносить уникальный номер, штрих-код и т.п. Причем качество и точность печати значительно превосходят возможности трафаретной печати, а время смены задания минимально, что особенно важно при многономенклатурном производстве.

В системе Sprint используется краска с УФ-отверждением, которая очень быстро полимеризуется и высыхает непосредственно во время печати. Причем расход краски минимален – неиспользованный состав возвращается в расходную емкость через систему фильтрации. Единственное требование – установку нужно постоянно держать включенной. Также в Sprint 200 используется новая запатентованная система самообслуживания, значительно увеличивающая период эксплуатации печатающих головок.

Система весьма прецизионна – максимальное разрешение печати составляет 1440 dpi, что обеспечивает минимальный диаметр точки 70 мкм и ширину линии от 75 мкм. При этом высота линий может быть от 0,5 мм и выше. Особо отмечу высокую – до 35 мкм – точность совмещения.

Для этого используется отдельная видеокамера. Система обладает глубиной фокуса до 1,5 мм, что позволяет наносить маркировку на существенно неровные поверхности. Благодаря точности и быстрому УФ-отверждению краски на плату можно наносить объемные элементы маркировки. Эта особенность систем Sprint позволила применять их для формирования специальных дополнительных масок для BGA-компонентов. В такой маске контактные площадки под шариковые выводы разделены более высокими перемычками, что исключает короткие замыкания при пайке.

До сих пор мы говорили об установках Orbotech, которые умеют "писать". Обращу внимание пусть не на совсем новую, но весьма интересную установку, относящуюся к области "чтения". Это система АОИ печатных плат Fusion 22. Она проверяет внутренние и внешние слои печатных плат, слои по фоторезисту и т.п. Важнейшая особенность установки – два источника света, красный и синий. Медь гораздо лучше отражает красный свет, чем синий. Сопоставление изображений при красной и синей подсветке позволяет отличить, например, тонкую медную перемычку (короткое замыкание) или фрагмент загрязнения (пылинку). Такая возможность значительно сокращает число определений ложных дефектов, не пропуская настоящие. Это важно, поскольку зачастую рядом с системой АОИ печатных плат стоит несколько станций верификации, где зафиксированные дефекты проверяют вручную. Для Fusion 22 подобная верификация не требуется. Более того, конструкция машины позволяет устранить дефект на плате прямо в установке.

Наконец, для "понимания" предназначено программное обеспечение, в частности – САМ-система InCam компании Frontline PCB Solutions, совместного дочернего предприятия Orbotech и Mentor Graphics. InCam позволяет автоматически оптимизировать топологию печатных плат с целью повышения выхода годных. Например, если на плате есть узкие места или конструктор сделал слишком маленькую контактную площадку, система это выявит и исправит. По опыту китайских производителей, InCam реально позволяет увеличить выход годных на 5–7%, что очень существенно.

Система АОИ печатных плат Fusion 22



## Компания SCHMID Group

**вице-президент бизнес-подразделения печатных плат,  
управляющий директор SCHMID China  
Лоран Николе (Lorent Nicolet)**

Сегодня в области технологий печатных плат мы видим два глобальных тренда – совершенствование стандартных процессов и развитие новых технологий. Первый тренд связан с минимизацией топологических размеров печатных плат – сегодня актуальна потребность в топологическом разрешении линия/зазор до 20 мкм – при толщине меди порядка 20 мкм. И тенденция направлена на то, что ширина линия/зазор на печатных платах будет снижаться до 10 мкм. Поэтому мы должны разрабатывать соответствующие технологии.

Второй тренд определяется сближением технологий печатных плат с микроэлектронными технологиями. Мы поставляем все типы технологического оборудования для мокрых процессов, позволяющего достичь разрешения 6 мкм. Но сегодня рынок уже требует разрешения линия/зазор на уровне 4 мкм, в ближайшие четыре года станет актуальным разрешение 2 мкм. И мы должны быть готовы к этому. Конечно, пока эти технологии больше связаны с полупроводниковым производством, чем с обычными печатными платами. В основном это они используются для подложек микросхем, для коммутационных плат между чипами и печатными платами. Однако сейчас полупроводниковые технологии начинают все активнее проникать в сегмент печатных плат. Компоненты становятся все миниатюрнее, плотность монтажа – все выше, и это требует более прецизионных плат. В конечном счете, в следующие два года мы увидим, как мир печатных плат начнет меняться. Причем речь идет не только о снижении размеров, но и об изменении отдельных стадий технологического процесса. Скажем, на смену субтрактивным технологиям придут аддитивные процессы.

Для нас это, в частности, означает необходимость дальнейшего развития технологий электрохимического осаждения. Мы уже разработали новую гальваническую линию с горизонтальным расположением плат, планируем приступить к поставкам в февралемарте 2016 года. Эта система соответствует не только текущим, но и будущим запросам рынка. Она обеспечивает широчайшую гамму операций металлизации, как субтрактивных,

так и полуаддитивных. В частности, система позволяет металлизировать структуры печатных плат с очень высоким аспектным числом – более 20:1 (отношение высоты отверстий к диаметру). Важная особенность этой линии – технология захвата и транспортировки плат "без касания" NTwC (New Transport with Clamping – новый транспорт с торцевыми зажимами). Плата фиксируется с помощью специальной рамки по периметру, и ее рабочая поверхность не испытывает никаких механических воздействий при транспортировке или в ходе техпроцесса. Это принципиально – когда мы переходим к линиям шириной 20–10 мкм, ничто не должно касаться поверхности. Платы в рамках перемещаются по линии полностью автоматически. Причем рамки NTwC позволяют работать как с чрезвычайно тонкими платами – до 25 мкм, так и с платами толщиной 3,2 мм. Помимо деликатной механической фиксации, рамки системы NTwC обеспечивают симметричный электрический контакт с платой, позволяя тем самым формировать однородное электрическое поле у поверхности платы, что очень важно для равномерного осаждения меди.

Технология NTwC уже используется в других наших системах. Она нужна для всех процессов с уровнем линия/зазор 20–15–10 мкм. Ведь одна из основных целей, на которую направлены усилия наших разработчиков – обеспечить стабильность процессов, что позволяет



Лоран Николе



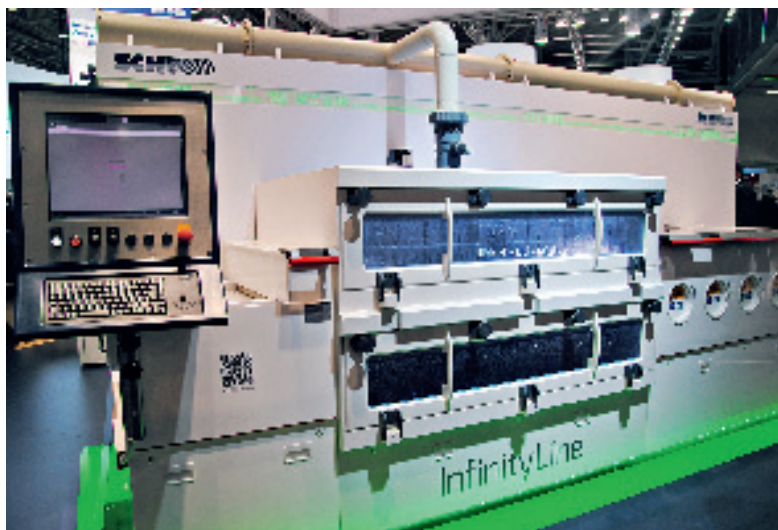
Рамка захвата и транспортировки плат "без касания" NTwC



пользователям оборудования SCHMID добиться высокого выхода годных. А любое прикосновение к фоторезисту – это потенциальный дефект. До 2015 года мы продолжали поставлять и наше проверенное решение – модульную систему CombiLine с горизонтальным размещением плат. Но требования пользователей постоянно растут, поэтому на выставке Productronica 2015 мы впервые представили совершенно новое поколение линий химического травления – InfinityLine с новым модулем травления NEO (New Etching Options).

Основная идея системы InfinityLine – объединить достоинства системы PremiumLine с низкой ценой CombiLine. И это вполне удалось, причем без каких-либо компромиссов между ценой и качеством. Причем помимо традиционных возможностей наших систем, включая обеспечение разрешения до 20 мкм, линия InfinityLine очень дружелюбна к пользователям. Так, измеряемые параметры техпроцесса могут транслироваться на планшетный компьютер или смартфон оператора, к ним возможен удаленный доступ через Интернет-браузер. Кроме того, мы всегда уделяли особое внимание экологической безопасности наших систем. В InfinityLine понижено энергопотребление линии за счет точного управления процессами, предусмотрена возможность ее стыковки с системой регенерации химических растворов, повторного использования воды, предприняты меры защиты от переноса растворов между ваннами и т.п. Ключевым элементом новой системы является модуль NEO, существенно улучшающий результаты травления.

Линия химического травления InfinityLine с модулем NEO



Он включает такие опции, как осциллирующие форсунки, отдельное управление форсунками, "вакуумное травление". Диапазон давления в форсунках увеличен до 4 бар. Полагаю пользователи InfinityLine будут счастливы работать с такой линией.

#### Где производятся установки компании SCHMID?

У нас две производственные площадки – в Германии и в Китае. Производство в КНР помогает нам обеспечивать низкую цену и быстро доставлять продукцию заказчикам в азиатском регионе. Для европейских клиентов действует производство в Германии, однако в основном мы стараемся производить машины в Китае.

#### Насколько для вашей компании важен рынок России?

Российский рынок всегда был важным для нас, но его значение особенно выросло с тех пор, как наши интересы начала представлять компания "РТС Инжиниринг". Благодаря их активной работе мы получили новых пользователей. Конечно, нельзя сравнивать рынки России и Китая, но для нас важен каждый рынок и каждый пользователь – и больших машин, и маленьких. Если говорить о России, там ключевую роль играет не только цена и время доставки, но и хороший сервис. И отрадно, что в деле обслуживания клиентов, реакции на запросы пользователей наши представители очень быстры, порой они даже быстрее нас.

Об особенностях новой линии InfinityLine нам рассказал **Илья Лазаревич Лейтес, главный технолог компании "РТС Инжиниринг"**.

Новая линия InfinityLine – это объединение достоинств надежной и недорогой системы CombiLine, которую компания SCHMID выпускала порядка 20 лет, и технологических достоинств линии PremiumLine, представленной около 5 лет назад. Ключевая особенность линии – модуль травления NEO, поскольку травление – одна из самых сложных операций при производстве печатных плат. И его важность возрастает, когда идет речь о травлении линий шириной в десятки микрон. Для таких тонких проводников определяющими становятся краевые эффекты. И новая машина позволяет их существенно снизить.

Прежде всего, в InfinityLine появилась новая система "вакуумного травления", позволяющая избавиться от одного из основных недостатков установок с горизонтальным расположением плат – "эффекта лужи". В таких системах раствор застаивается на верхней поверхности платы и хорошо уходит с нижней. В результате травление верхней части происходит медленнее, чем нижней. Преодолеть эту проблему помогает "вакуумное травление" – метод отсасывания раствора с верхней стороны платы за счет понижения давления. Тем самым улучшается обмен раствора сверху, он становится соизмеримым с обменными процессами снизу платы, процесс травления идет более равномерно.

Еще один элемент улучшения травления в системе InfinityLine – так называемая осцилляция форсунок – импульсная попеременная подача травильного раствора на плату из линеек форсунок. Проблема в том, что после гальванического осаждения слой меди всегда имеет определенный разброс по толщине (например, в силу краевых эффектов металлизации). И эта разница начинает влиять на скорость травления. Кроме того, скорость процесса сильно зависит от плотности токопроводящего рисунка на плате. Там, где плотность рисунка меди выше, травление очевидно замедляется. Возникают проблемы отвода раствора и между близкорасположенными параллельными проводниками. Осциллирующие форсунки позволяют преодолеть эти проблемы.

Наконец, в системе InfinityLine есть такое мощное средство, как блок интермиттирующего травления. Он позволяет селективно дотравливать платы после основного процесса, поскольку добиться полной равномерности

не удастся практически никогда. Для этого используется система индивидуального управления форсунками. Например, в первой по ходу платы линейке используются все форсунки, затем – все меньше и меньше. Можно задавать любую конфигурацию, индивидуально для каждого типа плат.

Конечно, все эти технологические нюансы необходимы для прецизионных плат, для проводников шириной 150–200 мкм они не актуальны. Однако весь мир движется в направлении снижения топологических размеров плат, поскольку сами электронные компоненты становятся все миниатюрнее, а печатные платы следуют за компонентами. Поэтому новое оборудование компании SCHMID актуально и для российских предприятий. Тем более что у нас принят ГОСТ на печатные платы (ГОСТ Р 53429-2009), специфицирующий 6 и 7 классы точности – проводники шириной 75 и 50 мкм соответственно.

Отмечу важную особенность компании SCHMID – они никогда не выходят на рынок с недоработанным оборудованием. В двух мощных технологических центрах в Германии и Китае все оборудование очень тщательно испытывается. В результате оно оказывается чрезвычайно надежным. Я регулярно встречаю на предприятиях линии компании SCHMID 1980-х годов, которые успешно эксплуатируются до сих пор.



Илья Лейтес

## Компания Posalux генеральный директор ООО "Остек-Сервис-Технология" Петр Семенов

Компания Posalux зарекомендовал себя как ответственный производитель оборудования для формирования отверстий в ПП и точного фрезерования. Она была основана в 1943 году и начинала как производитель оборудования для изготовления часовых циферблатов. Первый станок для сверления печатных плат выпущена в начале 1960-х. В 1976 году большое

число наиболее совершенных станков было поставлено в Советский Союз в рамках закупки по государственной программе развития электроники – тогда в СССР началось производство многослойных ПП. Интересно, что некоторые станки из тех поставок работают и сегодня, хотя, конечно, существенно отстают от современных требований. Несмотря на рост конкуренции



На выставке Productronica 2015 компания Posalux впервые демонстрирует две новые установки, воплотившие ее последние достижения. Для машин разработан совершенно новый дизайн – он произвел подлинный фурор среди посетителей выставки. И этот шикарный внешний вид гармонично соответствует внутреннему содержанию машин – их возможностям и техническим характеристикам.

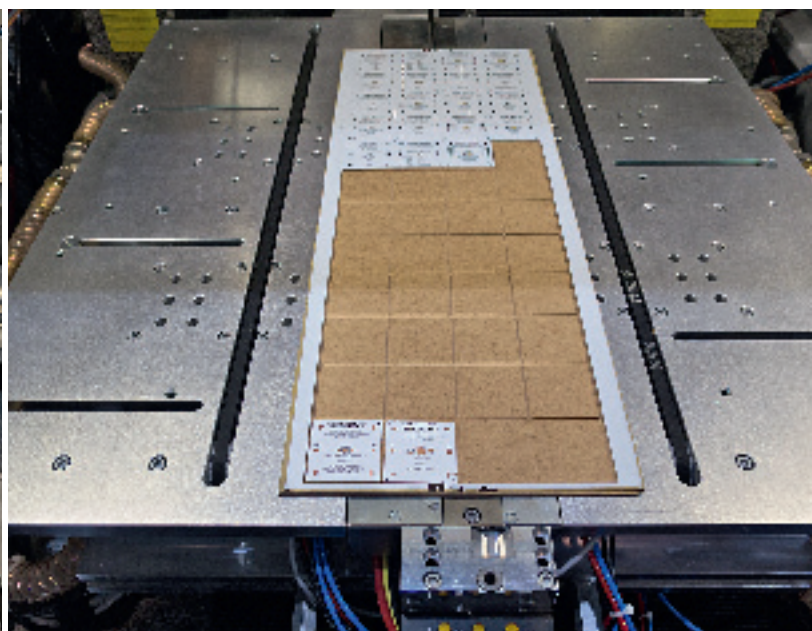
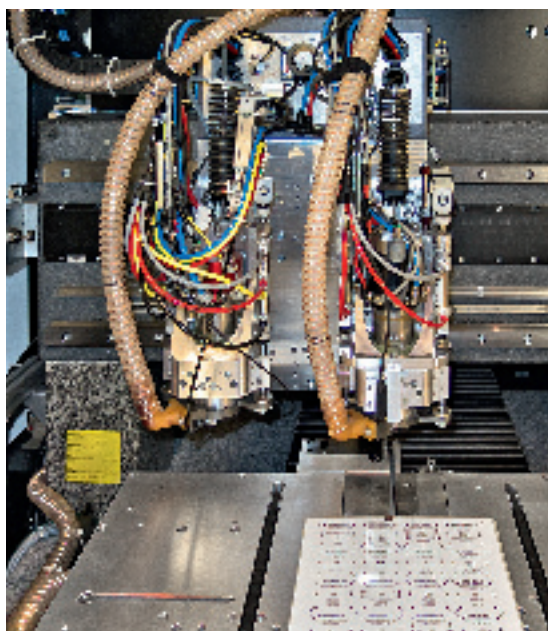
Первая машина – станок UltraSpeed MONO COMBI. Впервые установки этого семейства появились в 2012 году, однако на выставке компания представила новое поколение этих систем. Основная особенность системы – два шпинделя на одной станции, один предназначен для высокоскоростного сверления (от 5 до 350 тыс. об/мин), а другой – для прецизионного фрезерования. Последняя операция важна, например, при рельефной металлизации – металлизированные пазы, контуры и пр., используемые, например, в высокочастотных схемах связи, в том числе в составе телефонов, планшетов и других мобильных устройств.

Применение единого универсального шпинделя, как это обычно делается в подобном оборудовании, приводит к ограничению его технических характеристик. Высокие обороты, необходимые для качественного сверления, требуют применения шпинделя с пневматическим подшипником,

Установка  
UltraSpeed  
MONO COMBI

Два шпинделя  
на одной  
станции –  
для сверления  
и фрезерования

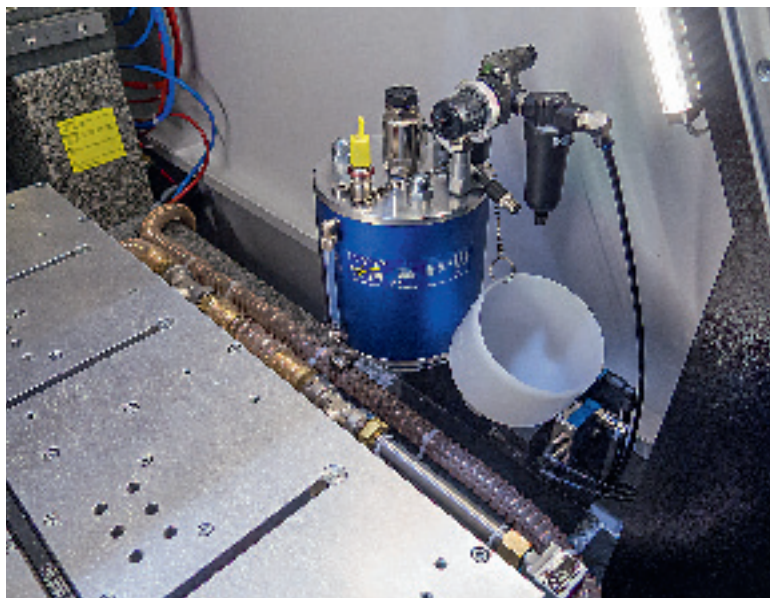
со стороны азиатских компаний – в Азии, в том числе в Японии, действует более 30 фирм, специализирующихся на аналогичном оборудовании, – большинство европейских производителей высокоплотных ПП отдают предпочтение традиционному швейцарскому качеству и выбирает продукцию Posalux. Начав использовать это оборудование, клиент убеждается, что оно превосходит его ожидания.



но он плохо переносит боковые нагрузки, возникающие при фрезеровании: теряет точность, быстро изнашивается, в итоге срок службы узла сокращается в 5–6 раз. Для привода фрезы нужен шарикоподшипник, но он ограничивает скорость вращения до 60 тыс. об/мин. Двухшпindelная станция предлагает элегантное решение данной проблемы. На одной машине, не меняя позиции заготовки, производится качественное и быстрое сверление, а второй шпindel фрезерует пазы и контуры на заданную глубину с точностью 10 мкм. Компания выпускает и одношпindelные версии установки – UltraSpeed MONO SINGLE, однако модель COMBI дороже его лишь на 15–20%. Возможна и модификация установки DUAL, когда оба шпинделя идентичны.

Конечно, точность сверления системы UltraSpeed MONO также высока. Отверстия формируются с допуском расположения относительно абсолютного центра  $\pm 12$  мкм. Для точности сверления по вертикальной оси важно определить момент касания сверлом поверхности заготовки. Для этого в машинах Posalux используются два метода. Для плат с токопроводящими поверхностями применяется так называемое контактное сверление: момент касания сверлом поверхности детектируется электрически (на грибок клампинга, прижимающий заготовку, подается напряжение, а сверло, опустившись на поверхность, замыкает цепь), после чего начинается отсчет вертикального движения шпинделя. Этот метод обеспечивает вертикальную точность до 10 мкм, что важно для прецизионных глухих отверстий. Для токонепроводящей поверхности такой способ не подходит, в этом случае работает механический датчик касания, расположенный также на прижимной пяте. Собственно измерение проводится при помощи лазерного линейного энкодера, интегрированного в привод шпинделя.

Установка позволяет фрезеровать платы на алюминиевом основании. Проблема в том, что высокая вязкость алюминия очень быстро выводит фрезу из строя. Инженеры Posalux решили проблему, введя в конструкцию опциональный узел – систему подачи смазки на фрезу. Еще одна опция – система индивидуальной вакуумной фиксации. Она позволяет разделить групповую



Система подачи смазки на фрезу

заготовку на отдельные платы и фрезеровать их по контуру одновременно с остальной обработкой, не снимая платы с рабочего стола станка.

UltraSpeed MONO оснащен автоматическим загрузчиком на 24 мультизаготовки (опционально возможна комплектация загрузчиком DTE с двумя ячейками), причем задание для обработки каждой заготовки может быть индивидуальным. Перед началом работы оператор на терминале присваивает каждой ячейке задание, соответствующее загруженной в нее заготовке, – это можно сделать вручную или путем считывания штрих-кода, – включает станок, и ему остается только прийти в нужный момент



Основной терминал управления



Автозагрузчик на 24 мультизаготовки, дополнительный терминал со стороны загрузчика

и забрать готовую продукцию. Причем, и это сделано только у Posalux, со стороны автозагрузчика (т.е. с задней стороны машины) установлен второй терминал, дублирующий основной на лицевой панели станка. Это очень удобно – иначе оператору пришлось бы сначала записывать номера заготовок, а потом отправляться к терминалу и там вводить задание для каждой ячейки, что не только добавляло бы ему работы, но и, главное, порождало бы возможность ошибки. Сама программа управления очень удобная и дружелюбная к оператору.

Установка UltraSpeed TRIO

Еще одна важная функция системы Ultraspeed – автоматическая смена инструмента без остановки станка. Обычно для того, чтобы сменить фрезы и сверла,

выработавшие ресурс, надо остановить станок, удалить прежнюю кассету с инструментом, установить новую. В UltraSpeed MONO на боковой стенке имеется загрузочный люк, куда оператор в любой момент может поставить кассету ("Евромагазин") с новым инструментом, и специальная система обеспечит его автоматическую замену без остановки рабочего процесса.

Вторая новая установка семейства – станок UltraSpeed TRIO. Главная его особенность – станок имеет три станции, каждая из них оборудована двумя шпинделями. На выставке представлена версия DUAL, когда оба шпинделя на станции идентичны и предназначены для сверления, расстояние между ними устанавливается в соответствии с шагом мультипликации заготовки. Станции работают независимо, но по одному технологическому заданию. Групповая заготовка сверлится одновременно двумя шпинделями, поэтому UltraSpeed TRIO вдвое производительнее, чем трехшпиндельный станок, а его цена выше лишь на 20%. К тому же UltraSpeed TRIO занимает меньше места, чем два трехшпиндельных станка, и потребляет меньше энергии. Если синхронное сверление невозможно – например, вся заготовка представляет собой одну большую плату, – то управляющее ПО автоматически рассчитывает для шпинделей индивидуальные задания. В этом случае выигрыш времени по сравнению с трехшпиндельным станком не столь значителен – примерно в 1,5 раза. Предусмотрены версии системы TRIO со сверлильным и фрезеровальным шпинделями (COMBI) и с одним сверлильным шпинделем (SINGLE), аналогично установке MONO.

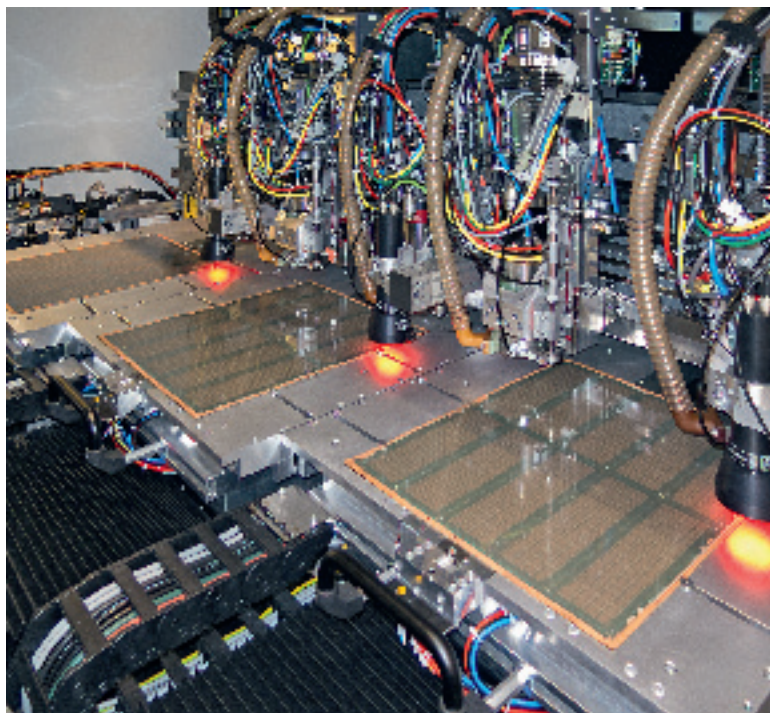
Каждая станция имеет свой отдельный стол с линейными приводами по двум осям. Это сделано для уменьшения погрешности позиционирования, которую вносили бы температурные колебания размеров единого металлического стола. Кроме того, возможны отклонения вследствие износа движущихся деталей. Видеокамеры на станциях выявляют подобные искажения, и по этим данным производится автоматическая подстройка положения столов, а также, в случае необходимости, корректировка программы сверления.



Все эти меры обеспечивают ту беспрецедентную точность, которая свойственна оборудованию Posalux. Сегодня на нем достигается погрешность положения просверленного отверстия – подчеркну, не позиционирования шпинделя, а именно положения сформированного отверстия, – не более 12 мкм. Погрешность по глубине – не более 10 мкм. И все это при высочайшем для оборудования такого класса быстродействии – каждый шпиндель станка UltraSpeed TRIO делает стабильно в секунду 15 отверстий (максимум до 20 отверстий в секунду) глубиной 80–100 мкм. В совокупности такие характеристики, а еще – подтвержденная десятилетиями надежность оборудования Posalux и самой фирмы, как поставщика этого оборудования, делают швейцарскую компанию безусловным лидером на рынке сверлильно-фрезерных машин для производства печатных плат.

Немаловажно, что Posalux никогда не останавливается на достигнутом. Компания вкладывает большие средства в исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых технологий и машин. Одна из центральных задач – увеличение скорости вращения шпинделя сверлильного станка. Ведь в основе большинства ПП – слоистая композиция, смесь эпоксидных смол и стеклоткани плюс медная фольга. Единственный способ прецизионного сверления такой структуры – повышение скорости вращения сверла. Сегодня Posalux предлагает оборудование со скоростью вращения шпинделя 350 тыс. об/мин. Однако компания уже подготовила к серийному выпуску оборудование со скоростью вращения шпинделя 500 тыс. об/мин для отверстий диаметром до 30 мкм – впрочем, сегодня никто серийно не изготавливает сверла меньшего диаметра.

В ближайшем будущем Posalux планирует представить оборудование со скоростью вращения шпинделя 1 млн. об/мин, что составит серьезную конкуренцию лазерным технологиям формирования микроотверстий. Типичная производительность современных лазерных станков при формировании, например, отверстий диаметром 100 мкм – 80 отверстий в секунду. Новое поколение машин Posalux уже позволяет одним шпинделем сверлить 20 отверстий



в секунду. Но у станка может быть четыре или более шпинделей – это уже те же 80 отверстий в секунду или более, при том, что такой станок минимум в четыре раза дешевле лазерного.

При этом механическое сверление несравненно проще и быстрее лазерного с точки зрения подготовки к работе. Лазер формирует отверстие не механически, а путем сублимации материала. Этот процесс зависит от множества факторов, связанных не только с типом материала, но и с конкретной партией. Количество связующего, степень полимеризации, глубина и диаметр отверстия – все это требует существенно разных режимов работы лазера, которые нужно подбирать. Так можно изготавливать массовую продукцию, например, платы для мобильных телефонов: две-три недели подготавливается режим, затем запускается огромная партия. Но такая технология совершенно не подходит для множества производителей из других сегментов электроники и, в частности, для России. У нас более 200 предприятий изготавливают ПП, и как правило, они выпускают продукцию с очень большой номенклатурой при малых и средних объемах. И для таких компаний, для российского рынка в целом концепция Posalux подходит как нельзя лучше.

Каждый из трех столов управляется независимо

## КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



### Компания Keysight Technologies

**генеральный менеджер департамента источников питания  
Кэри Фаубер (Kari Fauber)**

В этом году на выставке мы представили три новых продукта. Во-первых, это четырехканальный анализатор мощности PA2203A ImtegraVision с интуитивно понятным интерфейсом. Он предназначен для оценки параметров электрической мощности устройств, работающих с трехфазными сетями (AC/DC-источников питания, DC/DC-преобразователей, DC/AC-инвер-

тиров, фотоэлектрических преобразователей и др.). Сенсорный экран с диагональю 12,1 дюйма обеспечивает наглядную визуализацию сигналов и упрощает работу с прибором. На экране отображается одновременно до 10 измеряемых параметров, а также статистическая информация. В целом, наглядность отображения у нового прибора как у осциллографа, а измерительные возможности – как у специализированного анализатора мощности, с базовой точностью измерений до 0,05%. Измерительный тракт этого устройства имеет разрешение 16 бит, что при частоте дискретизации 5 Мвыб/с обеспечивает высокую точность измерения меняющихся во времени напряжения, тока, активной и реактивной мощности. Прибор способен измерять гармоники напряжения, тока и мощности вплоть до 250-го порядка, а также коэффициент нелинейных искажений в соответствии с методикой IEC.

Анализатор оснащен интерфейсами USB и Ethernet. Возможно удаленное управление устройством с помощью стандартного веб-браузера. В анализатор встроен веб-сервер, на странице которого отображается графическое представление лицевой панели прибора.

Каждый канал оснащен входами для измерения токов и напряжений. Все входы прибора изолированы друг от друга и от шасси и рассчитаны на напряжения до 1000 В СКЗ (среднеквадратическое значение). Для каждого из четырех каналов одновременно выполняется оцифровка значений токов и напряжений. Диапазон измеряемых напряжений – до 1000 В СКЗ в полосе частот до 2,5 МГц. Для измерений

Кэри Фаубер

Анализатор  
мощности  
PA2203A  
ImtegraVision

торов, фотоэлектрических преобразователей и др.). Сенсорный экран с диагональю 12,1 дюйма обеспечивает наглядную визуализацию сигналов и упрощает работу с прибором. На экране отображается одновременно до 10 измеряемых параметров, а также статистическая информация. В целом, наглядность отображения у нового прибора как у осциллографа, а измерительные возможности – как у специализированного анализатора мощности, с базовой точностью





Имитатор  
солнечных  
батарей  
N8957APV

тока предусмотрены два встроенных шунта, рассчитанных на максимальный ток 2 и 50 А СКЗ в полосе до 100 кГц. Для токов свыше 50 А СКЗ или для полосы больше 100 кГц возможно подключение специальных внешних пробников или щупов. Прибор позволяет анализировать динамичные процессы, протекающие в линиях питания (в том числе, переходные процессы и броски тока).

В устройстве реализован экранный помощник для пошагового подключения и настройки режима работы трехфазной сети, что существенно упрощает процесс подготовки прибора к измерениям. В анализаторе предусмотрена возможность выбора схемы подключения

Источник  
питания  
постоянного  
тока  
серии E36100



"звезда/треугольник". В целом, применение такого прибора повышает производительность работы инженера в десятки раз. Встроенный регистратор данных позволяет хранить результаты измерений, полученные с интервалом от 50 мс до 1 дня, в течение заданного периода времени (от 1 с до 1 года) для последующего анализа на компьютере.

Еще одна новинка, которую мы демонстрируем на выставке, – имитатор солнечных батарей N8957APV. Он представляет собой источник постоянного тока, который позволяет проверять алгоритмы отслеживания режима максимальной мощности (MPPT-алгоритмы) фотоэлектрических преобразователей (инверторов). Эффективность преобразователей солнечных батарей зависит от различных внешних факторов (температуры, погодных условий, процессов старения и других факторов), поэтому инженеру важно протестировать их в разных режимах. В симулятор N8957APV можно загружать вольт-амперные характеристики реальных солнечных батарей и моделировать работу преобразователей при различных условиях внешней среды. В результате отпадает необходимость проведения испытаний преобразователей в реальных условиях. N8957APV имеет два режима моделирования солнечных батарей: режим графиков, когда ВАХ создаются математически на основе параметров солнечной батареи, и режим таблиц, когда пользователь может самостоятельно вводить значения ВАХ по отдельным точкам (до 1024 точек). Интуитивное ПО на базе ПК позволяет без труда создавать и загружать характеристики солнечных батарей.

N8957APV оснащен встроенным измерителем тока и напряжения и обеспечивает максимальный выходной ток до 30 А и напряжение до 1500 В. В приборе предусмотрено автоматическое переключение диапазонов выходной характеристики: 1500 В/10 А или 500 В/30 А. Выходное напряжение и ток можно запрограммировать с помощью аналогового сигнала.

Кроме имитации фотоэлектрических батарей, N8957APV можно использовать как программируемый источник питания постоянного тока мощностью 15 кВт. Можно включать до шести таких источников



параллельно, чтобы получить суммарную мощность более 90 кВт. Прибор питается от трехфазной сети переменного тока с напряжением 208 или 400 В. Коэффициент мощности источника – 99%, КПД – 93%.

Прибор оснащен интерфейсами GPIB, Ethernet, USB 2.0, а также аналоговыми интерфейсами. Встроенный веб-сервер обеспечивает удаленный доступ через стандартный браузер, с помощью которого можно управлять прибором.

Интереса заслуживают также представленные на выставке программируемые источники питания постоянного тока серии E36100, предназначенные для разработчиков потребительской электроники и для применения в учебном процессе. Это очень компактные и недорогие устройства. Они выпускаются в настольном исполнении, но возможен их монтаж в стойку. В серию входят модели с выходным напряжением от 6 до 100 В и максимальным током от 0,4 до 6 А. Выходная мощность источников питания – от 30 до 40 Вт. Доступны модели с одним, двумя или тремя выходами. Источники питания данной серии снабжены высококонтрастным OLED-дисплеем. Устройства оснащены интерфейсами USB и Ethernet. Имеется встроенный веб-сервер, который позволяет удаленно управлять источником питания с помощью стандартного браузера.

Они обеспечивают высокую стабильность выходных параметров и низкий уровень шумов (среднеквадратичное значение шума – от 350 мкВ до 8 мВ по напряжению и от 160 мкА до 2 мА по току). Точность программирования значений напряжения и тока составляет  $\pm 3...40$  мВ и  $\pm 0,3...5$  мА соответственно.

Отмечу, что все наши источники питания – это не просто блоки электропитания различных устройств. Они с высокой точностью измеряют устанавливаемые пользователем параметры питания (напряжения, токи) и поддерживают их неизменными во всем диапазоне нагрузок. Фактически это средства измерений. Кроме того, мы предлагаем специализированные источники питания, предназначенные для решения конкретных задач. Например, при тестировании планшетных компьютеров требуется проверять работу устройства при сверхмалых токах потребления (когда планшет находится в дежурном режиме). У нас есть источники питания, специально предназначенные для тестирования устройств со сверхнизким потреблением, которые позволяют измерять сверхнизкие токи, равно как и токи в режимах высокого потребления. Это очень удобно для производителей конечной продукции, поэтому они и выбирают наши источники.

## Компания Chroma ATE менеджер по продажам Фрэнк Лин (Frank Lin)

Компания Chroma, не ограничиваясь традиционными средствами тестирования различных источников питания, все активнее выходит на рынок систем тестирования энергетических систем – от батарей и генераторов энергии на основе солнечных батарей до интеллектуальных электросетей. Наша цель – обеспечить полный набор тестовых решений для "зеленой энергетики". Мы начинаем создавать не только отдельные устройства, но и законченные системные решения для комплексного тестирования. Все эти решения мы продвигаем и в России, где интересы Chroma ATE весьма успешно представляет ЗАО "ТЕСТПРИБОР". Российский рынок потенциально очень

привлекателен для нас из-за наличия высоко развитых отраслей промышленности. Мы надеемся на взаимовыгодное сотрудничество с российскими компаниями.

Одной из новинок, которые мы демонстрируем на данной выставке, – имитатор электросети с рекуперацией энергией серии 61800. Это четырехквadrантный источник питания переменного



Фрэнк Лин



Имитатор электросети серии 61800 (модель 61860)

Тестовая система серии 17020

тока с выходной мощностью от 30 до 60 кВт, который способен не только выдавать электрическую мощность в нагрузку, но и потреблять ее от тестируемых устройств. С помощью системы 61800 можно тестировать бытовое и промышленное оборудование, а также имитировать реальные параметры электросети при испытаниях различных генераторов электроэнергии, в том числе фотоэлектрических преобразователей, ветрогенераторов, источников бесперебойного питания. Устройство эффективно и при испытаниях небольших локальных энергосетей. К числу моделируемых параметров относятся частота, угол сдвига фаз, амплитуда напряжения, падение напряжения в режиме как однофазной, так и трехфазной сети. Устройство специально создано для проведения полного цикла испытаний в соответствии со стандартами IEEE 1547 / IEC 61000-3-15 / IEC 62116.

Очень важно, что имитаторы серии 61800 позволяют рекуперировать генерируемую при испытаниях оборудования электроэнергию в сеть общего пользования, что дает возможность снизить затраты потребителей на электроснабжение и обеспечить утилизацию электроэнергии. Причем обеспечивается высокий уровень электрической изоляции между входами подключения к основной сети и к тестируемому устройству – не нужно

предпринимать дополнительных мер защиты электросети. Эти устройства отвечают требованиям стандартов IEC 61000-3-2/-3-3/-3-1/-3-12 для источников питания переменного тока и обеспечивают выходное напряжение переменного тока от 0 до 300 В (опционально до 400 В) с частотой от 30 до 100 Гц. Опционально система 61800 может работать и как источник постоянного тока. Для удаленного управления имитатор оснащен интерфейсами GPIB (IEEE488.2), RS-232, USB и Ethernet.

Устройства серии 61800 обеспечивают высокоточные измерения среднеквадратичных значений напряжения и тока, активной мощности, коэффициента мощности и других параметров. Они оснащены функцией синтеза сигналов произвольной формы для программирования различных типов искаженных сигналов и гармоник, что требуется при проведении некоторых видов испытаний. Через специальный порт к имитатору сети можно подключить внешний генератор сигналов произвольной формы, в этом случае устройство серии 61800 работает как усилитель. Такая функция удобна, например, для того, чтобы с помощью того или иного устройства записать реальный сигнал в сети питания (скажем, в присутствии специфических сильных помех), воспроизвести его с помощью внешнего генератора и через систему 61800 передать на тестируемое устройство для более точного моделирования реальных условий сети питания.

Еще одна новинка связана с тестированием аккумуляторных батарей. Это важно в связи с распространением электрических транспортных средств и оборудования с батарейным питанием. Наша компания предлагает несколько серий оборудования для испытаний аккумуляторных батарей. Новая тестовая система с рекуперацией энергии серии 17020 – это модульный многоканальный измерительный комплекс (до 48 независимых каналов, мощность до 1200 Вт на канал), который позволяет выполнять испытания на заряд/разряд одновременно нескольких батарей. Каналы могут быть включены параллельно, чтобы обеспечить более высокие токи заряда. Для управления системой служит интуитивно понятное ПО. Предусмотрены режимы заряда/разряда батарей с фиксацией значения тока,



напряжения либо мощности. Возможно моделирование режимов ездового испытательного цикла, чтобы проверить работу батарей в реальных условиях. В системах 17020 предусмотрены все виды защиты, в том числе защита от переплюсовки выводов батарей, защита от превышения напряжения, тока и температуры. Принципиально, что система 17020 позволяет утилизировать энергию, получаемую от аккумуляторных батарей в ходе испытаний. Эта энергия направляется либо в каналы, выполняющие заряд батарей, либо во внешнюю энергосеть. В результате обеспечивается экономия энергии и снижаются тепловые потери.

Одним из новых продуктов также являются программируемые электронные высоковольтные нагрузки постоянного тока, такие как устройства серии 63200A. Электронные нагрузки применяются для проверки как первичных, так и вторичных источников питания, DC/DC-преобразователей, аккумуляторных батарей и др. В серии 63200A предлагается несколько моделей трех диапазонов выходных напряжений – 150, 600 и 1200 В, а также трех диапазонов мощностей – до 4, 5 и 6 кВт в 4U-корпусе. Выпускается модель 63224A мощностью 24 кВт. Максимальный ток – 2 кА на устройство. Устройства серии 63200 могут объединяться параллельно по схеме мастер-ведомый для обеспечения общей нагрузочной мощности до 240 кВт, при этом предусмотрена их полная синхронизация для обеспечения заданных сложных профилей токов потребления и напряжений. Пиковая мощность потребления может составлять до 300% от номинальной,



Электронная нагрузка серии 63200A

предусмотрен режим имитации короткого замыкания. Управление нагрузками можно осуществлять стандартно через USB-интерфейс, а опционально через Ethernet и GPIB.

В нагрузках предусмотрено четыре рабочих режима – фиксированного тока, напряжения, сопротивления и мощности. Так, режимы постоянного тока и постоянного сопротивления лучше всего использовать для испытаний источников питания и DC/DC-преобразователей. Режим постоянной мощности лучше всего подходит для тестирования батарей благодаря возможности моделирования реальных профилей разряда. Режим постоянного напряжения применяют для тестирования зарядных устройств.

Уникальная особенность нагрузок 63200A – режим заданных пользователем профилей нагрузки. Пользователь через

Комбинированный анализатор электробезопасности серии 19036 (слева); высокочастотный LCR-измеритель серии 11050 (справа)



## ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

<b>Компания</b> .....	<b>Российский дистрибьютор</b>
YXLON .....	"АссемРус"
MIRTEC.....	"ЛионТех"
GOEPEL electronic .....	"Новые технологии"
Ucamco, SCHMID Group.....	"РТС Инжиниринг"
MEK (Marantz electronics), Nikon Metrology.....	"Совтест АТЕ"
Chroma ATE.....	ЗАО "ТЕСТПРИБОР"
Printprocess Orbotech	
Posalux.....	"Остек-Сервис-Технология"

ПО может загрузить измеренный профиль сигналов в реальной сети нагрузки в устройство 63200A – до 10 профилей сигналов по 1,5 млн. точек. Электронная нагрузка 63200A автоматически воспроизведет этот профиль в ходе испытаний. Профиль сигнала можно непосредственно загружать в нагрузку с карт сбора данных или через аналоговый порт от функционального генератора. Также устройство позволяет динамически изменять нагрузочные характеристики. Так, время изменения тока составляет 10 мкс с частотой до 50 кГц. Предусмотрен режим качания частоты в диапазоне до 50 кГц, что позволяет определять и измерять пики напряжений в нагрузке в наихудших случаях.

Примечательно, что нагрузка 63200A обладает измерительными возможностями – она позволяет измерять напряжение (с точностью 0,1–10 мВ в зависимости от модели и диапазона измерений) и ток, оцифровывая их значения через интервал до 2 мкс и сохраняя по 15 тыс. отсчетов.

Стоит обратить внимание на комбинированный анализатор электробезопасности серии 19036, который способен выполнять целый ряд видов испытаний, в том числе испытания обмоток импульсным напряжением (проверки статоров электродвигателей, отдельных катушек, обмоток якорей и др.), испытания на устойчивость к броскам тока, а также измерения сопротивления изоляции, сопротивления по постоянному току и падений напряжений. Он позволяет проводить высоковольтные испытания с максимальным напряжением до 5 кВ по переменному току и до 6 кВ по постоянному току. Импульсные испытания выполняются на частоте до 200 МГц.

На нашем стенде представлен также новый высокочастотный LCR-измеритель серии 11050 для определения номиналов сопротивлений, индуктивностей, конденсаторов и других параметров. Частотный диапазон измерений этого устройства достигает 5 МГц, скорость измерений составляет 15 мс, точность – 0,1%.

Надеемся, что все эти решения заинтересуют пользователей, в том числе и в России.

*Продолжение следует*

