

Productronica 2017: технологические прорывы в производстве и макетировании печатных плат

Текст: Петр Семенов
Владимир Городов
Мария Шальнева

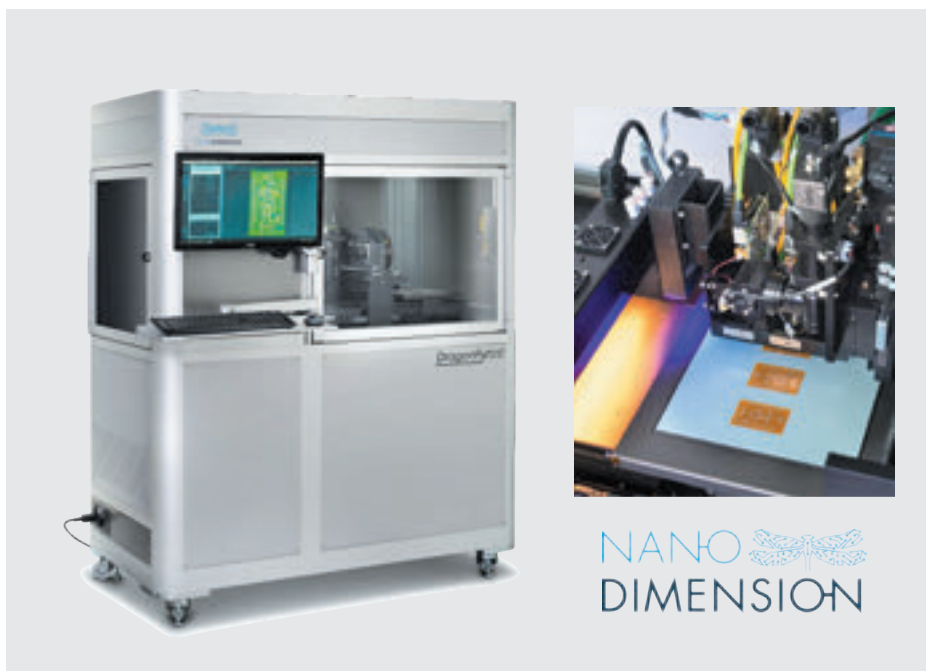


Цифровые технологии, повышающие качество и надёжность электронных изделий, всё глубже проникают в производственный процесс. И решения, представленные на выставке Productronica 2017 в Мюнхене, не стали исключением.

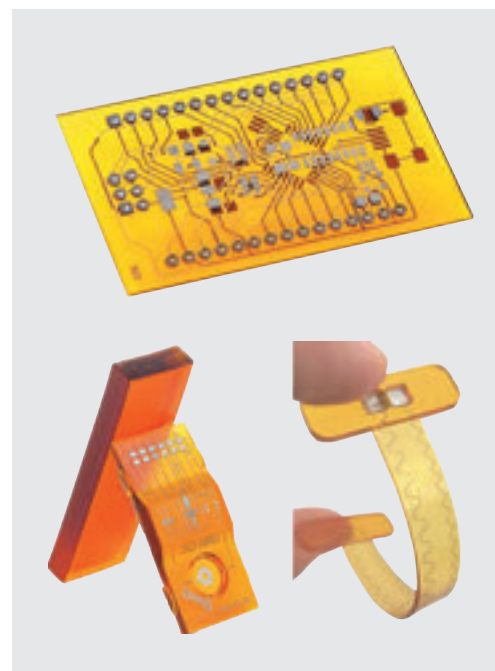
Выставка Productronica, которая проходит раз в два года в Мюнхене, – стартовая точка для внедрения инноваций в области электроники для производителей сложной электроники со всего мира. В этом году её посетило рекордное число человек – 44 тысячи из 85 стран мира. Зал № В5 выставки, посвященный производству печатных схем, был пронизан свежими подходами к построению гибких

производств в соответствии с идеологией Индустрии 4.0, новыми тенденциями в области революционного прототипирования и сокращения цикла производства фундамента электронного изделия – печатной платы.

Призером в секторе производства печатных плат выставки 2017 года стал израильский стартап, показавший первый в мире 3D-принтер для печати прототипов печатных схем. Многим разработчикам знакомы



1 Принтер 3D-печати плат «Стрекоза»



2 Примеры напечатанных плат

проблемы реализации метода проб и ошибок (или «fail fast» в западной литературе), связанные с подготовкой пакета исходных файлов, передачей их производителю и доставкой прототипов плат. Каждый конструктор мечтает проверить идеи, пришедшие ночью, уже к утру. Долгое время современные аддитивные технологии обходили стороной подложки печатных плат, однако несколько лет назад основатели компании Nano Dimension разработали принтер для печати диэлектрика и токопроводящих дорожек.

Принтер «Стрекоза» (DragonFly) может за 8 часов сформировать многослойную печатную плату размером 200 x 200 мм в автономном режиме. Для его работы не требуются сложные энергокоммуникации и инженерное обеспечение, поэтому принтер можно установить рядом с кабинетом конструктора, а автономность работы, не требующая участия человека, позволяет печатать даже в ночное время.

Помимо многослойных печатных плат на принтере можно печатать гибко-жесткие печатные платы, трехмерные печатные схемы (прототип 3D-MID) и электронные изделия со встроенными компонентами. Принтеры «Стрекоза» несмотря на свою молодость уже успешно прошли бета-тестирование у крупных разработчиков электронных изделий. Благодаря им не нужно ждать нескольких дней, а иногда и недель, чтобы проверить и реализовать революционную идею в электронном изделии.

Технология трехмерной печати печатных плат прототипов уже доступна российским клиентам. За подробной информацией обращайтесь к представителю компании Nano Dimension в России – компании «Остек-Сервис-Технология».

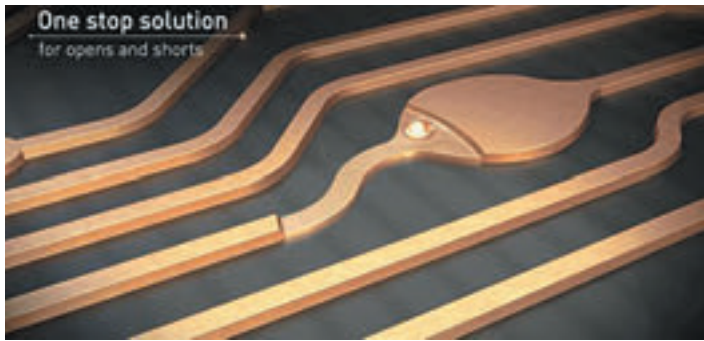
Автоматический ремонт замыканий и обрывов проводников плат высокой плотности

Еще одно важное событие выставки – демонстрация 390-й системы ремонта топологии печатных плат (AOS, фирмы Orbotech)

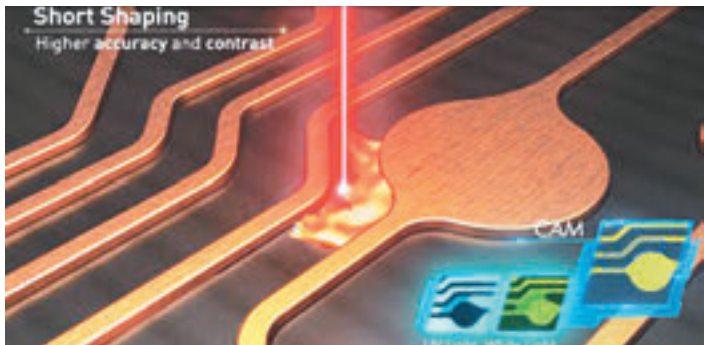
В связке с установками автоматической оптической инспекции система AOS (Автоматический Оптический Ремонт) стала незаменимой для реализации процесса mSAP (модифицированный полуаддитивный процесс) на производствах печатных плат для современных сотовых телефонов в Юго-Восточной Азии. Производителям



3 Установка ремонта коротких замыканий и обрывов печатных плат Precise-800



4 Процесс ремонта короткого замыкания



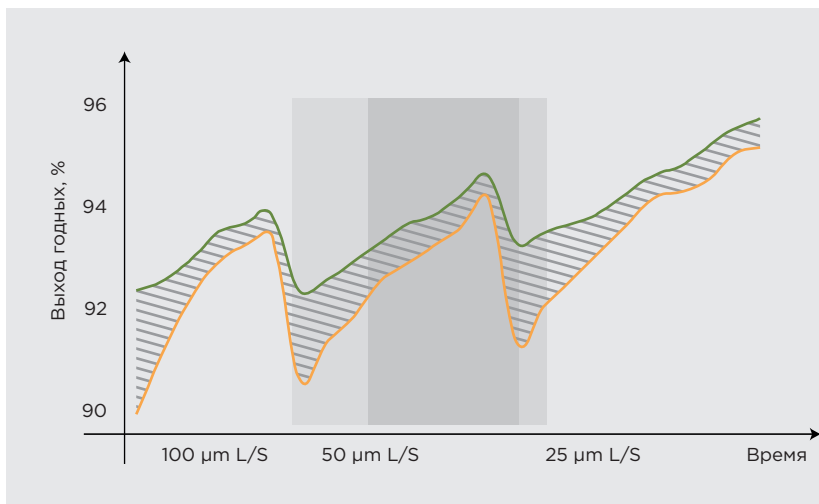
5 Процесс ремонта обрыва

техники специального назначения эта технология дает 100 % выход годных на фотолитографии, ведь только одна установка способна за год спасти 200 000 печатных плат от коротких замыканий и обрывов.

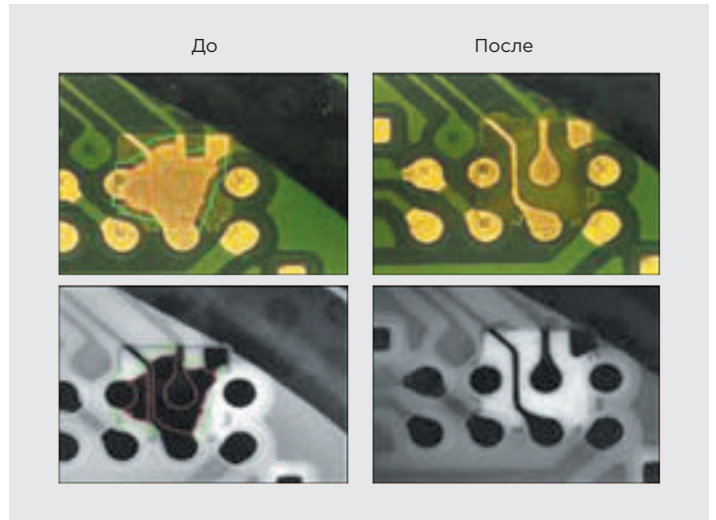
Ремонт обрывов замыканий происходит с помощью селективного лазерного напыления меди на основе печатной платы с непрерывным контролем трехмерными камерами.

Ремонт коротких замыканий – с помощью лазерной абляции меди с непрерывным контролем с помощью УФ-камеры.

На графике выхода годных видно, что внедрение систе-



6 График выхода годных при переходе на новые проектные нормы



7 Ремонт дефекта под паяльной маской

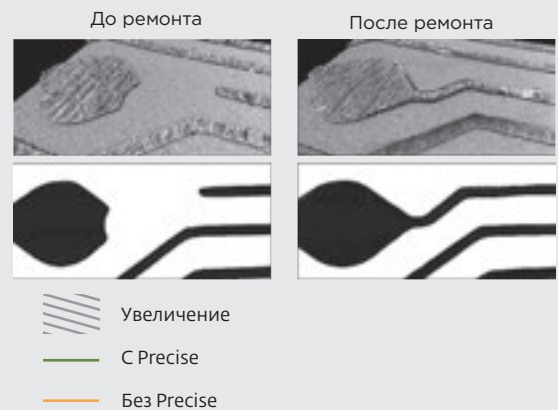
мы позволяет значительно повысить выход годных при переходе на более жесткие проектные нормы.

Также возможен ремонт дефектов внешних слоев под паяльной маской, спасший не одну дорогостоящую печатную плату. По химическому составу высаживаемая медь не отличается от обычной меди, используемой в производстве. Более того, визуально отремонтированный дефект обнаружить невозможно, а платы успешно проходят все необходимые типовые испытания на надежность.

Цифровая фотолитография

В мире осталось мало производителей фотоплоттеров и рам экспонирования через фотошаблоны (ФШ), и на выставке в Германии не было представлено ни одного фотоплоттера и ни одной установки экспонирования с использованием ФШ.

Очевидно, что европейские производители и более 20 производителей в России уже оценили следующие преимущества прямого экспонирования:



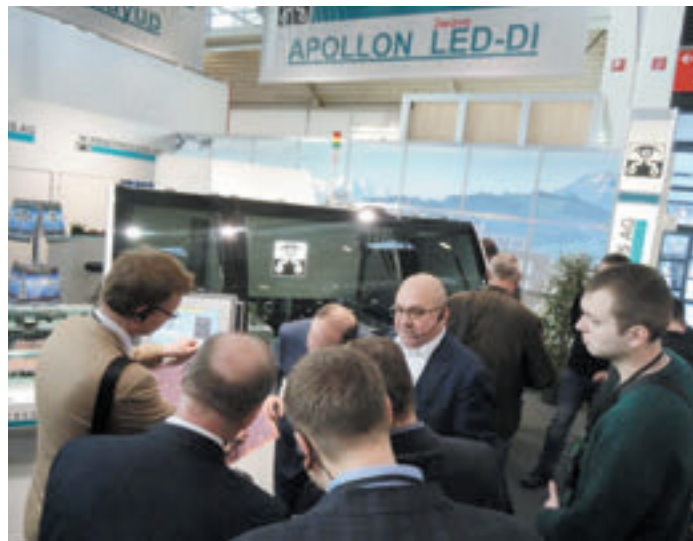


8 Система прямого экспонирования Apollo

- сокращение цикла подготовки к производству в 60 раз и обеспечение производительности, аналогичной традиционной фотошаблонной фотолитографии;
- получение проводников 25/25 мкм и менее;
- масштабирование слоев и динамический выбор фактора подтравы;
- совмещение на уровне печатной платы (± 5 мкм) вне зависимости от колебаний влажности в помещении;
- снижение уровня брака для серийных заказов и высокий уровень автоматизации.

Следуя современным требованиям по прослеживаемости выпускаемых печатных плат, новый модуль PrintProcess позволяет в автоматическом режиме считывать штрихкод, QR-код или сверленный код с помощью установленной камеры, без участия человека загружать необходимый файл для экспонирования и передавать данные о заготовке в ERP-системы.

Благодаря модульности конструкции установки прямого экспонирования не нужно тратить существенные средства на первичное приобретение

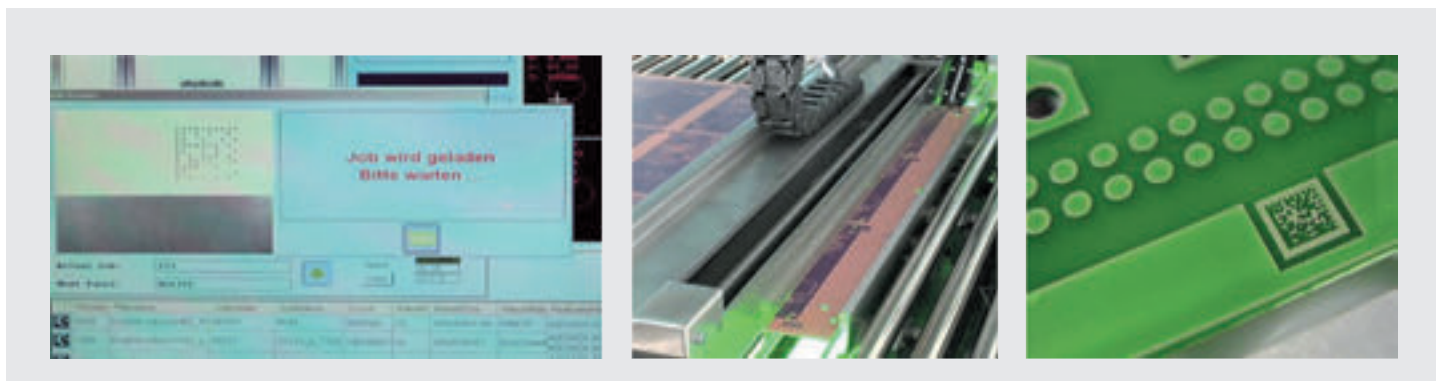


9 Стенд компании PrintProcess

системы. Также её можно модернизировать по мере роста потребностей в производительности. Естественно, модуль считывания QR-кодов доступен и текущим пользователям вышеуказанных систем.

Российские поставщики аналогичного оборудования часто говорят своим клиентам, что прямое экспонирование только для прототипов и на нем невозможно экспонировать паяльную маску. Однако это не так – большинство современных печатных плат сотовых телефонов изготавливаются методом прямого экспонирования, включая паяльную маску. Уже базовый модуль позволяет экспонировать более 40 заготовок в час по фоторезисту и 15 заготовок в час по паяльной маске, что достаточно для большинства российских производств. Автоматическая версия экспонирует до 150 заготовок в час по фоторезисту, что выше производительности традиционной рамы экспонирования. И все это с недостижимыми ранее возможностями по ширине проводников (25 мкм), масштабированию и точности совмещения ± 5 мкм.

Многих производителей систем прямого экспонирования объединяло одно – использование типовых светодиодных печатающих головок канадско-китайской

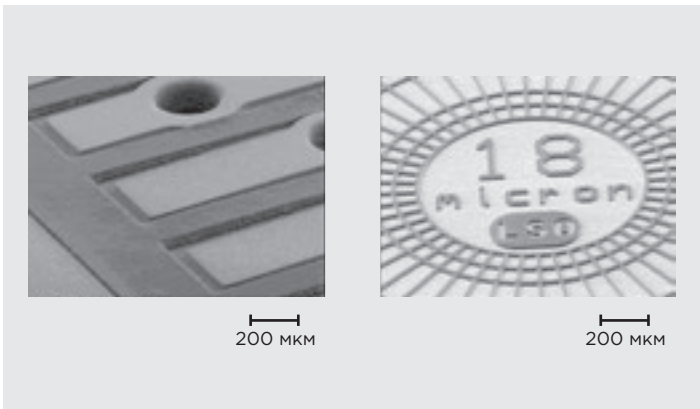


10 Система считывания QR-кодов номера задания



1 1

Система прямого лазерного экспонирования LDI Orbotech Nuvogo



1 2

Пример рисунка топологии, получаемого с помощью LDI Orbotech Nuvogo



1 3

Система прямого экспонирования паяльной маски Orbotech Diamond

компании. Унификация – это хорошо, но характеристики установок разных брендов фактически не отличаются друг от друга и соревноваться им остается только по цене. А канадские разработчики получают полный контроль над рынком и пользователями, т. к. для эксплуатации головок требуется получение лицензионного ключа. Отдельно в этом списке стоят две компании: международная компания Orbotech и швейцарская компания PrintProcess. Особенность их систем прямого экспонирования в том, что они не пожалели средств и времени на разработку собственных головок. Компания PrintProcess использует технологию DDI (собственная разработка, на расчет оптики которой ушло более полугода компьютерного времени). А компания Orbotech – лазерный источник с двумя длинами волн и широкоугольной оптикой.

Клиенты мирового лидера в производстве систем лазерного прямого экспонирования Orbotech эксплуатируют более 2000 систем по всему миру.

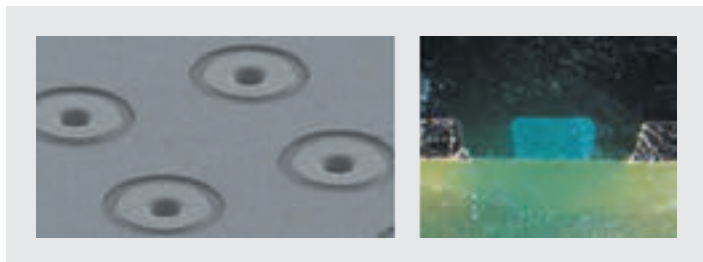
Особенностью новой системы Orbotech, представленной на выставке, стала непревзойденная глубина фокуса, достигаемая за счет применения лазерного источника с двумя длинами волн, широкоугольной оптики, экспонирования за один проход, высокой производительности (до 165 заготовок в час) и двух рабочих столов, исключающих время загрузки/выгрузки из цикла. Более того, не каждый производитель может похвастаться возможностью экспонирования проводников шириной 18 мкм, а для версии Ultra – 10 мкм без потери производительности. Установки данного поколения имеют возможность индивидуальной маркировки слоев с помощью цифрового номера или QR-кода.

- Высокая глубина фокуса для экспонирования коробленных и разнотолщинных плат.
- Высокая производительность.

Самая популярная система прямого экспонирования в мире

Экспонирование защитной паяльной маски требует большой энергии, поэтому компания Orbotech разработала светодиодную систему экспонирования повышенной мощности. Благодаря расположенным в шахматном порядке 12 светодиодным головкам экспонирование, как и у предыдущей модели, проводится за один проход, а два стола убирают из цикла время загрузки/разгрузки и совмещения заготовки. Благодаря этому достигнута высокая производительность для паяльной маски при прямом экспонировании: 80 заготовок в час, при этом минимальная получаемая перемычка составляет 40 мкм.

- Экспонирование за один проход, обеспечивающее беспрецедентную производительность и точность.
- Самая популярная система прямого экспонирования паяльной маски в мире.



1 4

Пример рисунка, полученного с помощью Orbotech Diamond

Механическое сверление со скоростью лазера

На стенде швейцарской компании Posalux демонстрировались инновационные решения в области механического сверления и фрезерования.

Каждый из трех представленных станков был уникален, но их объединяла высокая точность и непревзойденная производительность.

Основные конкуренты станков – это установки лазерного сверления, однако для подбора режимов абляции требуются значительные временные затраты, что делает затруднительным применение лазерного формирования микроотверстий в мелкосерийных и прототипных производствах печатных плат. Станки MONO, DUO и TRIO имеют возможность сверления отверстий диаметром от 50 мкм с производительностью до 20 отв./сек.

Концепция DUAL (два одинаковых шпинделя на одной сверлильной станции) на трехшпиндельных станках позволяет достигать суммарной производительности 120 отв./секунду, что соизмеримо со скоростью лазерного сверления, но не требует сложного подбора режимов.

Такая высокая производительность достигается за счет новой конструкции узла крепления шпинделя, трехпозиционной пяты IPF3, системы электромагнитной совместимости и уникального программного обеспечения



1 5

Сверлильная станция станка Posalux DUO

собственной разработки (в отличие от применяемых другими производителями универсальных стоек Sieb&Mayor).

Высокая точность (± 10 мкм) обеспечивается независимыми столами в трехстанционной версии TRIO, каждый из которых может компенсировать погрешности базирования за счет применения CCD-камер на каждой станции для совмещения.

Впервые на выставке в Мюнхене был продемонстрирован двухстанционный станок DUO, позволяющий сверлить отверстия с точностью ± 10 мкм, с системой IPF3 нового поколения.

Прижимные пяты для больших и малых диаметров обладают независимым приводом, а для фрезерования можно выбирать между жесткой пятой (для обработки на заданную глубину) и щеткой (для контурного фрезерования).

Данный станок станет универсальной «рабочей лошадкой» многих производителей высокоточных печатных плат. Концепция COMBI (два разных шпинделя на одной станции) идеально подходит для небольших производств с импульсной загрузкой. Она позволяет без износа шпинделей выполнять сверление отверстий малых диаметров и фрезерование пазов и контура без снятия со стола (для последующей металлизации), что значительно повышает точность. Более того, имея несколько таких станков, производство может гибко реагировать на загрузку (первая половина дня сверление, вторая – фрезерование заготовок).

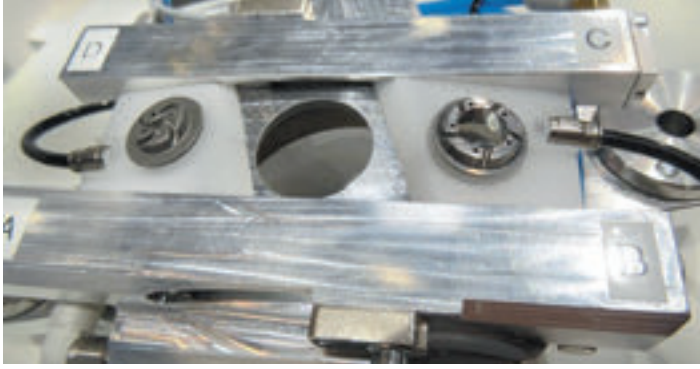
Покрытие отверстий с высоким соотношением

Широко известная в России компания J-KEM продемонстрировала несколько новинок, позволяющих металлизировать отверстия с высоким соотношением AR (Aspect Ratio, отношение диаметра к толщине). Особенностью химических процессов J-KEM является широкое технологическое окно режимов металлизации и химической обработки, реализация на российских предприятиях покрытия отверстий с высоким соотношением диаметра к толщине



1 6

Стенд компании J-KEM



17

Новое поколение прижимных пят IPF-3

(до 1:24). Были также продемонстрированы технологии заравнивания отверстий до 200 мкм в диаметре. Также следует отметить, что химические концентраты всегда доступны российским клиентам со склада в городе Купавне, имеют российские ТУ, внесенные в отраслевой стандарт.

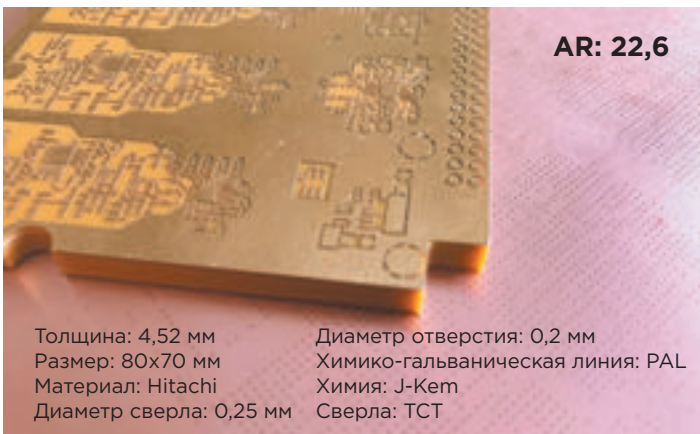
Прецизионное вакуумное травление

Лидер рынка по мокрым процессам, компания Universal, продемонстрировала линию вакуумного травления, обеспечивающую фактор травления 8+. Подсчет количества выпущенных линий ведется не в штуках, а в погонных километрах. Всего на данный момент производитель выпустил около 120 км линий мокрых процессов, а четыре завода компании позволяют производить 1 км линий в месяц.



AR: 22,6

Толщина: 4,52 мм.
Диаметр отверстия после покрытия: 0,2 мм



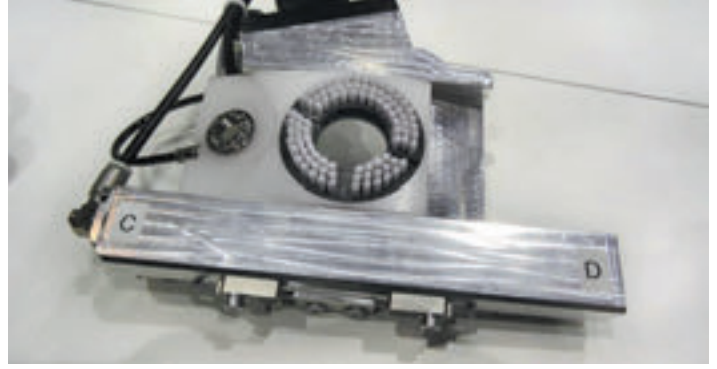
AR: 22,6

Толщина: 4,52 мм
Размер: 80x70 мм
Материал: Hitachi
Диаметр сверла: 0,25 мм

Диаметр отверстия: 0,2 мм
Химико-гальваническая линия: PAL
Химия: J-Kem
Сверла: ТСТ

18

Пример плат с высоким соотношением диаметра к толщине



Линии отличаются удобным обслуживанием, все детали конвейера, коллекторов имеют свои номера, а схема сборки располагается прямо на корпусе.

Для линий высокой производительности смена фильтров осуществляется без остановки технологического процесса производства, а рядом с линией располагается автоматическая лаборатория химических анализов для оперативной автоматической коррекции. Инновационный транспортный конвейер позволяет обрабатывать слои от 23 мкм с проводниками от 20 мкм. Компания приобрела права на известную итальянскую марку IS (International Suppliers), и европейские конструкторы теперь воплощают задумки заказчиков по всему миру.

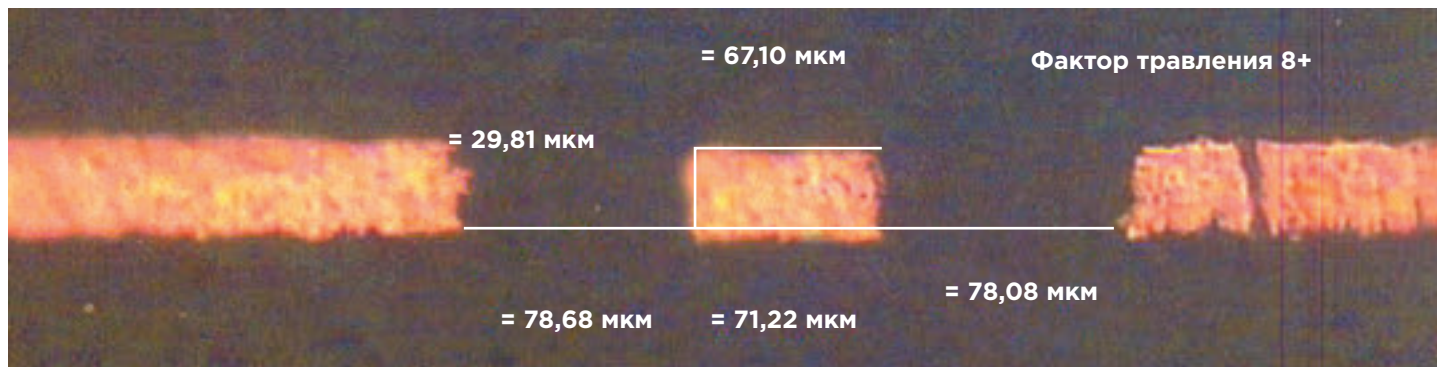
Механическая подготовка поверхности слоев от 20 мкм

Уникальную установку механической подготовки поверхности представила на своем стенде итальянская компания Pola&Massa. Благодаря инновационному конвейеру и уникальной механической системе установка может готовить поверхность сверхтонких диэлектриков (от 25 мкм толщиной). Механическая подготовка – бо-



19

Линия прецизионного вакуумного травления Universal



20

Микрошлиф топологии рисунка, линия Universal

более экономичный, экологичный и удобный процесс по сравнению с химической обработкой. При механической подготовке слоев с отверстиями полностью отсутствует риск вытравливания металлизации отверстий из-за некорректного состава раствора микротравителя.

Планаризованное покрытие HASL

Нововведения также не обошли участок горячего лужения печатных плат. В установках вертикального горячего лужения произошли конструкционные изменения, связанные с особенностями нового линейного привода. Цифровой привод позволяет выполнять более точную настройку скорости, остановки/старта, вибрации и т. д.

Машина Digital Drive+ контролирует давление воздуха, создание технологического режима и протоколирование параметров процесса. Параметры процесса могут выводиться на карту памяти или сеть предприятия для последующего перехода к Индустрии 4.0.

При усовершенствовании конструкций изделий электронной техники также необходим процесс горячего лужения, который реализуется на различных типах базовых материалов. В установках данного британского производителя Семсо это требование реализовано большим разнообразием оснастки для закрепления заготовок и печатных схем:

- держатели с различными размерами под разные толщины плат;
- пневматический клампинг;
- оснастка для лужения гибко-жестких печатных плат;
- использование специальных материалов для «защиты» золотых КП;
- лужение фрезерованных печатных плат.

Элементы Индустрии 4.0

Итальянский производитель конвейерных линий из нержавеющей стали и автоматизации Pola&Massa продемонстрировал инновационную универсальную мобильную систему загрузки/разгрузки сверхтонких заготовок HERON.

Особенностью системы является возможность перемещать загрузчик/разгрузчик между линиями мокрых

процессов, прокладывать деликатные материалы пластиковыми листами и в реальном времени считывать QR-коды на заготовках для выбора режимов обработки на последующей линии и внесения информации по прошедшим заготовкам в ERP-систему. Робот контролирует размер заготовки с помощью опционального датчика, также может самостоятельно контролировать толщину фольги, ис-



21

Новый привод установки горячего лужения



22

Установка подготовки поверхности ультратонких заготовок Pola&Massa



2 3

Интеллектуальный автоматический загрузчик/разгрузчик Pola&Massa

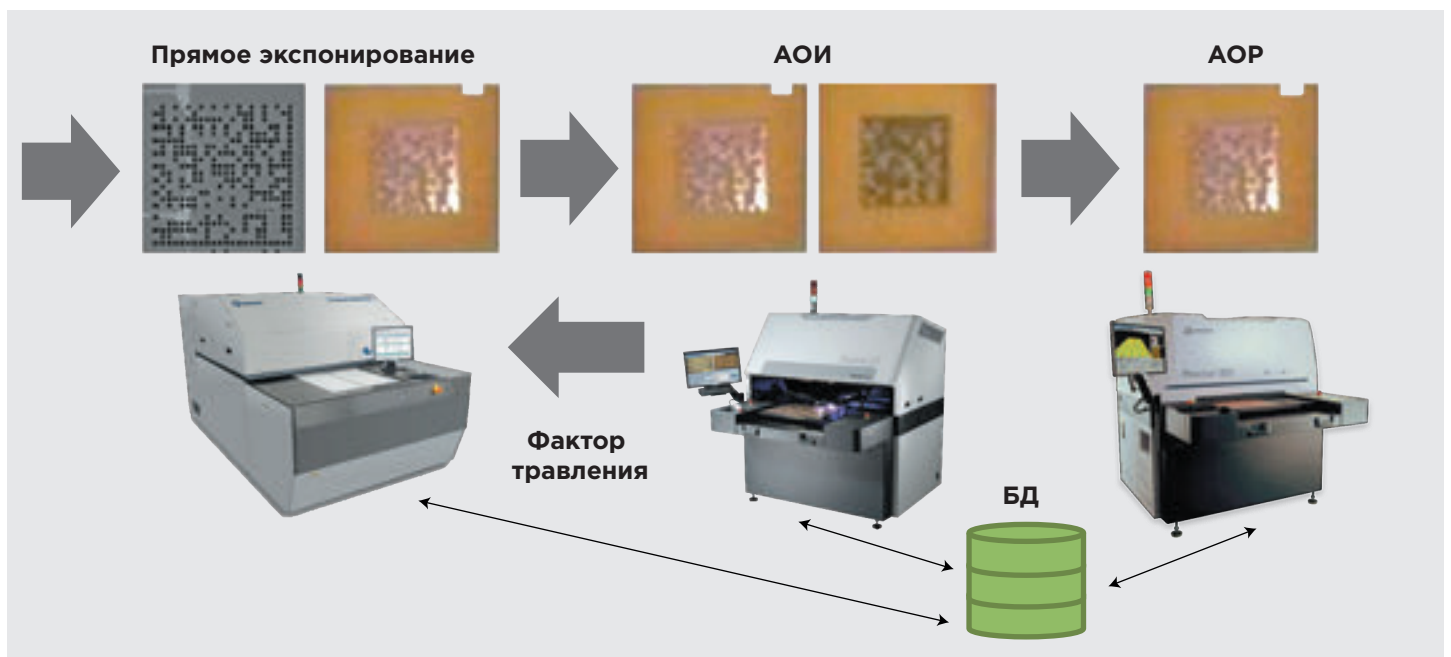
ключая человеческий фактор. Особенность применяемой «руки» заключается в безопасности – здесь не требуется внешнее ограждение. Например, если рабочий по неосторожности коснется рукой установки, она тут же остановится, что исключит производственные травмы.

Система HERON является универсальным загрузчиком/разгрузчиком заготовок разного размера толщиной от 0,02 до 10 мм, а компактный размер позволяет разместить его даже в ограниченных пространствах.

Компания Orbotech также представила решение AppFactory для реализации концепции Индустрии 4.0 в производстве. Например, при контроле на АОИ происходит запись по QR-коду величины подтравы для данной заготовки, информация о дефектах передается на установку. А специальное программное обеспечение позволяет провести

анализ в реальном времени и скорректировать фактор подтравы в САМ-файлах на установках экспонирования. Имея информацию об усадке слоев после прессования (например, из базы данных установки X-Ray Matic, фирмы VF), можно автоматически корректировать масштаб для слоев при последующем запуске данной платы или платы аналогичной конструкции.

На выставке Productronica 2017 было представлено немало интересных решений для построения гибких производств в соответствии с новыми тенденциями в области революционного прототипирования и сокращения цикла производства печатных плат. Мы желаем российским производителям печатных плат успешных внедрений новых технологических процессов и подходов, продемонстрированных в Мюнхене! ▣



2 4

Идеология коррекции фактора травления Orbotech