

04 (17) август 2015

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал



КАЧЕСТВО

Денис Поцелуев

26

ДОВЕРЯЙ, НО ПРОВЕРЯЙ:
КАК ПРАВИЛЬНО
КОНТРОЛИРОВАТЬ СОСТОЯНИЕ
ОТМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ
НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ



ОПТИМИЗАЦИЯ

Станислав Гафт

40

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА. ОРГАНИЗАЦИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
РАБОЧИХ МЕСТ ТЕХНОЛОГОВ
В ЦСУП «ЛОГОС»

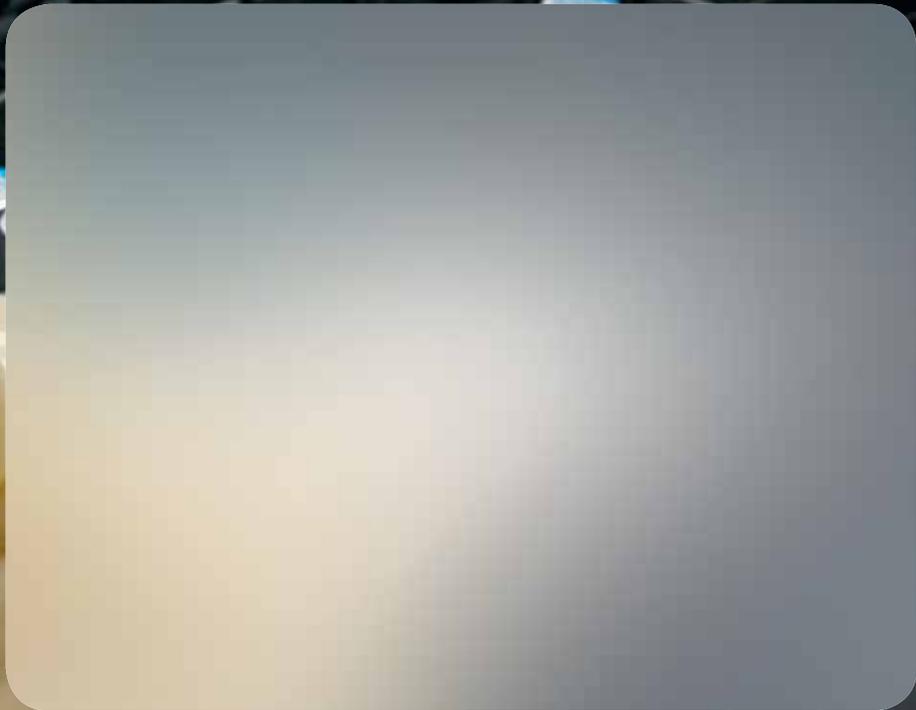


ТЕХПОДДЕРЖКА

Илья Нотин

58

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДИСКОВОЙ РЕЗКИ



Видеть сегодня изделия будущего невозможно,

НО ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПАУНДОВ В ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ — НЕОБХОДИМО



Остек представляет современные системы подготовки, смешивания и дозирования материалов DOPAG. Они позволяют автоматизировать применение большинства клеев, герметиков и компаундов; повышают производительность и стабильность процесса; экономят расходные материалы и выводят производства на новый, современный уровень.

ОБОРУДОВАНИЕ DOPAG — ЭТО:

- автоматизация процессов применения клеев, герметиков и компаундов с любым количеством компонентов;
- автоматизация процесса использования отечественных материалов, в том числе **Виксинт У-1-18, У-2-28, У-4-21, ПК-68, К-68, ВК-9, ЭЗК-6** и др.;
- автоматизация процесса использования материалов с наполнителями, включая кварцевый песок и алюминиевую пудру;
- коэффициент смешивания от 100:100 до 100:0,25;
- возможность дегазации, заливки в вакууме и координатного нанесения.



будущее
создается

www.ostec-dispensing.ru
000 «Остек-Интегра»
(495) 788 44 44
dispensing@ostec-group.ru
www.ostec-group.ru



Решения в области заливки и герметизации



Уважаемые читатели!

С 9 по 13 ноября пройдет ведущая выставка в области новейших и передовых технологий производства радиоэлектронной аппаратуры Productronica-2015 (Мюнхен, Германия). Как спортсмены готовятся показать лучшие результаты на Олимпийских играх, так и все ведущие производители оборудования и материалов готовятся представить все самое новое и современное на этой выставке, проходящей один раз в два года.

За свою почти 25-летнюю историю Остек не пропустил ни одной выставки Productronica. Самыми яркими впечатлениями о событиях прошедших мероприятий мы делились в специальных выпусках нашего научно-практического журнала.

Со временем к нам стали присоединяться наши уважаемые заказчики, а формат участия расширился от простого посещения до полноценного участия со стендом и демонстрацией продуктов и услуг собственной разработки. С большим интересом воспринимаются организованные нами экскурсии по выставке с посещением стендов таких тематических разделов, как: организация производства ГИС, электронных компонентов и микросборок, производства печатных плат, в т. ч. со встроенными компонентами, производства сборки печатных узлов, производства трехмерных схем на пластиках, производства кабельных/жгутовых

изделий; электрическое тестирование, параметрический контроль, технологии испытаний.

«Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать», поэтому кроме участия в выставке мы даем возможность нашим заказчикам посетить настоящие действующие производства в области электроники и радиоэлектроники. В этом году мы посетим компанию Rhode&Schwarz, с которой вы можете познакомиться в статье «Как совместить несовместимое? Визит в компанию Rhode&Schwarz Messgeratebau», компанию Voxeljet, о которой мы рассказывали в предыдущем номере нашего журнала в статье «3D-принтеры компании Voxeljet: как стартап становится бизнесом». Уникальную возможность пройти практикум в Zestron Academy предложила компания Zestron. Об одном из важнейших аспектов в обеспечении качества отмывки вы можете прочитать в статье «Доверяй, но проверяй: как правильно контролировать состояние отмывочных жидкостей на водной основе».

Следуя уже сложившейся традиции, мы обязательно напишем о впечатлениях, новинках и открытиях выставки Productronica-2015.

Может быть, кто-то из наших уважаемых читателей захочет увидеть все это своими глазами? Напишите нам!

Антон Большаков, директор по маркетингу

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- | | | | |
|---|--|---|---|
| 4 | НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ РАЗВИТИЯ
ПО «ГЕФЕСД» | 6 | НОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЛАЗМЕННОЙ
ОБРАБОТКИ СЕРИИ SPHERE |
| 5 | КОМПАНИЯ SREA АНОНСИРОВАЛА
НОВИНКИ НА ВЫСТАВКЕ
«SEMICON WEST 2015» | 7 | EV GROUP ВЫВОДИТ
НАНОИМПРИНТНУЮ ЛИТОГРАФИЮ
НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ С ПОМОЩЬЮ
СИСТЕМ HERCELES® NIL |



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 8

ПЕРСПЕКТИВЫ

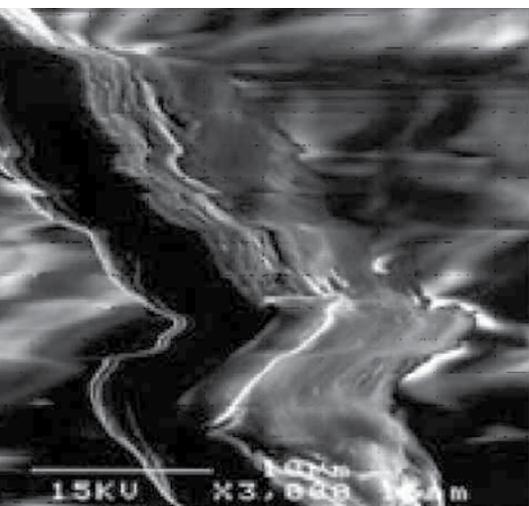
**КАК СОВМЕСТИТЬ НЕСОВМЕСТИМОЕ? ВИЗИТ В КОМПАНИЮ
RONDE&SCHWARZ MESSGERATEBAU 8**

Автор: Илья Шахнович

ТЕХНОЛОГИИ

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ТОНКИХ СТРУКТУР. РАСТРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
МИКРОСКОПИЯ. ЧАСТЬ 3 18**

Автор: Андрей Ляпин



ТЕХНОЛОГИИ стр. 18

КАЧЕСТВО

**ДОВЕРЯЙ, НО ПРОВЕРЯЙ: КАК ПРАВИЛЬНО
КОНТРОЛИРОВАТЬ СОСТОЯНИЕ ОТМЫВОЧНЫХ
ЖИДКОСТЕЙ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ 26**

Автор: Денис Поцелуев

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ
В MES-СИСТЕМЕ СМАРТ 34**

Автор: Денис Кулицкий



КАЧЕСТВО стр. 34



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 54

ОПТИМИЗАЦИЯ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА. ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
РАБОЧИХ МЕСТ ТЕХНОЛОГОВ В ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЕ
УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ «ЛОГОС» . . . 40**

Автор: Станислав Гафт

**ЗАЛИВКА ВЧЕРА И СЕГОДНЯ.
ВИЗИТ В КОМПАНИЮ «СОКОЛ-АТС» 49**

Автор: Сергей Назин

**ТЕСТЕР VOLTECH AT3600. ПРЕИМУЩЕСТВО
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ 54**

Автор: Алексей Юдин

ТЕХПОДДЕРЖКА

**НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСКОВОЙ РЕЗКИ 58**

Автор: Илья Нотин

**ИТОГИ СЕМИНАРА «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЖКХ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ» 64**

Автор: Кирилл Шелешков



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 58

АВТОРЫ НОМЕРА

- Илья Шахнович**
Заместитель главного редактора журнала
«Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Андрей Ляпин**
Главный специалист отдела неразрушающего
контроля и научно-исследовательского
оборудования ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru
- Денис Поцелуев**
Начальник отдела продаж
ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru
- Денис Кулицкий**
Ведущий специалист отдела проектов
Направления программных продуктов
ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru
- Станислав Гафт**
Генеральный директор
ООО «Остек-Инжиниринг»
okp1@ostec-group.ru
- Сергей Назин**
Старший специалист по продажам группы
финишной сборки ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru
- Алексей Юдин**
Ведущий инженер группы технологического
сопровождения ООО «Остек-Электро»
nec@ostec-group.ru
- Илья Нотин**
Инженер отдела технического
сопровождения ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Кирилл Шелешков**
Начальник отдела энергоконсалтинга
Направления энергоэффективности
ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru

НОВОСТИ

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ РАЗВИТИЯ ПО «ГЕФЕСД»

22 июля 2015 года ООО ПО «ГЕФЕСД» стало членом Торгово-промышленной палаты Владимирской области и ТПП Российской Федерации. Торгово-промышленная палата — уникальная структура, которая представляет интересы малого, среднего и крупного бизнеса, охватывая все сферы предпринимательства. Членам ТПП предоставляется полный комплекс услуг по сопровождению бизнес-процессов.

Вступление в ТПП позволит предприятию повысить качество обслуживания заказчиков и производственную эффективность благодаря проводимому ТПП обучению менеджеров продаж и топ-менеджеров по направлениям ведения бизнеса; при активном содействии и поддержке ТПП представлять свою продукцию на выставках регионального, федерального и международного уровня, выходить на внешние рынки сбыта промышленной мебели.

В краткосрочной перспективе ПО «ГЕФЕСД» ждут масштабные изменения:

- В 2016 г. планируется сертификация системы менеджмента качества (СМК) ООО ПО «ГЕФЕСД» в рамках единой СМК Группы компаний Остек в соответствии с требованиями ISO 9001:2008 и ГОСТ ISO 9001-2011. Орган сертификации — Бюро Веритас Сертификейшн Русь.
- Конструкторско-технологической службой ПО «ГЕФЕСД»

- при активном участии ГК Остек ведутся работы по разработке новой инновационной линейки промышленной мебели и выходу на новые перспективные рынки.
- Начата реорганизация предприятия с целью развития, расширения, переоснащения и модернизации технической, производственной и технологической базы.
- Совместно с ТПП Владимирской области и областной администрацией планируется проведение ряда мероприя-

- тий по участию ПО «Гефесд» в Федеральных и Региональных программах по поддержке промышленных предприятий.
- Ведутся работы по поиску и внедрению новых инновационных материалов, применяемых при производстве антистатической промышленной мебели GEFESD для повышения конкурентоспособности и качества конечного продукта. 



КОМПАНИЯ SPEA АНОНСИРОВАЛА НОВИНКИ НА ВЫСТАВКЕ «SEMICON WEST 2015»

Компания SPEA, партнер ГК Остек, приняла участие в выставке-конференции полупроводниковых материалов и оборудования «Semicon West 2015», которая проходила в Сан-Франциско с 14 по 16 июля. На стенде компании демонстрировались высокопроизводительные и экономически эффективные средства тестирования полупроводниковой продукции и МЭМС.

DOT400: Революция в технологиях тестирования сигналов смешанного типа

Новая платформа отвечает потребностям низкобюджетных, компактных, легко конфигурируемых тестовых систем, обладающих высокой точностью измерений и широкими функциональными возможностями. Тестер идеально подходит под потребности производств полупроводниковых компонентов в автомобильной промышленности, компонентов для систем освещения, преобразователей, МЭМС и других областей.

Высокая плотность инструментария и оптимальная конструкция позволили вместить мощный тестовый комплекс в очень компактную систему (50 x 50 x 60 см), которая может быть непосредственно состыкована с зондовой установкой для контроля полупроводниковых пластин или использоваться в качестве настольной системы без манипулятора. Новое поколение инструментов предлагает возмож-

ности параллельного тестирования с обеспечением высокой целостности сигналов благодаря специализированному приборному интерфейсу, которым оснащен каждый инструмент.

Конструкция системы и инструментария обеспечивает возможность простого и быстрого изменения конфигурации под постоянно меняющиеся потребности производства. Три мощных инструмента включают все ресурсы, полностью удовлетворяющие потребности тестирования большинства устройств со смешанными сигналами. Конфигурация системы может быть адаптирована под определенную продукцию, позволяя избежать бесполезной и дорогостоящей функциональной перегруженности системы. Изменение конфигурации выполняется просто, при этом мобильность системы сохраняется благодаря компактным размерам и механизму стыковки, не требующему манипулятора.

Тестовый технологический комплекс для МЭМС: новый шаг вперед

Впервые представленная на выставке «Semicon West» в 2008 году линейка оборудования для тестирования МЭМС компонентов стала началом непрерывного развития.

Модульная архитектура оборудования, сочетающая в себе функции захвата и подачи компонента для испытаний и позволяющая прово-

дить функциональное тестирование или калибровку при физическом воздействии на компонент (включая воздействие температуры), сегодня расширена дополнительными стимулирующими модулями, способствуя увеличению производительности и точности.

Диапазон тестируемых устройств включает инерционные МЭМС, датчики давления, магнитные МЭМС и МЭМС с девятью степенями свободы, датчики приближения, датчики влажности, МЭМС-микрофоны, УФ-датчики с возможностью изменения конфигурации оборудования и применением различных модулей воздействия.

Система манипулирования позволяет производить захват и подачу компонентов размером от 1 x 1 мм с производительностью более 33 000 компонентов/час. 





НОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СЕРИИ SPHERE

Компания Nordson MARCH, мировой лидер в области систем плазменной обработки, объявила о начале выпуска систем серии SPHERE для областей корпусирования на уровне пластин и трехмерной интеграции. Построенная на базе серии TRACK новая линейка включает системы TrophoSPHERE™ и StratoSPHERE™.

Эти системы позволяют очищать поверхности от органических загрязнений, удалять фоторезисты и полимерные пленки, осуществлять травление диэлектриков, обработку столбиковых выводов на полупроводниковых пластинах и снимать напряжение пластин. Обе системы поддерживают автоматизированное перемещение, обработку круглых и квадратных пластин, а также позволяют работать с тонкими пластинами как на носителе, так и без него.

Дифференциация модельного ряда серии SPHERE заключается в различии размеров камер. Так, система TrophoSPHERE™ имеет самую компактную камеру и создана для обработки пластин и подложек размерами от 76 до 200 мм с высокой производительностью. Система StratoSPHERE™ позволяет обрабатывать подложки и пластины размером до 300 мм. Обе системы оснащаются камерами, которые обеспечивают исключительную равномерность травления и высокую повторяемость. Модули управления систем делают возможной обработку короткими циклами с очень низкими затратами, что гарантирует высокую производительность и малую стоимость владения.

«Системы серии SPHERE — это простой путь к решению проблем загрязнений, возникающих в процессе полупроводникового производства, — комментирует Джонатан Доан, директор по маркетингу Nordson MARCH. — Наши системы плазменной обработки могут быть использованы не только для очистки пластин, но и для травления, а также удаления остатков фоторезиста». 



EV GROUP ВЫВОДИТ НАНОИМПРИНТНУЮ ЛИТОГРАФИЮ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ HERCULES® NIL

Компания EV Group (EVG), ведущий производитель систем сварки пластин и литографического оборудования для МЭМС, нанотехнологии и полупроводниковой промышленности, представила полностью интегрированную систему HERCULES® NIL, которая позволяет осуществлять очистку, нанесение фоторезиста, термическую обработку и полноразмерную наноимпринтную литографию в одной системе. Обеспечивая ведущую в отрасли производительность, HERCULES NIL представляет собой законченное решение для УФ НИЛ, идеально подходящее для массового производства в быстрорастущей области фотоники. Система позволяет формировать структуры размерами от десятков нанометров до нескольких микрометров, что дает возможность варьировать или улучшать оптический отклик поверхностей и устройств, в том числе просветляющих слоев, светофильтров, оптических волноводов, структурированных сапфировых подложек, используемых при производстве светодиодов и т. д. Другими активно развивающимися областями применения НИЛ являются МЭМС, НЭМС, биотехнология и нанoeлектроника.

«HERCULES® NIL демонстрирует в действии философию трех «и» компании EVG: «изобретение-инновация-использование», — заявил Пол Линднер, исполнительный директор компании EVG. Система HERCULES® NIL обобщила опыт компании EVG в области НИЛ, работы с фоторезистами и интегри-



рованные решения для массовых производств, обеспечивающих непревзойденную производительность (40 пластин диаметром 200 мм в час). Система построена на базе модульной платформы, которая позволяет использовать разнообразные материалы и получать структуры широкого диапазона размеров, обеспечивая гибкость при решении производственных задач, а полностью закрытая конструкция минимизирует риск загрязнения.

Ключевые особенности системы:

- полностью автоматизированная УФ НИЛ и разъединение с малым усилием;
- возможность работы с подложками диаметром до 200 мм;
- полноразмерная НИЛ, позволяющая избежать проблемы рассовмещения, присущие системам пошаговой литографии;
- массовое производство изделий с размерами структур до 40 нм;
- высокая равномерность нанесения ($\pm 1\%$), обеспечивающая минимальную толщину остаточного слоя и однородность размеров структур;

- возможность получения широкого спектра структур различных форм и размеров, включая трехмерные структуры;
- возможность работы с подложками с развитой топологией;
- возможность изготовления многоразовых мягких штампов, увеличивающая ресурс эталонных штампов.

Системы HERCULES® NIL доступны для заказа. Ряд ведущих производителей фотонных устройств уже использует HERCULES® NIL в рамках своих массовых производств. 

ПЕРСПЕКТИВЫ

Как совместить ? несовместимое ?

ВИЗИТ В КОМПАНИЮ ROHDE & SCHWARZ MESSGERATEBAU

Текст: **Илья Шахнович**

”

Может ли завод, собирающий в месяц порядка 50 тыс. сложных плат, около пяти тысяч приборов более чем 300 типов, работать исключительно на заказ, выпуская малые партии и даже штучные изделия? Особенно если речь идет о предприятии, производящем наиболее современное контрольно-измерительное оборудование? Оказывается, может. Именно так действует основное производственное предприятие корпорации Rohde & Schwarz — компания Rohde & Schwarz Messgeratebau, расположенная в Меммингене. Мы посетили это предприятие, чтобы понять, за счет чего удастся совместить, казалось бы, несовместимое: объемы выпуска серийного завода с мелкосерийным многономенклатурным производством под заказ.



Компания Rohde & Schwarz — крупнейший в Европе и один из ведущих в мире производителей контрольно-измерительного оборудования, систем для радиовещания и защищенной беспроводной связи, средств радиомониторинга и радиопеленгации.

9 800 сотрудников Rohde & Schwarz в 70 странах мира обеспечили ей выручку в 2013–2014 фискальном году в размере 1,75 млрд евро. Штаб-квартира компании расположена в Мюнхене, где находятся администрация, сервисные, торговые и маркетинговые службы, действует центр исследований и разработок — всего 2,5 тыс. сотрудников. Продукция Rohde & Schwarz производится на нескольких собственных заводах и ряде дочерних фирм. Крупнейший завод Rohde & Schwarz — компания Rohde & Schwarz Messgeratebau — расположен в баварском городе Мемминген. Именно здесь с 1943 года выпускают сложное контрольно-измерительное оборудование, средства защищенной радиосвязи, системы военной электроники. На производственных площадях 57 тыс. кв.м действуют участки микроэлектроники, монтажа печатных плат, сборки и тестирования готовой продукции, отделы разработок, учебный центр и т. д.

Свыше 1 200 работников производят здесь продукцию, формирующую более половины (1,063 млрд евро) торгового оборота Rohde & Schwarz. Ежемесячно в среднем заказчикам отгружается — и доставляется! — 4 770 сложнейших приборов — включая векторные анализаторы цепей и измерители мощности с частотой до 110 ГГц, анализаторы спектра с частотами до 67 ГГц.

Одна из важнейших особенностей: несмотря на огромные для столь сложного производства объемы выпуска предприятие работает в режиме мелкосерийного многономенклатурного производства. Практически все (!) изделия изготавливаются на заказ с учетом конкретных требований клиентов. В среднем в месяц производится 4 770 приборов 314 различных типов — то есть всего 15 приборов одного типа. В каждом приборе свыше девяти печатных плат. За год предприятие выпускает почти 600 тыс. печатных плат 2 145 различных типов; причем в среднем на плате 767 компонентов. И при этом — внимание! — срок доставки заказа клиентам с момента его оформления составляет три-четыре недели. У завода в Меммингене нет склада готовой продукции, все поставки производятся по мере выпуска изделий.

Как организовано столь уникальное многономенклатурное производство, за счет чего обеспечивается высочайшее качество продукции, как решаются традиционные проблемные вопросы кадрового обеспечения? С этими и многими другими вопросами мы приехали в Мемминген, в компанию Rohde & Schwarz Messgeratebau.

О структуре предприятия нам рассказал Вольфганг Шмид (Wolfgang Schmid), менеджер проектов по сервису трансфера технологий и продуктов.

Компания Messgeratebau была создана в 1941 году. В 1943 году фабрика в Меммингене приступила к производству контрольно-измерительного оборудования, средств радиосвязи и радиопеленгации. За минувшие годы предприятие Rohde & Schwarz достигло высочайшего уровня в области производства приборов и систем, модулей, в сфере технологий тестирования, проектирования, логистики, а также в услугах по производству приборов микроэлектроники, техподдержки и многого другого.

Одно из важнейших подразделений компании — отдел микроэлектроники, где работают 130 специалистов. Они изготавливают микроэлектронные компоненты, микросборки и СВЧ-модули для соответствующего высокотехнологичного оборудования. Там выполняются такие операции, как: разварка кристаллов (например, 17,5-мкм золотой проволокой), монтаж кристаллов на различные подложки (в т. ч. керамические, на основе материалов Rogers и т.п.), монтаж методом перевернутого кристалла (flip-chip), проводится микросварка золотыми и серебряными полосками, эмалированным медным проводом и т.д.

Очень важное значение мы придаем технологиям тестирования. Если в головном офисе Rohde & Schwarz в Мюнхене разрабатываются сами приборы, то специалисты нашего отдела технической поддержки создают контрольно-измерительные комплексы и системы, включая тестовое программное обеспечение. Эти системы используются как в отделах тестирования, так и в сервисных центрах Rohde & Schwarz по всему миру, а также для сторонних заказчиков. В частности, на нашем производстве есть более 200 измерительных систем для проверки собранных плат, более 180 тестовых систем для испытаний готовой продукции, свыше 2 700 тестовых программ. В сервисных центрах Rohde & Schwarz по всему миру действуют более 150 наших тестовых систем.

В измерительных комплексах применяются практически все современные технологии тестирования. Это и функциональные тесты, включая аналоговое и ВЧ-тестирование, и периферийное сканирование электронных узлов, и внутрисхемное тестирование. Используются тестеры с «летающими» зондами, встроенные программы самотестирования и т.п. В измерительных комплексах мы, в основном, используем собственные



инструменты, но можем применять и приборы сторонних производителей.

Огромную роль в работе предприятия играет отдел разработок. Одно из важнейших направлений его деятельности — сопровождение выпускаемой продукции на протяжении всего ее жизненного цикла. Это — особый вызов для инженеров Rohde & Schwarz. Ведь в некоторых отраслях, например, в авиации, военной технике приборы Rohde & Schwarz используются до 15–20 лет — и это говорит о высоком качестве нашей продукции. Кроме того, отдел инжиниринга, специализирующийся на управлении снятыми с производства компонентами, занимается поиском аналогов для элементов и доработкой конструкции устройств.

Однако сердце предприятия — участки сборки электронных модулей, изготовления и тестирования финальной продукции. Давайте посмотрим на них.

Итак, мы в цехе монтажа печатных плат. Номенклатура для серийного предприятия огромна, например, в 2013 году было собрано 2 145 различных типов плат. В среднем в месяц монтировалось 49 722 печатные платы. Это мало для производств, ориентированных на один тип печатных плат, например, для сотовых телефонов. Но при столь широком спектре продукции — это очень много. Всего же за год было установлено 444 млн компонентов. В среднем на плате используются 767 компонентов 116 различных типов. Сами печатные платы могут содержать до 18–20 слоев с габаритами до 450 × 600 мм.

Цех монтажа печатных плат впечатляет своими размерами, но пара моментов просто удивительны. Прежде всего, это система подготовки производства. Она начинается с автоматизированного склада. Несколько рядов с боксами до потолка, причем есть боксы как с нормаль-



Производственный комплекс
Rohde & Schwarz Messgeratebau
в Меммингене

ной влажностью, так и шкафы сухого хранения. Склад обслуживают девушки-операторы, у каждой — телефонная гарнитура, наушник с микрофоном. Подбором комплектующих для заказа управляет компьютер. Он голосом (!) сообщает оператору, к какому стеллажу подойти и какую катушку с компонентами забрать. На каждой катушке — контрольный номер. Взяв ее, оператор произносит этот номер в микрофон. Если все нормально, в ответ слышит «Ок», если нет — загорается красный свет.

Отдельный участок в цехе предназначен только для подготовки питателей. Сюда приносят катушки с компонентами со склада, и уже другая команда заряжает их в питатели и устанавливает на тележки.

Конечно, помимо склада SMD-компонентов есть склад других комплектующих, в том числе механических элементов. Этот склад также автоматизирован, компоненты в нужное время доставляются в нужное место. Все конвейерные транспортеры находятся под потолком, что очень удобно для работников.

Монтажный цех оснащен четырьмя линиями поверхностного монтажа в достаточно традиционной комплектации: трафаретные принтеры Eкра, автоматы установки SIPLACE компании ASM, конвекционные печи оплавления в среде азота, установки автоматической оптической инспекции. Помимо конвекционных печей используется селективная пайка, а также пайка волной — все в среде азота. Наличие столь различных технологий пайки связано, в том числе, и с тем, что некоторые продукты компания Rohde & Schwarz должна поддерживать в течение 15–20 лет, соответственно, необходимо сохранять и соответствующие технологии.

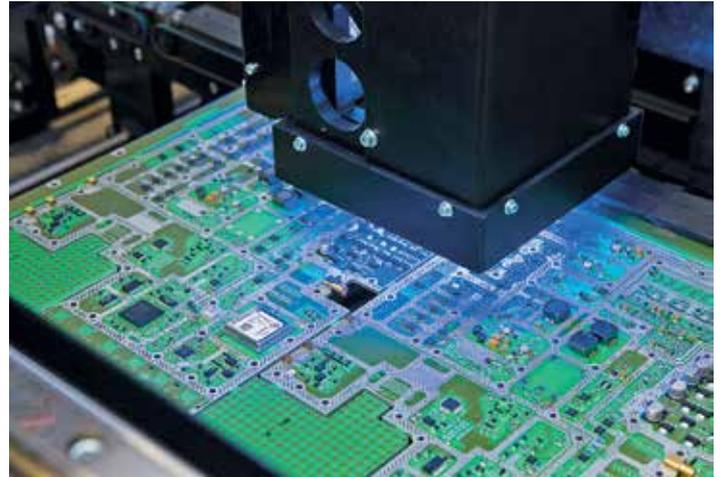
Конечно, используются различные виды инспекции — оптическая, контроль нанесения паяльной пасты, рентгеновский контроль. Оптической инспекции под-

вергаются все платы — установки стоят в конце каждой линии. Рентгеновский контроль — выборочный, обычно проверяется каждое 10 изделие из партии. Но если рентген выявил ошибку, просматриваются уже все изделия партии.

Автоматически монтируется до 99 % всех компонентов. Но часть компонентов, например кабели, паяются вручную. А 1 % от 444 млн компонентов в год — это немало. Поэтому ручному монтажу уделяется большое внимание. Типичное рабочее место монтажника оснащено компьютером со сборочными инструкциями, микроскопом, паяльным инструментом, оно очень хорошо освещено. Что необычно — можно регулировать высоту стола, чтобы меньше утомляться при работе. На многих рабочих местах вытяжная вентиляция — локальная, не связанная с общей вытяжкой, что обеспечивает большую гибкость. При этом качество воздуха в цехах гарантированно высокое. Об этом, в частности, говорит тот факт, что в 2013 году предприятие выиграло специальный приз «За большую заботу о здоровье сотрудников».

Функциональное тестирование плат и сборка готовой продукции находятся в других помещениях. Тестирование собранных плат происходит на специальных стендах. При обнаружении ошибки работник принимает решение, может ли он сам устранить неисправность или должен обратиться к эксперту. Для этого сотрудники хорошо обучены — здесь работают и высококвалифицированные рабочие, и техники, и инженеры — полный спектр специалистов.

Участки финальной сборки включают несколько производственных линий. Специалист, собирающий прибор, думает только о сборке. О том, чтобы доставить ему все комплектующие, заботятся сотрудники отдела логистики. Каждый элемент прибора снабжен штрихкодом, он



считывается ручным сканером после завершения каждой операции. Это исключает ошибки комплектования приборов и обеспечивает полную прослеживаемость.

На участке тестирования происходит 100 % проверка всех параметров прибора, формируется отчет об испытаниях, который прилагается к инструменту при отправке заказчику. Приборы проходят климатические испытания в термокамерах в условиях особой нагрузки при изменении температуры. При необходимости заказчики могут сами проводить приемочные испытания (аналог нашей приемки заказчиком), пользуясь всем арсеналом тестового оборудования и помощью специалистов Rohde & Schwarz. На предприятии действует сертифицированная калибровочная лаборатория.

Собранные приборы упаковываются. Этой процедуре также придается большое значение. Примечательно, что на предприятии работает группа специалистов, занимающаяся разработкой упаковки с учетом возможных воздействий при транспортировке.

Упакованные приборы направляют в хранилище, которое находится в километре от предприятия. Это буферный склад, откуда отдел грузовых перевозок материнской компании Rohde & Schwarz доставляет заказы по всему миру. Склада готовой продукции на предприятии нет вообще, и это тоже его особенность.

Но самое удивительное, напомним — предприятие выпускает почти 5 тыс. приборов в месяц, причем 314 типов различных приборов. Огромный объем маленьких партий. Как с этим справляется производство без потери эффективности и качества? С этими вопросами мы обратились к президенту компании Rohde & Schwarz Messgeratebau Юргену Штайгмюллеру.

ROHDE & SCHWARZ: ФИЛОСОФИЯ КАЧЕСТВА

Рассказывает президент компании Rohde & Schwarz Messgeratebau Юрген Штайгмюллер (Jurgen Steigmuller)

Господин Штайгмюллер, почему ваше предприятие выпускает продукцию исключительно на заказ, малыми партиями? Это ведь очень сложно. И как при этом удается совмещать несовместимое: объемы выпуска серийного завода и работу в режиме заказного мелкосерийного многономенклатурного производства, обеспечивая при этом высочайшее качество продукции?

Наша философия такова — мы каждый день стараемся делать все лучше, чем вчера. А что значит «лучше» для клиента? Прежде всего, чтобы продукция была качественной, надежной и поставлялась в желаемый клиентом срок. Поэтому цель работы предприятия — выполнить заказы клиентов и доставить им продукцию в максимально короткий срок. В идеале, заказ пришел сегодня — мы производим завтра, в этом тоже наша философия. Поэтому каждый день мы думаем о том, как завтра выполнить заказ быстрее, чем вчера, повысив при этом качество процессов. Можно сократить срок выпуска, только оперируя малыми партиями — в идеале, единицами изделий. Поэтому наше производство ориентировано на небольшие объемы при очень широкой номенклатуре.

Важна для заказчиков и цена, хотя я вижу ее в контексте преимуществ, которые получает клиент вместе с нашим контрольно-измерительным решением. У наших пользователей есть задачи, которые они могут решить с помощью оборудования Rohde & Schwarz. По-



этому здесь уместнее говорить не об абсолютной цене, а о стоимостной эффективности. Учитывая ее, не могу сказать, что изделия Rohde & Schwarz дороги — напротив, у них хорошее соотношение цена-качество. От многих конкурентов мы отличаемся качеством, полной технической документацией, техническим совершенством решений.

Как можно снизить цену? С помощью правильного дизайна прибора, удачной закупки и постоянного улучшения процессов производства. В соответствии с нашей модульной концепцией прибор состоит из базового набора элементов и опциональных модулей. Это позволяет сконфигурировать его в соответствии с потребностями клиента. Пользователь платит только за то, что ему необходимо.

Необходимость производить приборы с учетом индивидуальных потребностей клиентов не влияет на сроки выпуска?

Все дело в организации производства. Например, на участке монтажа печатных плат мы реализовали гибкую систему подготовки заказов. Цель, к которой мы стремимся — снизить время подготовки запуска нового

Наша философия — мы каждый день стараемся делать все лучше, чем вчера

заказа до 15 мин. В компании есть специальная группа планирования производства, которая группирует в один кластер заказы с использованием сходных компонентов. Комплектация для таких кластеров заряжается в питатели, устанавливается на тележки и затем каждые шесть часов одновременно загружается в сборочные автоматы. Таким образом, за одну загрузку мы обеспечиваем машину компонентами, например, для 10 заказов. И далее меняются только печатные платы, трафареты в принтерах и программы технологического оборудования. У нас есть автоматизированный склад с системой голосового управления, где подбираются SMD-компоненты. На отдельном участке готовятся тележки с питателями, пока выполняются другие заказы. В дни с наибольшей нагрузкой мы работаем в три смены и совершаем до 10 тыс. операций загрузки-разгрузки питателей!

Кроме того, у нас очень гибкий график работы. Ведь мы производим продукцию по запросам пользователей, у нас нет склада готовой продукции. Рынок плавает: например, в один месяц нужно 500 анализаторов спектра, в другой — 300, в третий — 700. Причем мы обслуживаем пользователей за очень короткое время — срок от приема заказа службой продаж Rohde & Schwarz до поставки готового устройства составляет 3–4 недели. Это хорошо для клиентов, однако есть и обратная сторона медали — мы можем планировать производство лишь на те же самые 3–4 недели. А что будет через 5 недель, я уже не знаю. Поэтому мы создали гибкую модель загрузки предприятия: в зависимости от задач пользователей возможна работа в одну, две или три смены, причем с различной продолжительностью рабочего дня. Скажем, при низкой загрузке мы можем сократить рабочую неделю работников до 20 часов — это минимум. А при высокой загрузке рабочая неделя может составлять 48 часов.

Немаловажно, что рабочие могут трудиться по гибкому графику — работать лишь тогда, когда есть работа! Для этого была создана модель гибкого рабочего времени с компьютерной системой учета. В среднем предприятие работает в 12–18 смен, с понедельника по субботу, каждая смена длится 8 часов. Возможна работа и в воскресенье, но это не типично для нас. Скажем, в 2013 году мы работали в воскресенье не более трех раз. Благодаря столь гибкой модели у нас есть возможность следовать за потребностями рынка, сохраняя сжатые сроки поставки. Пользователю ведь не важно, насколько мы загружены. Он в любом случае должен получить свой заказ через 3–4 недели.

При очень большой загрузке мы привлекаем временных работников. Можно быстро увеличить число смен, комбинируя наших квалифицированных сотрудников с временными рабочими. Таким образом, чтобы обеспечить гибкость производства, мы используем все возможности, в том числе гибкое число рабочих часов и при-

влечение временных сотрудников. Только так можно успеть за очень динамичным рынком. Например, рынок сотовой связи подвержен сезонным колебаниям. К Рождеству все хотят новый смартфон, загрузка у производителей увеличивается, и им нужно больше тестового оборудования, у нас растут заказы. Но мы к этому готовы.

Как при столь сложной организации производства удается достигать высочайшего качества, которым славится продукция Rohde & Schwarz?

Чтобы обеспечить стабильное качество, прежде всего, необходимы стабильные процессы. Специалисты по улучшению процессов и команды разработки технологий каждого отдела следят за этой стабильностью, учитывая наши высокие технологические требования. Кроме того, важно непрерывно измерять входные и выходные параметры процесса и немедленно реагировать на отклонения. Для этого мы установили на каждой линии специальные стенды, на которые вывешены так называемые индикаторы отклонений.

Второй важнейший аспект — обучение. Мы заботимся о непрерывном повышении квалификации всех сотрудников, для чего создали обширную программу обучения, покрывающую практически все потребности. Кроме того, каждый руководящий сотрудник раз в год посещает как минимум одно образцово-показательное предприятие в целях обучения и понимания того, что они могут сделать лучше в собственном отделе.

К тому же на заводе, как и во всей компании, используются специальные программные средства для планирования и управления производством. Мы применяем продукты компании SAP, мирового лидера в данной области. Это программное обеспечение используется Rohde & Schwarz по всему миру. Например, в российском офисе Rohde & Schwarz в систему вводят заказ, он в доли секунды поступает на наш завод, и после проявления деталей мы сразу можем выслать клиенту подтверждение. Таким образом, система SAP объединяет всю компанию и помогает нам справляться со многими сложностями.

Сами работники заинтересованы в достижении высокого качества? Как они мотивированы?

Да, я думаю, каждый сотрудник знает, что только довольный клиент еще раз купит продукцию Rohde & Schwarz, и что от этого, в конечном итоге, зависит его рабочее место.

Работник ежемесячно получает зарплату. И каждый год мы анализируем его производительность, качество

Цель, к которой мы стремимся — снизить время подготовки запуска нового заказа до 15 мин

работы и на этом основании перерасчитываем надбавку за производительность. Сотрудник, который работает более качественно, получит больше денег.

Однако деньги — это только один фактор. Важны и духовные ценности, например, возможность гордиться тем, что работаешь в такой фирме, как Rohde & Schwarz. И понимать, что твой труд удовлетворяет пользователей. Философия компании — высокое качество продукции — одновременно и философия наших рабочих. У нас каждый работник четко видит результаты своей деятельности. В конце рабочего дня мы подводим итоги, оцениваем выполнение плановых задач, обсуждаем ошибки, которые не хотим повторить завтра. Когда сотрудник после сделанной работы идет домой, он точно знает, был ли это хороший день: мы выполнили задачу; интенсивность дефектов ниже, чем вчера; продукция отгружена; заказчик доволен. И это — важный фактор мотивации сотрудника. Он горд, что работает в компании Rohde & Schwarz, поскольку многие пользователи с удовольствием используют продукцию Rohde & Schwarz.

Любой, даже самый высококвалифицированный работник допускает ошибки. Но задача системы контроля качества — сделать так, чтобы изделие с ошибкой не вышло за заводские ворота. Как вы этого достигаете?

Прежде всего, у нас ошибки не запрещены, поскольку мы можем на них учиться. Важно лишь выявить причину ошибки, принять соответствующие меры и не допускать ее впредь. Каждая ошибка должна быть обнаружена на заводе, чтобы ни одна из них не дошла до пользователя. Мы очень внимательно за этим наблюдаем и можем с гордостью утверждать, что у нас показатель DoA (Dead on Arrival — неработоспособность оборудования после доставки заказчику) — мирового класса. Мы непрерывно контролируем эти три основных показателя: качество, время и стоимость (КВС). И подобный непрерывный процесс решения проблем действует на каждом уровне управления предприятием. На практике это

выглядит следующим образом: в конце смены на каждой производственной линии начальник участка собирается со своими работниками у доски с индикаторами отклонений и они обсуждают, что случилось за минувшие восемь часов: какие проблемы возникли, в чем их причина и что завтра можно сделать лучше, чем сегодня. Одна команда насчитывает от 15 до 30 работников. Подобный процесс реализован даже на уровне руководства завода: у нас есть своя доска с индикаторами отклонений, у которой мы еженедельно обсуждаем показатели КВС, выявляем проблемы и их причины и принимаем меры по их устранению.

В целом, наша философия такова: когда сотрудник выходит через проходную в конце рабочего дня, он должен знать, был ли это хороший день, достигли ли мы поставленных целей и какой потенциал мы выявили на завтрашний день, чтобы стать еще лучше. И значит, завтрашний день будет как минимум таким же успешным, как и сегодняшней. Для нас это непрерывный процесс улучшений.

Как вы решаете проблему квалифицированных кадров?

Пока я не могу сказать, что это большая проблема для Rohde & Schwarz. Но если посмотреть в будущее — демографическая ситуация в Германии обостряется. Конкуренция за молодых сотрудников идет уже сейчас, в будущем она будет гораздо острее, и мы должны быть к этому готовы. Приведу лишь некоторые примеры, как мы решаем кадровую задачу.

На предприятии действует внутренняя программа обучения для молодых людей, так называемое, двойное обучение в Германии. В рамках этой программы ребята обучаются 3,5 года различным специальностям, приобретая высокий уровень квалификации. Мы прилагаем определенные усилия для привлечения молодежи в нашу школу, проводим хорошую рекламную кампанию в местной прессе, используем другие мероприятия.

Несколько лет назад мы учредили специальную награду R&S Award для учеников школ. Мы ежегодно проводим конкурс проектов в области электроники и промышленной механики, в котором участвуют команды школьников. Об этом событии и победителях местная пресса публикует статьи. Приз R&S Award — команд-

ный, поскольку мы хотим, чтобы школьники учились работать в команде.

Ежегодно наши студенты, как и все учащиеся в Германии, сдают экзамены, которые проводит торгово-промышленная палата. Мы особенно горды тем, что каждый год студенты Rohde & Schwarz показывают наилучшие результаты. Каждый год! Конечно, мы публикуем и распространяем такую информацию. И это также мотивирует молодежь, показывая, куда можно пойти после школы: «О, Rohde & Schwarz, лучшие учебные программы, прекрасная компания, пойду учиться туда».

Мы проводим для молодежи дни открытых дверей, когда можно прийти на наш завод и своими глазами увидеть, что здесь происходит. Более того, если молодой человек не решил окончательно, хочет ли он работать в нашей отрасли, мы организуем очень короткие, одно- или двухнедельные ознакомительные курсы во время школьных каникул. На них школьники могут сами увидеть и прочувствовать то, что лишь с трудом можно описать в газете, и понять, интересна ли им наша деятельность.

С каждым годом все меньше молодежи подает заявку на обучение. И если у компании хороший имидж, то выше шансы привлечь для обучения хороших молодых людей. У нас действительно очень хорошая репутация среди учебных заведений в регионе. И если молодой человек, прошедший обучение на Rohde & Schwarz, захочет продолжать работу в другом месте, наше образование откроет ему двери в любую компанию.

Не менее важный вопрос — привлечение выпускников вузов. Мы поддерживаем вузы оборудованием Rohde & Schwarz, которое используется в учебном процессе для лабораторных работ и практических занятий. Студент работает с приборами Rohde & Schwarz, и у него в голове откладывается: «О, это — отличный анализатор спектра!» И через несколько лет он выберет Rohde & Schwarz в качестве работодателя. А если этот студент окажется в другой компании и будет ответственен за закупку измерительного оборудования, то он отдаст предпочтение Rohde & Schwarz, а не нашим конкурентам.

Регулярно среди студентов проводится опрос: «В какой компании вы хотели бы работать?» И в области электротехники большинство называет именно Rohde & Schwarz — и лишь затем Siemens, Bosch и другие фирмы. Для нас очень важно быть наверху этого рейтинга.

Как часто вы обновляете свое технологическое оборудование?

Участок монтажа печатных плат всегда зависит от новейших технологий. Новое поколение оборудования означает возможность работы с новым поколением электронных компонентов, все более миниатюрных. Поэтому необходимость смены оборудования возникает

Философия компании — высокое качество продукции — одновременно и философия наших рабочих



Досмотровый сканер

постоянно. У нас есть план перспективного развития. Мы обсуждаем с нашими поставщиками, что происходит на рынке элементной базы, какие новые компоненты могут быть созданы, какие новейшие технологии придут завтра — и на основе всего этого вместе с отделом разработки в Мюнхене формируем свои планы для переоснащения и модернизации предприятия. Наши технологи следят и за потребностью переоснащения оборудованием других участков, таких как ручной монтаж, отмывка плат, нанесение защитных покрытий и т.д.

Но иногда смена оборудования связана с тем, что на рынке появляются новые технологические системы, более гибкие и совершенные. Например, недавно мы

Каждый сотрудник знает, что только довольный клиент еще раз купит продукцию Rohde & Schwarz, и что от этого зависит наличие его рабочего места

сменили подход к отмывке плат: у нас была одна большая отмывочная установка, и зачастую она становилась узким местом для монтажного производства, поскольку стояла достаточно далеко от рабочих участков. Вместо нее мы решили приобрести три меньшие установки с более высоким КПД. Они были не только дешевле, чем одна большая установка, но и обеспечили нам за счет децентрализации большую гибкость, мы смогли установить их ближе к производственным линиям.

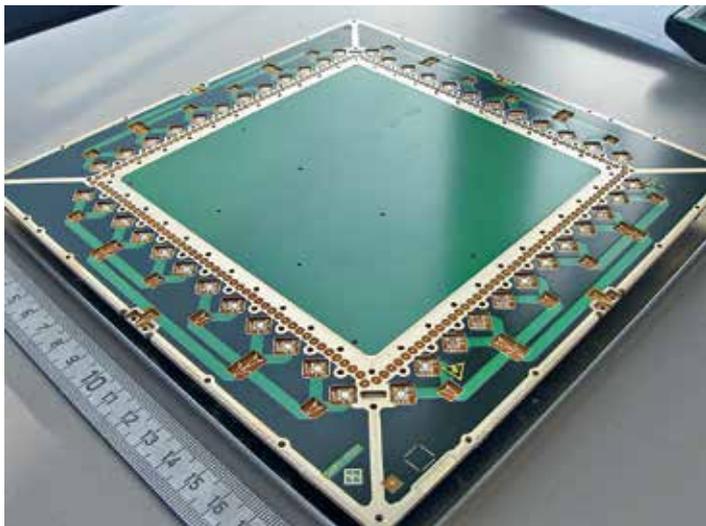
На участке сборки финальной продукции подход аналогичен — все зависит от технологий. Если мы приступаем к производству нового прибора, то зачастую должны сменить систему тестирования, поскольку прежней производительности и точности уже недостаточно.

В среднем мы меняем наше оборудование каждые пять лет. Ежегодно завод в Меммингене инвестирует более 10 млн евро в новое оборудование. Конечно, это — усредненные показатели, иногда смена оборудования происходит быстрее — все зависит от появления новых технологий на рынке и от их необходимости на производстве.

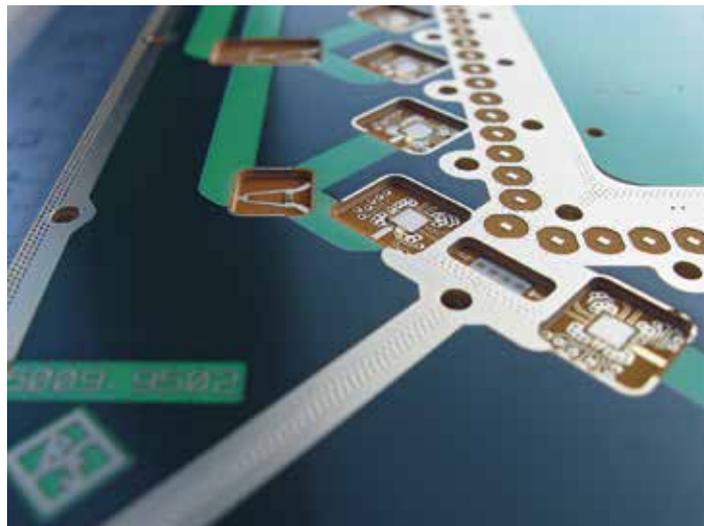
Однако у нас есть и другой тренд, связанный, в основном, со специальной продукцией — военной, авиационной и т.п. В этой области многие клиенты хотят, чтобы мы гарантировали производство приборов на очень длительное время — например, 10–30 лет — по возможности, не меняя технологии. Для этого мы сохраним старое оборудование, чтобы поддерживать необходимую технологию на протяжении всего жизненного цикла изделий.

Системы с долгим жизненным циклом — военные, авиационные — требуют применения компонентов, уже снятых с производства. Как вы решаете эту проблему?

Наши поставщики электронных компонентов, в соответствии с контрактами, информируют нас, если тот или иной компонент снимается с производства и остается последняя возможность их закупить. Специальная служба Rohde & Schwarz запрашивает у ответственных менеджеров приборов оценку потребности в этих компонентах на следующие пять лет. На основании такой оценки снимаемые с производства компоненты закупаются и помещаются на склад долговременного хранения. Этот склад очень важен для Rohde & Schwarz. Он важен настолько, что физически делится на два разных здания, и каждая складская позиция хранится в каждом из них. Если с одним складом что-то случится, например пожар, мы не лишимся всего запаса. Столь неординарные меры предприняты, поскольку на складе долговременного хранения лежит запас компонентов из «последней закупки», и приобрести их снова у производителей невозможно.



Плата с трансиверными модулями для досмотрового сканера



Другой путь работы с изделиями, где используются снятые с производства компоненты — реинжиниринг. Им занимается отдельная группа наших инженеров-разработчиков. По тем или иным причинам мы можем принять решение изменить конструкцию изделия, чтобы использовать новые комплектующие. И тут основной вопрос, что дешевле: выполнить редизайн или закупать и хранить устаревающие компоненты.

Есть ли планы по расширению производства в Меммингене?

Это зависит от планов роста Rohde & Schwarz в целом. Компания расширяется, недавно было построено новое здание для нашей азиатской штаб-квартиры в Сингапуре. Сейчас производственных площадей в размере 57 тыс. кв. м в Меммингене хватает (последнее расширение было проведено в 2013 году), и мы, конечно же, преследуем непрерывную цель — ежегодное улучшение рентабельности и производительности. Если эти цели реализуются, значит на тех же площадях мы можем производить больше продукции. С другой стороны, число трудочасов, затрачиваемых на один продукт, становится все меньше. Снижается и число электронных компонентов, необходимых для одного устройства. Например, сегодня одной заказной ИС, разработанной

Rohde & Schwarz, достаточно для реализации функций, для которых еще вчера требовалось несколько отдельных компонентов. Все это ведет к росту эффективности и производительности предприятия.

В целом, конечно, мы должны расти. Компания развивается, мы смотрим на новые рынки, где можем использовать свой опыт и знания в области высоких частот. Характерный пример — созданный нами микроволновый радар для досмотрового сканера тела, работающий на частоте 77 ГГц. На одной плате размещены 48 трансиверных модулей. Это очень сложная многослойная плата — сначала на нее монтируются SMD-компоненты, затем в специальные углубления с помощью микроэлектронных технологий устанавливаются кристаллы СВЧ-схем. В одном сканере площадью 2 кв. м используются 32 такие платы.

Кроме того, не могу не отметить еще одно направление деятельности завода в Меммингене — разработка и производство изделий и компонентов на заказ. Обратившись к нам, заказчик получает весь спектр возможностей предприятия — от микроэлектроники до сборки конечной продукции, то есть мы работаем как контрактный производитель. Это становится для нас, наряду с производством для Rohde & Schwarz, важным направлением.

Большое спасибо за интересную беседу! \

ТЕХНОЛОГИИ

Современные технологии визуализации тонких структур.

Растровая электронная микроскопия Часть 3



Текст: **Андрей Ляпин, к.г.-м.н.**



Существуют три типа электронных пушек: с температурной эмиссией (ТЕ), с полевой эмиссией (FE) и с катодом Шотки (SE).

Устройство пушки термоэмиссионного (ТЕ) типа было описано в предыдущих материалах. В этом разделе рассматриваются пушки с полевой эмиссией и пушки с катодом Шотки.

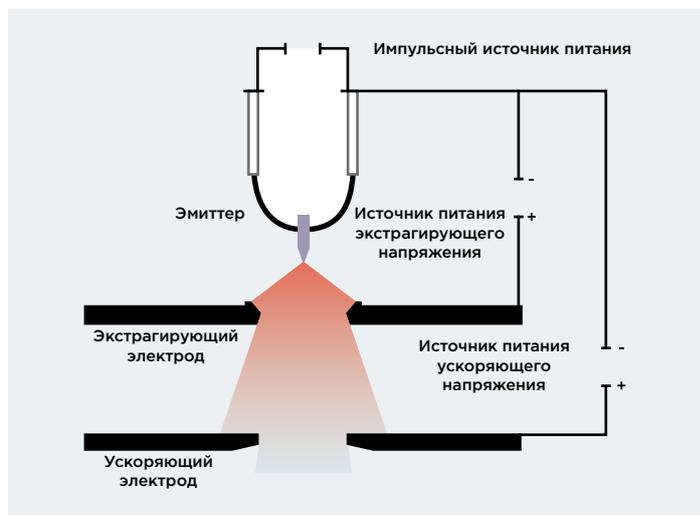
Электронная пушка с полевой эмиссией

В растровых электронных микроскопах высокого разрешения обычно применяется электронная пушка с полевой эмиссией (Field Emission Gun), также называемая автоэмиссионной пушкой или пушкой с холодным катодом (FE). Пушка работает, используя явление полевой эмиссии, возникающее в проводниках при помещении их в электрическое поле высокого напряжения **рис 27**. Катод пушки изготовлен из тонкой вольфрамовой проволоки, к которой приварен единичный кристалл вольфрама. Радиус закругления наконечника кристалла, выполняющего роль эмиттера, составляет примерно 100 нм. Когда к металлической пластине (экстрагирующий электрод) приложено положительное напряжение (несколько кВ), возникает туннельный эффект, и эмиттер начинает излучать электроны. Если в центре электрода имеется отверстие, эмитированные электроны вылетают через это отверстие, формируя электронный пучок. За электродом экстракции на пути электронов находится ускоряющий электрод с приложенным к нему высоким напряжением, позволяющий получить пучок электронов с заданной энергией. Для того чтобы происходила полевая эмиссия, наконечник эмиттера должен находиться в особо чистых условиях. Поэтому пушку FE-типа помещают в сверхвысокий вакуум со значением порядка 10^{-8} Па.

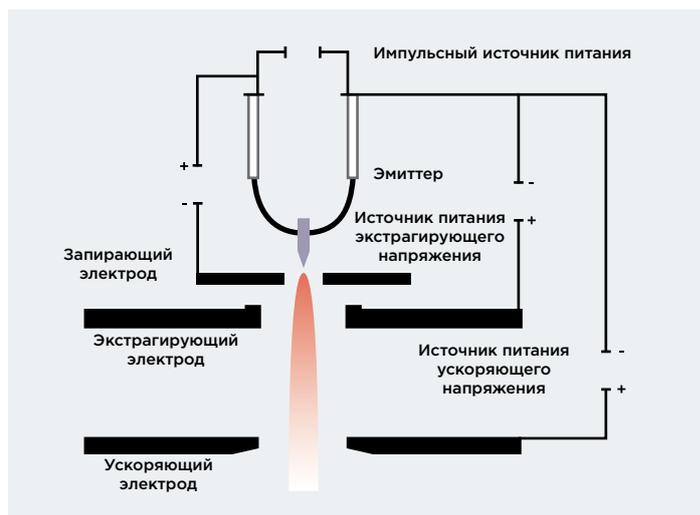
Электронный пучок, излучаемый эмиттером, обладает высокой локальностью, его можно рассматривать как источник излучения диаметром 5-10 нм. Для сравнения: в термоэмиссионной (TE) пушке источник электронов имеет размер 10-20 мкм в диаметре. Поскольку источник электронов в пушке с полевой эмиссией очень мал, она используется в растровых электронных микроскопах высокого разрешения. Другим преимуществом FE пушки является малый разброс энергий электронного пучка, поскольку для эмиссии электронов не используется нагрев эмиттера. В исследованиях при низких ускоряющих напряжениях этот разброс энергий (хроматические aberrации) определяет разрешение, поэтому данное преимущество является очень важным.

Электронная пушка с катодом Шотки

В пушке с катодом Шотки (SE) используется явление температурной эмиссии Шотки (испарение электронов в вакуум), возникающее при помещении нагретых проводников в электрическое поле высокого напряжения. Устройство такой пушки показано на **рис 28**. Катодом является эмиттер из ZrO/W, единичный кристалл вольфрама, покрытый слоем ZrO, имеющий наконечник с радиусом кривизны в несколько сотен нанометров. Покрытие оксидом циркона значительно снижает работу выхода электрона, таким образом, при относи-

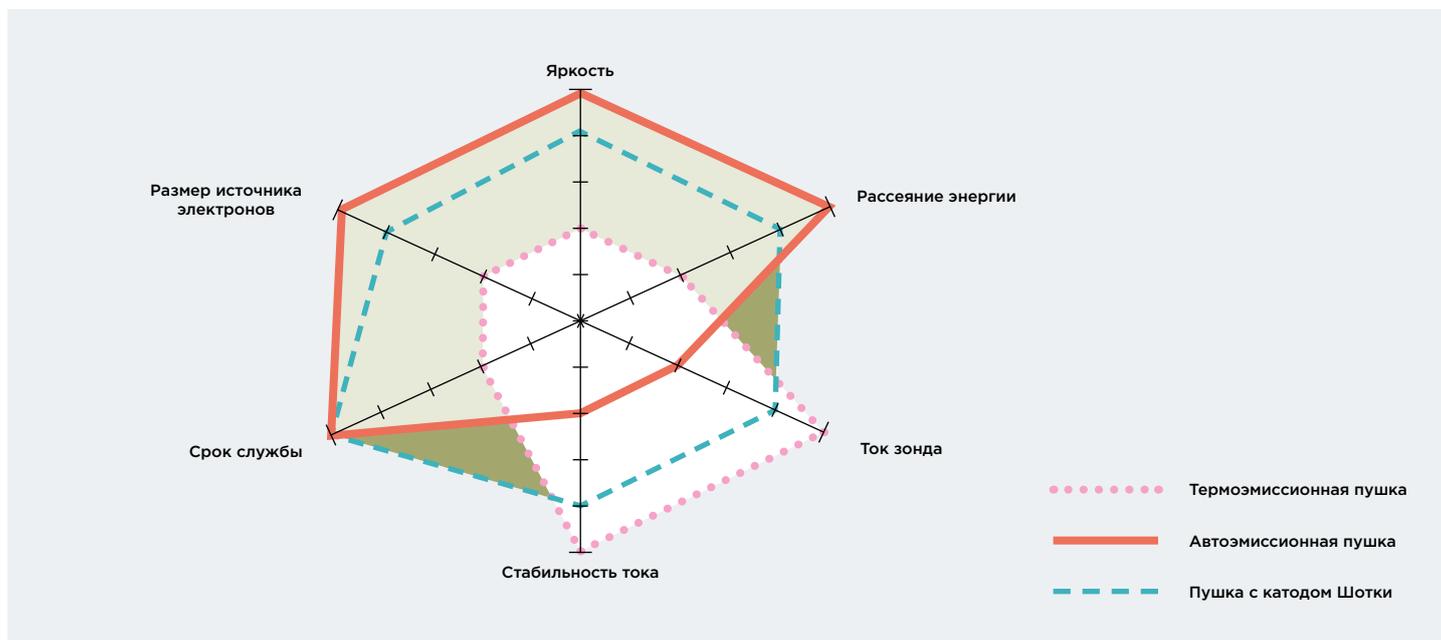


27 Устройство автоэмиссионной электронной пушки с холодным катодом



28 Устройство электронной пушки SE типа

тельно низкой температуре катода около 1800K может быть получен большой ток эмиссии. Для того чтобы экранировать термоэлектроны, исходящие от эмиттера, к электроду, называемому запирающим, приложено отрицательное напряжение. Преимущество SE пушки заключается в стабильности тока электронного пучка, поскольку эмиттер, помещенный в условия сверхвысокого вакуума с давлением 10^{-7} Па, нагревается до высокой температуры без поглощения газа. По сравнению с FE пушкой энергия рассеяния электронного пучка у SE пушки до некоторой степени больше, однако она генерирует больший ток зонда, что очень эффективно для выполнения микроанализа вместе с исследованием морфологии. Пушку этого типа часто называют FE пушкой с термокатодом или же, для удобства, пушкой с термополевой эмиссией.



29

Сравнение электронных пушек трех типов

Сравнение рабочих характеристик электронных пушек разного типа

На радикальной диаграмме рис. 29 приведено сравнение параметров пушек термоэмиссионного типа (ТЕ), пушки с полевой эмиссией (FE) и пушки с катодом Шотки (SE). Пушка FE типа имеет заметное преимущество перед остальными по размеру электронного источника, яркости (количественный параметр, характеризующий плотность тока и параллельность электронного пучка), сроку службы и энергии рассеяния (энергетической ширины) электронного пучка. Пушка ТЕ имеет самые лучшие характеристики тока зонда, но проигрывает по всем другим параметрам. Принимая во внимание данные характеристики, можно констатировать, что FE пушка больше подходит для изучения морфологии на больших увеличениях, пушка ТЕ-типа удобна для универсальных приложе-

ний, таких как микроанализ, не требующий большого увеличения. Пушка с катодом Шотки (SE) занимает промежуточное положение между этими двумя электронными пушками, а область ее применений варьируется от визуальных исследований при большом увеличении до разных видов микроанализа.

В табл. 1 обобщены параметры электронных пушек.

Действительное разрешение РЭМ

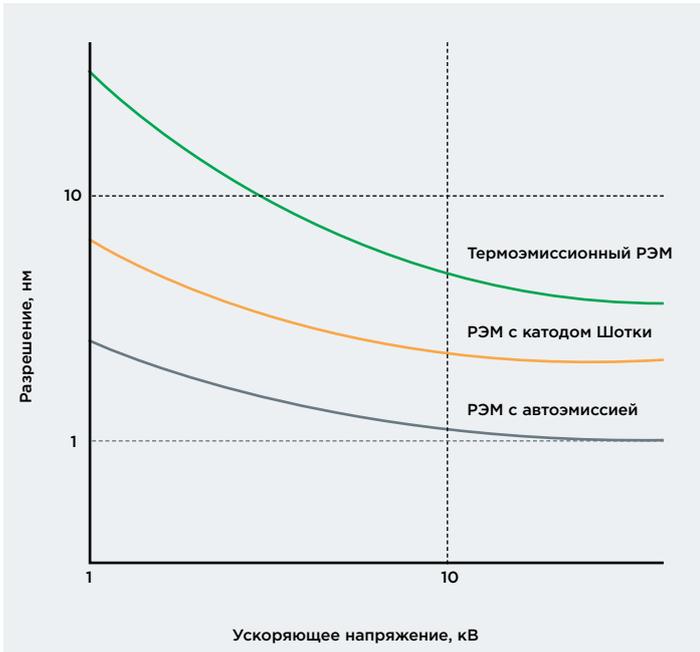
Действительное разрешение растрового электронного микроскопа любого типа зависит от ускоряющего напряжения так, как это показано на рис. 30. В общем случае для любого РЭМ: чем выше ускоряющее напря-

Т 1

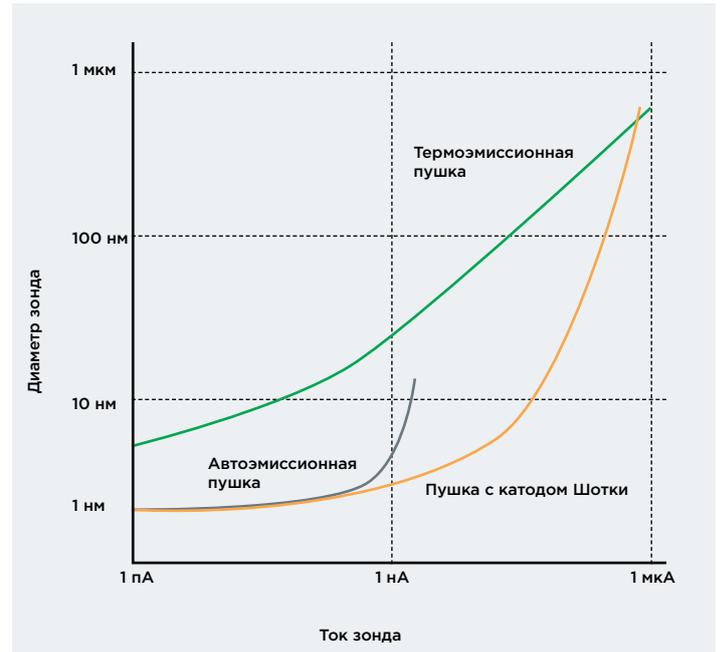
Технические характеристики различных электронных пушек

	ТЕ пушка		FE пушка	SE пушка
	Вольфрам	LaB6		
Размер источника электронов	15 ~ 20 мкм	10 мкм	5- 10 нм	15 ~ 20 нм
Яркость (Асм-2 рад-2)	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁸
Рассеяние энергии (эВ)	3 ~ 4	2 ~ 3	0,3	0,7 ~ 1
Срок службы	50 часов	500 часов	несколько лет	1 — 2 года
Температура катода (К)	2 800	1 900	300	1 800
Флуктуации тока (за 1 час)	< 1 %	< 2 %	> 10 %	< 1 %

Значение яркости получено при ускоряющем напряжении 20 кВ



30 Соотношение между ускоряющим напряжением и разрешением



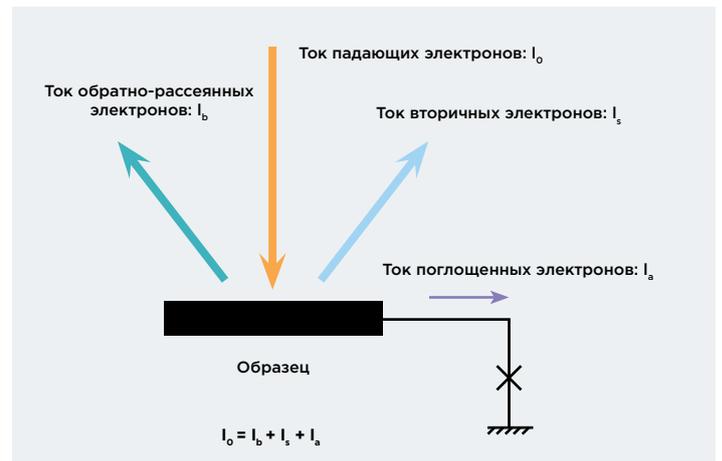
31 Соотношение между током зонда и диаметром зонда. Ускоряющее напряжение 20 кВ

жение, тем лучше разрешение. Если ускоряющее напряжение составляет несколько киловольт, разрешение значительно ухудшается. Снижение разрешения на низких ускоряющих напряжениях происходит из-за влияния хроматических aberrаций. Любопытно, что формы кривых разрешения для РЭМ с катодом Шотки (SE) и РЭМ с автоэмиссионной пушкой (FE) очень похожи и характеризуются плавной зависимостью между параметрами. Для микроскопа с термоэмиссионной пушкой влияние ускоряющего напряжения на разрешение проявляется сильнее.

Интересно также рассмотреть зависимость диаметра зонда от тока зонда рис 31. Для РЭМ с термоэмиссионной пушкой увеличение тока приводит к относительно плавному увеличению диаметра зонда. С другой стороны, для РЭМ с автоэмиссионной пушкой до определенного предела увеличение тока зонда мало влияет на его диаметр. Однако по достижению током величины около 1 нА диаметр начинает радикально нарастать. Пушка FE типа не может генерировать высокий ток зонда, его величина ограничена несколькими нА. В РЭМ с катодом Шотки возможно получить намного больший ток, при этом увеличение диаметра зонда происходит не так резко, как в автоэмиссионной пушке с холодным катодом. Поэтому пушка с катодом Шотки хорошо подходит для аналитических задач, требующих высокой энергии пучка.

Накопление заряда и его влияние

Как говорилось ранее, падающие электроны, проникая в образец, теряют свою энергию и поглощаются. Если образец проводит электрический ток, то электроны стекают через предметный столик; если же образец не обладает проводимостью, электроны «застревают» в нем, приводя к накоплению заряда. В примере, показанном на рис 32, число электронов, проникающих в образец, больше числа выходящих электронов, что приводит к зарядке образца. Если продолжать облучение непро-



32 Электрический ток в непроводящем образце

дящего образца электронным пучком, высокий отрицательный потенциал в зоне облучения будет нарастать. Однако при достижении определенной величины потенциала произойдет разрядка, и потенциал вернется к первоначальному значению. С другой стороны, если по каким-либо причинам число электронов, выходящих из образца, больше, чем число проникающих в образец, происходит накопление положительного заряда.

Влияние заряда на РЭМ изображение

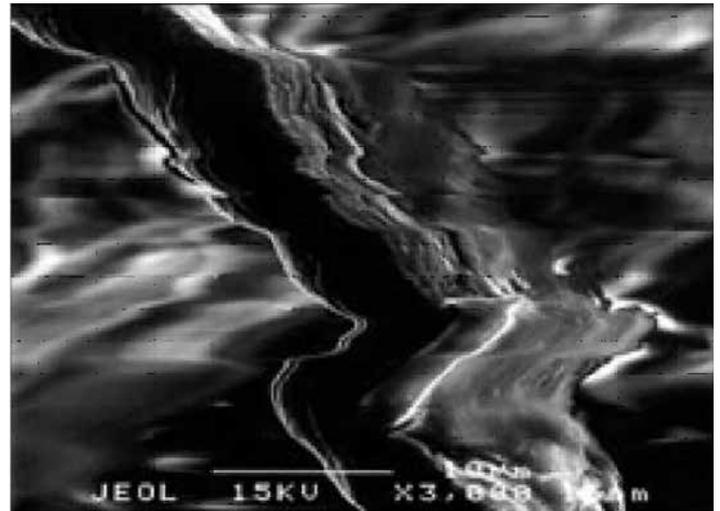
При накоплении образцом заряда на электронный зонд, сканирующий поверхность, начинают действовать силы отталкивания от потенциала поверхности, в результате происходит сдвиг электронного зонда. Это явление приводит к искажению изображения. Если в процессе сканирования происходит разрядка, электронный зонд на короткое время возвращается в первоначальное положение, при этом РЭМ изображение выглядит разломанным **рис 33**.

Если разрядка происходит, однако она незначительна и не влияет на сканирующий электронный зонд, вторичные электроны с малой энергией подвергаются влиянию локальных заряженных участков. Это влияние вызывает различия в эффективности детектирования вторичных электронов или же нарушения траектории движения вторичных электронов, попадающих в детектор. Как результат, какие-то участки изображения выглядят либо излишне яркими, либо излишне темными. Различия в эффективности детектирования вызывает так называемый вольтовый контраст. То есть, если образец заряжен отрицательно, напряжение между детектором вторичных электронов и образцом становится больше, и в детектор попадает больше вторичных электронов, приводя к засвечиванию локально заряженных участков (высокая эффективность детектирования). Если же образец заряжен положительно, эффективность детектирования падает, приводя к затемнению заряженных участков. В ряде случаев, в результате накопления заряда на локальных участках вокруг них формируется сильное электрическое поле. Когда потенциал локального поля выше, чем поля, сформированного детектором вторичных электронов, то излучаемые образцом вторичные электроны экранируются локальным полем и вследствие нарушения траектории их полета не достигают детектора. Заряженные участки в этом случае выглядят темными **рис 34**.

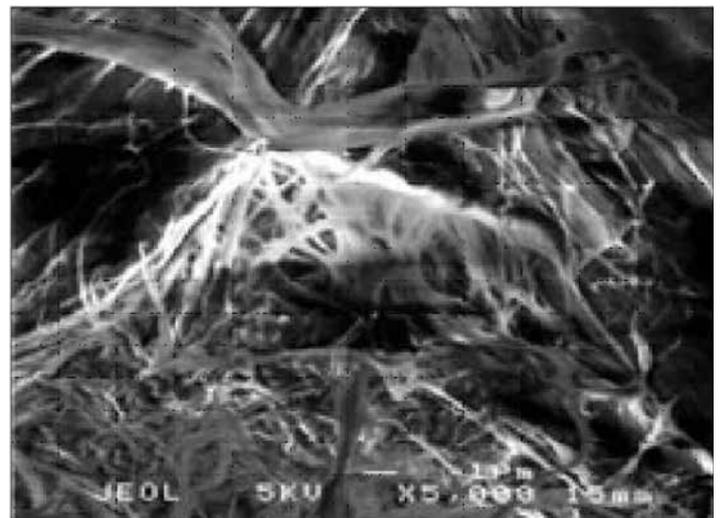
Методы предотвращения зарядки

НАПЫЛЕНИЕ

Наиболее распространенный метод предотвращения зарядки — создание на поверхности образца прово-



33 Искривление изображения, вызванное зарядкой



34 Аномальный контраст, вызванный накоплением заряда

дящего покрытия. Для этого на непроводящий образец напыляют тонкую пленку хорошо проводящего металла. В методе используется процесс ионного испарения и напыления в среде вакуума. Как правило, образец покрывают тонкой пленкой благородных металлов (например, Au, Pt, Au-Pd, Pt-Pd) толщиной от нескольких до 10 нм. Причина использования благородных металлов в их стабильности, они обеспечивают высокий уровень выхода вторичных электронов. Для того чтобы правильно отобразить истинную поверхность образца, необходимо нанести как можно более тонкую пленку. Однако если поверхность имеет сложную морфологию, слишком тонкое покрытие может приводить к зарядке из-за потери непрерывности покрывающего слоя. Поэтому важно использовать установки напыления с точно настраиваемыми параметрами, чтобы контролировать процесс напыления.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ НИЗКОМ УСКОРЯЮЩЕМ НАПРЯЖЕНИИ

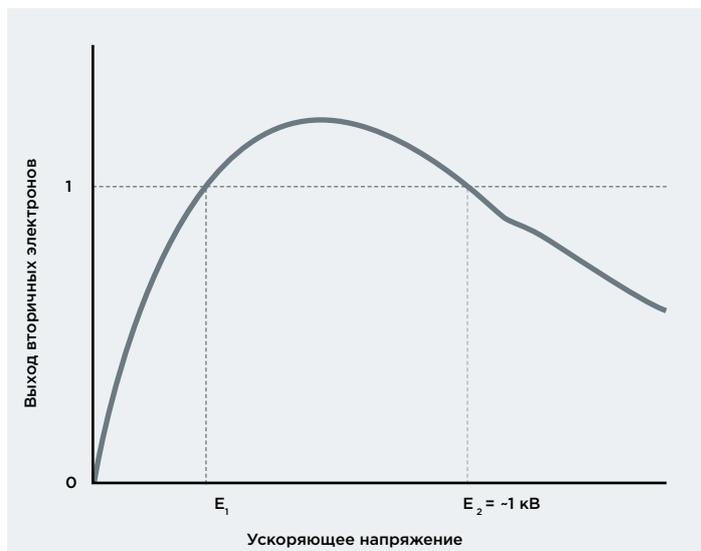
Когда образец отрицательно заряжен, число электронов, проникающих в него, больше числа выходящих. При снижении ускоряющего напряжения до значения порядка 1 кВ увеличивается выход вторичных электронов рис 35 и по мере его уменьшения число излучаемых вторичных электронов становится больше, чем число падающих. При дальнейшем снижении ускоряющего напряжения процесс инвертируется и возникает момент, когда число электронов, входящих в образец, становится равным числу выходящих из него. В этот момент образец не имеет заряда. Таким образом, подобрав соответствующее значение ускоряющего напряжения, можно получить изображение непроводящего образца без его зарядки. На изображении непроводящего образца керамики рис 36 можно видеть, что при ускоряющем напряжении 10 кВ отображается мало топографической информации и наблюдается аномальное размытие изображения. Однако при ускоряющем напряжении 1 кВ отображается значимая морфологическая информация и при этом не наблюдается размытия изображения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОД УГЛОМ

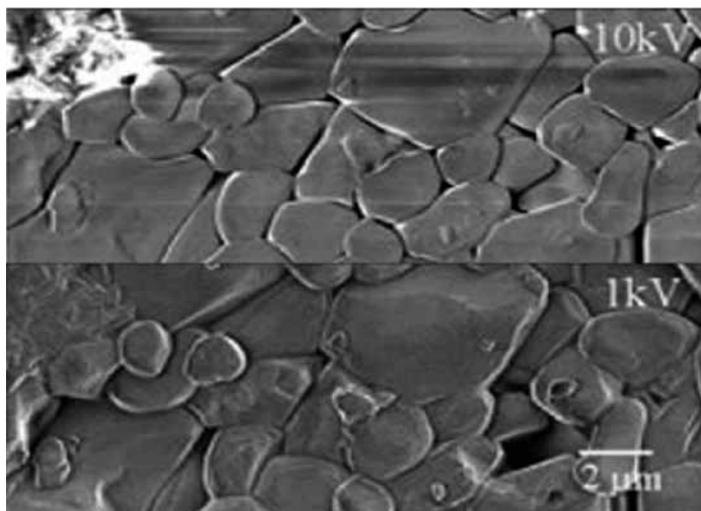
Когда электронный пучок попадает на образец под углом, количество испускаемых вторичных электронов увеличивается. Использование этого явления в некоторых случаях также позволяет исследовать непроводящие образцы без накопления ими заряда. Подобная методика наиболее эффективна для изучения образцов с малой расчлененностью поверхности.

ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕЖИМЕ НИЗКОГО ВАКУУМА

Непроводящие образцы без предварительного напыления можно изучать с помощью микроскопов, оснащенных режимом низкого вакуума (LV SEM). При снижении вакуума в камере образцов остается значительное число молекул воздуха. Множество молекул при бомбардировке их эмитированными электронами ионизируется и приобретает положительный заряд. При столкновении положительных ионов с образцом они нейтрализуют заряд поверхности, и становится возможным изучение непроводящих образцов. Для того чтобы число сгенерированных положительно заряженных ионов было достаточным для нейтрализации заряда, устанавливают давление в камере образцов от нескольких десятков до 100 Па (величина давления может варьироваться в зависимости от образца). В низком вакууме для получения изображения используется детектор обратно-рассеянных электронов, поскольку последние обладают более высокой энергией и лучше подходят для морфологического анализа в данном режиме. рис 37 демонстрирует два изображения образца без покрытия, полученные в низковакуумном РЭМ. Аномальный контраст на левом снимке вызван эффектом зарядки в режиме высокого вакуума. Однако при переходе в режим низкого вакуу-



35 Соотношение между ускоряющим напряжением и выходом вторичных электронов

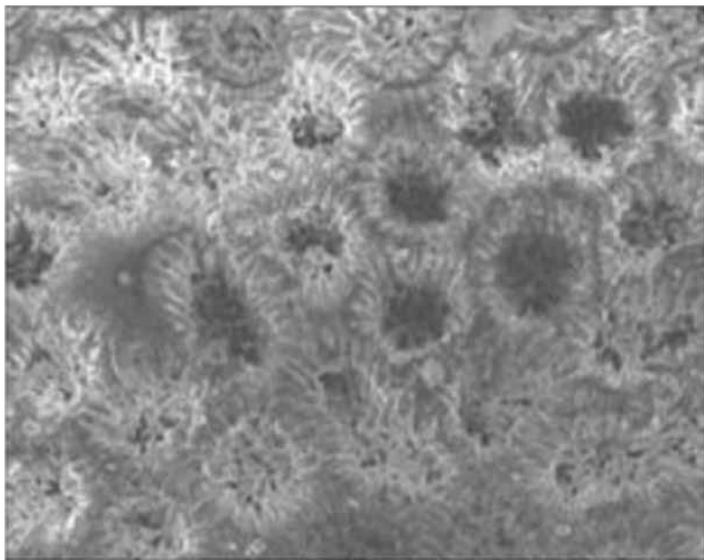


36 Изображение керамики во вторичных электронах при разных ускоряющих напряжениях (без напыления)

ма этот контраст исчезает (правый снимок). Обратите внимание, что на второй фотографии изображение получено в обратно-рассеянных электронах, поэтому здесь виден сильный теневой контраст.

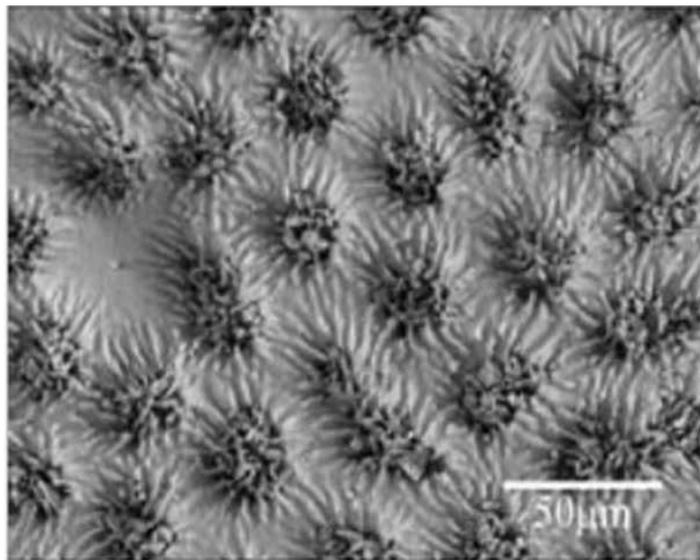
Заключение

Развитие новых методов визуализации микрообъектов наиболее интенсивно происходило в последние двадцать лет и продолжается до сих пор. Отчасти катализатором появления новых видов микроскопии стал большой интерес к нанотехнологиям, особенно обострившийся с начала 90-х годов прошлого столетия и почти совпавший по времени с широким рас-



37

Пример изображений непроводящего образца, полученных в низковакуумном РЭМ.
Образец: раковина фораминиферы (без напыления)



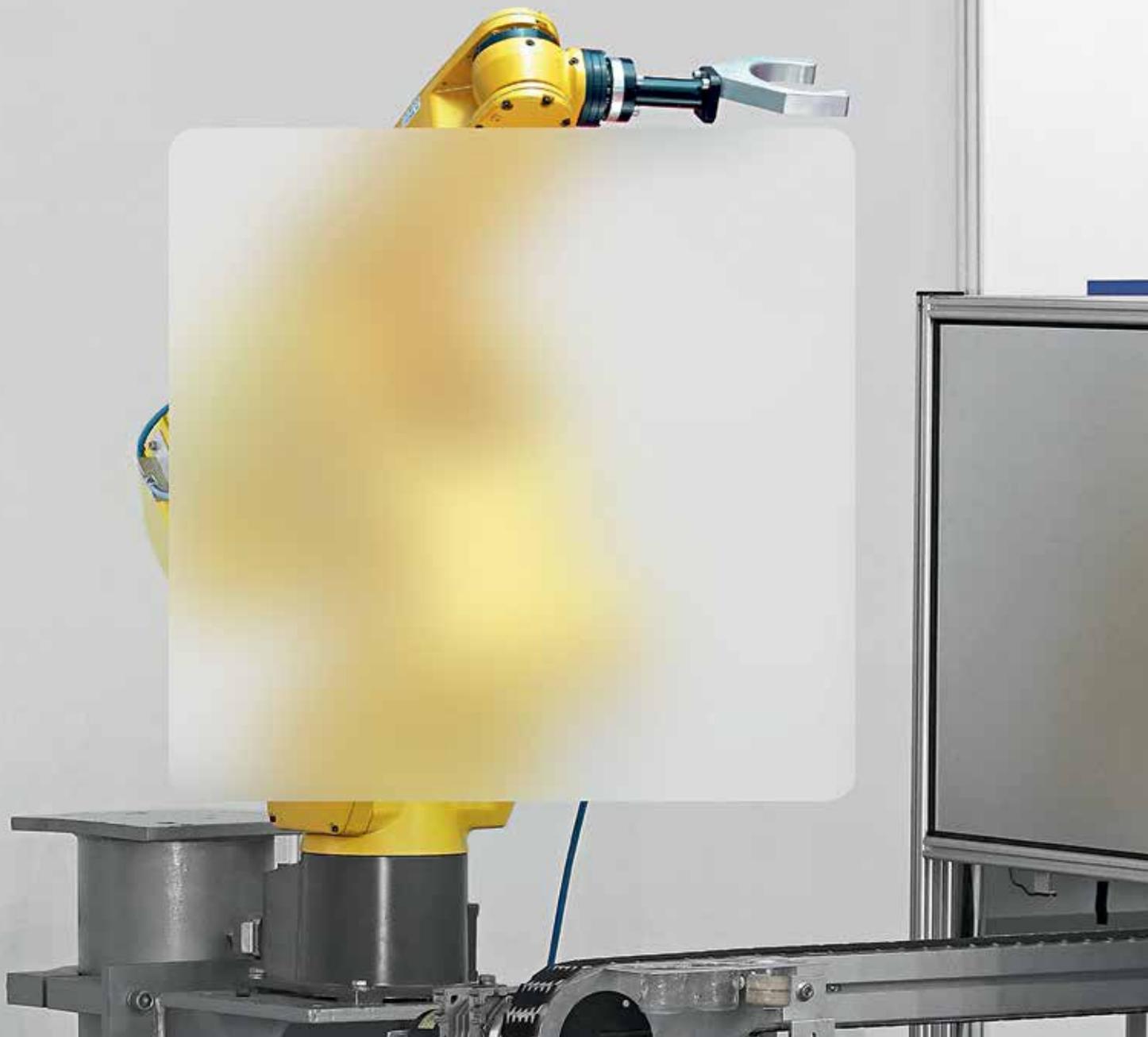
пространением компьютерной техники. Как следствие, качественные сдвиги в развитии микроскопии прямо связаны с широким внедрением в исследовательскую практику вычислительной техники и методов математического моделирования. Построение изображения микроструктуры образца в большинстве новых методов связано с программным синтезом, основанным на визуальной интерпретации разнообразных сигналов, возникающих в результате взаимодействия с образцом электромагнитного излучения той или иной природы. В новых видах микроскопии используются источники как оптического, так и неоптического диапазонов электромагнитных волн, а также акустические (ультразвуковые) волны.

Наиболее выдающиеся результаты были достигнуты в применении для исследований рентгеновского излучения. На сегодняшний день существует много видов визуального, структурного и элементного анализа, выполняемого с применением рентгеновского излучения. Известные мировые производители предлагают приборы для выполнения задач медицинской диагностики, фундаментальных исследований и производственного контроля. Излучение в радиочастотном диапазоне нашло применение в ЯМР-спектроскопии, позволяющей получать и обрабатывать резонансные спектры поглощения радиочастотных импульсов образцом, помещенным в поле мощного сверхпроводящего магнита, и, определяя плотности химически эквивалентных ядер, «видеть», например, пространственную структуру органических тканей. Помимо традиционного применения метода в физике и химии успехи использования ядерного магнитного резонанса наиболее впечатляющи в области медицины.

Для визуализации микроструктуры используются и акустические волны. Хороший пример применения

ультразвука для задач производственного контроля — сканирующий акустический микроскоп, широко используемый для визуализации дефектов в микроэлектронике. Становятся заметными успехи применения волн СВЧ диапазона для исследования физиологии тканей и свойств поверхности. Среди относительно новых оптических методов, где активно используется математический аппарат, следует упомянуть ИК-Фурье и Рамановскую спектроскопию, а также лазерную интерференционную микроскопию.

Среди всего этого многообразия новых методов и, часто, неочевидных возможностей специалисту на производстве не всегда просто выбрать подходящий метод и аппаратуру для визуального контроля или анализа дефектов, особенно при переходе к новым видам изделий и использовании новых материалов. Лучшей рекомендацией в таких случаях будет привлечение к решению специалистов по микроскопии и разработка вместе с ними экспертного решения. ▣



Видеть сегодня промышленное оборудование будущего невозможно, **но технологии производства электроники для него — необходимо**

Гибкость, точность и надежность, что будут присущи промышленному оборудованию завтра, зависят от технологий его производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства промышленной электроники.



будущее
создается

www.ostec-group.ru
(495) 788 44 44
info@ostec-group.ru



КАЧЕСТВО

Доверяй, но проверяй:

как правильно контролировать состояние отмывочных жидкостей на водной основе



Текст: Денис Поцелуев



Практика показывает, что процесс отмывки печатного узла является одним из самых сложных технологических процессов с точки зрения организации и контроля. Контроль и регулирование многочисленных критически важных параметров технологического процесса отмывки необходимы, чтобы обеспечить ожидаемые результаты и повторяемость процесса. Состояние отмывочной жидкости наиболее трудно поддается контролю и, следовательно, регулированию. Неправильное измерение концентрации приводит к ее несоответствующей коррекции в системе отмывки. Если результаты измерений завышают концентрацию, то добавление деионизованной воды в раствор увеличит разбавление, что потенциально может привести к неудовлетворительным результатам отмывки и, соответственно, к проблемам с надежностью изделия. При занижении концентрации раствора увеличивается расход отмывочной жидкости, а также могут появиться проблемы совместимости материалов. В связи с этим возникает ряд вопросов: как правильно измерять состояние раствора и его концентрацию; все ли методы измерения дают одинаковые результаты; для каких жидкостей применим тот или иной способ измерения и контроля?

В статье рассмотрены особенности распространенных и новейших методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе, а также даны рекомендации по выбору и применению описанных методов на практике.

Зачем необходимо контролировать концентрацию отмывочной жидкости

В российской электронной промышленности в технологическом процессе отмывки электронных узлов все более популярными становятся системы струйной отмывки, в которых используются специально разработанные отмывочные жидкости на водной основе. Характерная концентрация в таких системах поддерживается, как правило, в диапазоне от 15 % до 33 %¹ по объему. В процессе отмывки печатных узлов в отмывочной жидкости происходит накопление загрязнений, которые, в основном, состоят из переведенных в растворимую форму остатков флюса. Кроме того, количество жидкости уменьшается из-за естественного испарения и выноса, что также влияет на концентрацию раствора.

При производстве электроники специального и ответственного назначения качество отмывки печатного узла имеет определяющее значение. В связи с этим и оборудование, и жидкость, и процесс отмывки должны обеспечивать требуемые результат и повторяемость. А для этого необходим четкий и регулярный контроль всех параметров процесса, особенно концентрации и состояния отмывочной жидкости.

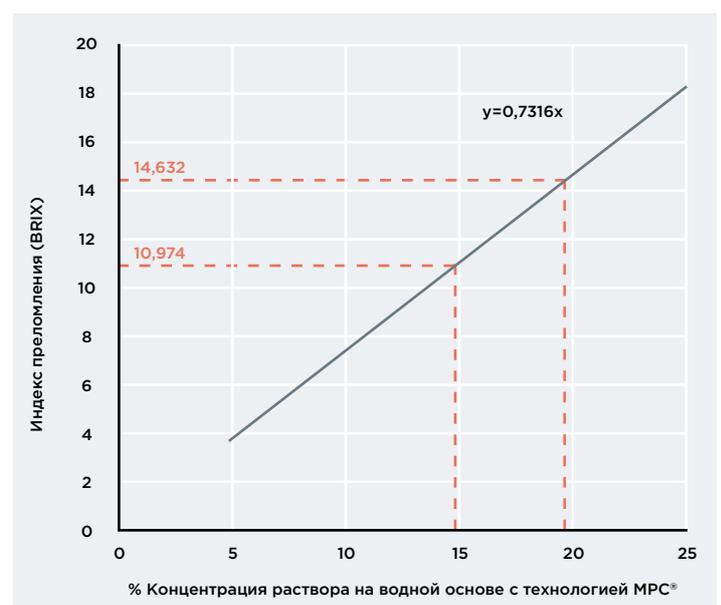
На основании опыта работы с отечественными предприятиями-производителями РЭА можно утверждать, что в ряде случаев контролю и оценке состояния раствора не уделяют должного внимания; не соблюдаются общепринятые рекомендации, такие как ведение журнала, регулярный мониторинг состояния раствора и его концентрации. Или контролируются отдельные параметры: например, оценивается только проводимость или степень насыщения твердыми частицами загрязнений, но при этом упускается такой важный параметр, как уровень щелочности раствора. Отдельные методы зачастую не отражают объективную информацию о состоянии отмывочной жидкости. В результате усиленное внимание к технологическому процессу отмывки и методам его контроля возникает лишь тогда, когда появляются проблемы: некачественно отмытый печатный узел, высокий расход отмывочной жидкости, несовместимость с компонентами и оборудованием. Чтобы избежать проблем с отмывкой электроники в будущем, необходимо правильно организовать этот процесс в настоящем. Помимо внедрения общепринятых рекоменда-

ций следует использовать современные методы, дающие полную и объективную информацию о состоянии раствора. Поэтому определение наилучшего метода для простого и точного измерения состояния раствора критически важно для организации эффективного процесса отмывки жидкостями на водной основе.

Методы контроля состояния отмывочных жидкостей

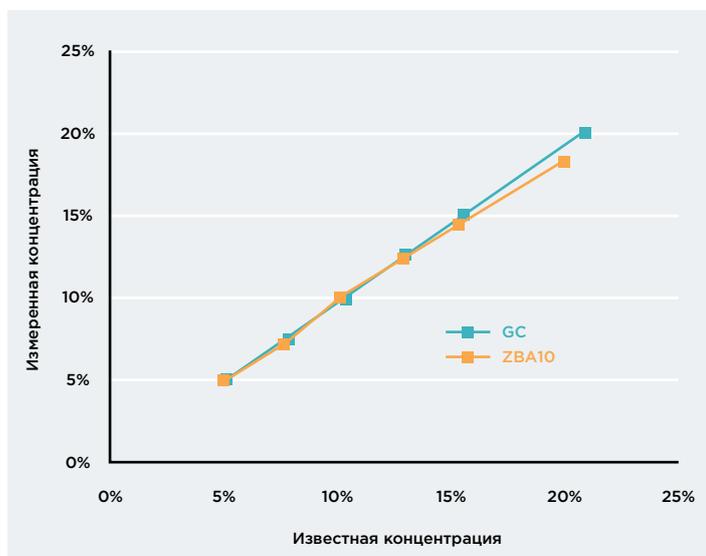
Для контроля состояния растворов отмывочных жидкостей существует ряд методик, позволяющих оценить один или несколько параметров. Более подробно эти методики рассмотрены в статье В. Ковенского «Состояние раствора отмывочной жидкости как фактор, способствующий повышению качества отмывки» (бюллетень «Поверхностный монтаж», декабрь 2009, № 6). В настоящей статье мы рассмотрим и сравним распространенные и новые методы контроля состояния раствора, а также оценим их применимость в технологическом процессе отмывки электроники.

В течение многих лет стандартным методом оценки концентрации раствора для отмывки был показатель преломления. Основным прибор, который используется в этом методе — рефрактометр. Это, безусловно, простой метод измерения концентрации отмывочной жидкости, он наилучшим образом подходит для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости. В этом случае существует линейная зависимость величины показателя преломления от концентрации моющего раствора рис 1.



1 Зависимость показателя преломления от концентрации для свежих растворов

¹ Для жидкостей Vigon®. Для каждого процесса отмывки концентрация подбирается индивидуально



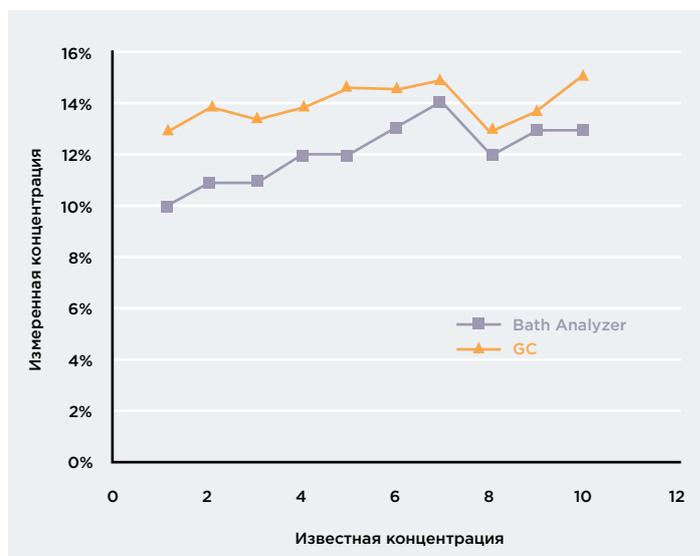
2

Результаты измерения концентрации для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA 10, газовая хроматография)

В реальных условиях раствор отмывочной жидкости с течением времени загрязняется остатками флюса. Остаточный флюс влияет на скорость и направление распространения света в среде, что вносит непредсказуемую погрешность в измерения. Это значит, что измеренная концентрация отмывочной жидкости может быть существенно завышена или занижена. В результате технологический процесс не отвечает техническим условиям, что приводит к его ухудшению и, следовательно, к бесконтрольному выпуску изделий с отклонением от стандартов качества.

Газовая хроматография (GS) является одним из наиболее точных методов контроля концентрации отмывочной жидкости при условии, что все составляющие раствора могут быть легко идентифицированы. Сложности, возникающие из-за присутствия неизвестных компонентов, являются общими практически для всех методов химического анализа, включая хроматографию. Таким образом, необходимо полагаться на мнение опытных химиков-аналитиков, которые при расчетах проводят корректировку на присутствие неизвестных соединений. Существенным ограничением на использование данного метода в производстве является необходимость использовать дорогостоящее специализированное оборудование. С этими оговорками газовая хроматография остается полезной, хотя и мало применимой на практике методикой анализа состояния отмывочной жидкости.

Невозможность точно измерить и оценить концентрацию и состояние рабочего раствора с помощью рефрактометра, специфичность и ограниченность применения газовой хроматографии послужили движущей силой для разработки альтернативных методов. Одним из таких методов, представленных на российском



3

Результаты измерения концентрации для частично насыщенного загрязненного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA, газовая хроматография)

Т 1

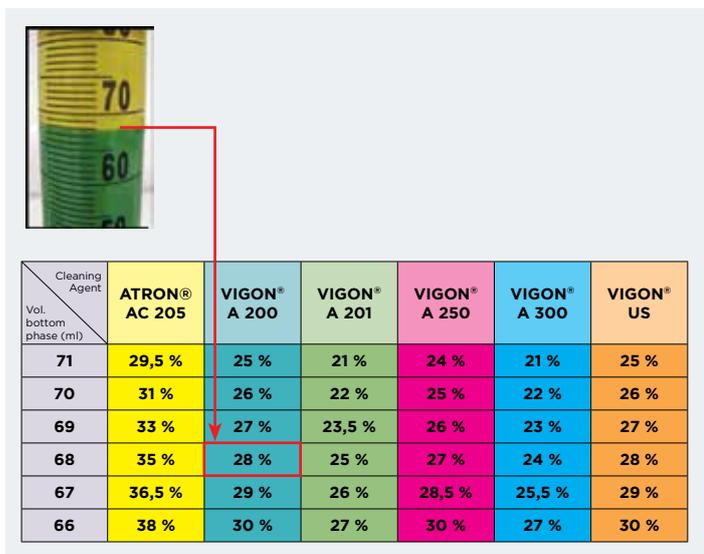
Параметры технологического процесса отмывки для производственных испытаний

Zestron® Bath Analyzer 10	для оценки состояния щелочных отмывочных жидкостей: Vigon® A 200 Vigon® A 201 Vigon® A 250 Vigon® A 300 Vigon® US
Zestron® Bath Analyzer 20	для оценки состояния PH-нейтральных отмывочных жидкостей: Vigon® SC200 Vigon® SC202 Vigon® 1000 CR Atron® AC 205 Zestron® VD 200

рынке, стал тестовый набор Zestron® Bath Analyzer (ZBA). Принцип данного метода основан на химической реакции реактива и раствора отмывочной жидкости.

Во время разработки и тестирования Zestron® Bath Analyzer результаты, полученные с использованием этого метода, непосредственно сравнивались с результатами газовой хроматографии (GC): сравнивались как свежеприготовленный раствор отмывочной жидкости рис 2, так и загрязненный остатками флюса рис 3. Как видно из графиков, концентрация, измеряемая тестовым набором Zestron® Bath Analyzer, почти полностью совпадает с результатами анализа методом газовой хроматографии с максимальной разницей в 3 %.

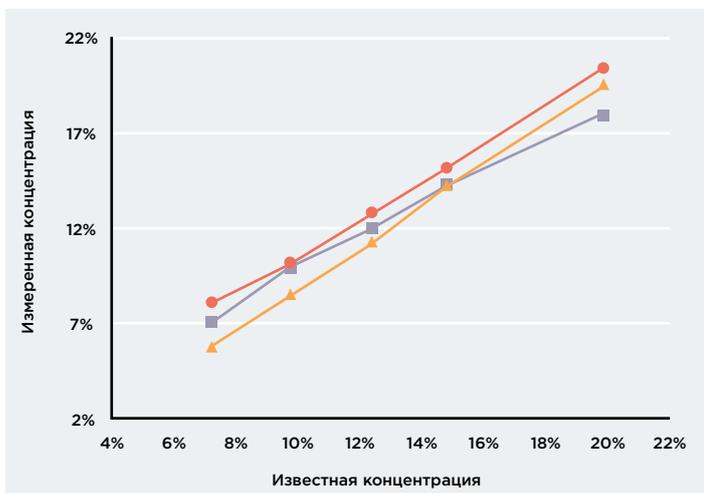
Важно, что Zestron® Bath Analyzer специально разработан и совместим только с отмывочными жидкостями на водной основе производства компании Zestron®. Кроме



4 Пример оценки состояния раствора с помощью тестового набора Zestron® Bath Analyzer 10



5 Цифровая измерительная система ZESTRON® EYE



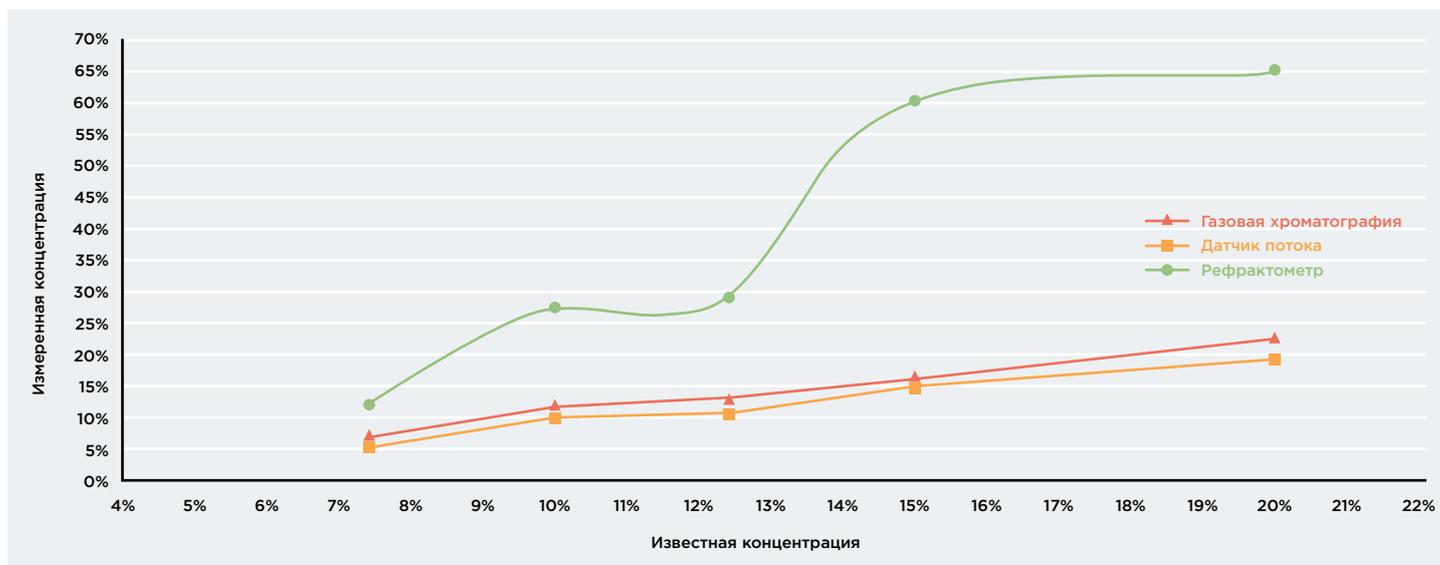
6 Результаты измерения концентрации для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA, датчик потока, газовая хроматография)

того, при анализе жидкости на щелочной основе цветовая реакция показывает, является ли щелочность отмывочного раствора удовлетворительной, что служит показателем наличия активных компонентов и рабочего состояния раствора (рис 4).

Одно из последних достижений в области исследований контроля концентрации жидкостей для отмывки печатных узлов — метод акустического измерения (Flowsensor). Концентрация и температура моющего раствора оцениваются в режиме реального времени с помощью встраиваемого в оборудование датчика потока. Примером такого датчика является цифровая измерительная система ZESTRON® EYE (рис 5). Система позволяет реализовать автоматизированное управление технологическим процессом отмывки, включая функции хранения и обработки результатов для контроля качества. ZESTRON® EYE используется только с отмывочными жидкостями Zestron®, так как они обладают уникальными акустическими характеристиками, гарантируя высокую точность измерений. Для подтверждения точности измерений датчика потока и тестового набора Zestron® Bath Analyzer 10 был проведен эксперимент, в ходе которого данные сравнивались с результатами измерения концентрации методом газовой хроматографии. На рис 6 представлены данные по измерению тремя разными методами для чистого раствора с известной концентрацией. Погрешность измерения акустическим методом находилась в пределах 1,6 % от известной концентрации при концентрации 10 % и выше.

Следует отметить, что применение метода акустического измерения ввиду высокой стоимости оборудования оправдано на массовых и особо ответственных производствах, где необходимо контролировать параметры технологического процесса отмывки печатных узлов. Если оборудование для отмывки имеет устройство автоматического долива, то при использовании датчика потока участие оператора по обслуживанию и контролю процесса сводится к минимуму.

Невозможность точно измерить и оценить концентрацию и состояние рабочего раствора с помощью рефрактометра, специфичность и ограниченность применения газовой хроматографии послужили движущей силой для разработки альтернативных методов



7

Концентрация насыщенного флюсом раствора, измеренная с использованием показателя преломления, газовой хроматографии и датчика потока. Влияние флюса 3 %

Практическое сравнение методов контроля состояния растворов для отмычки печатных узлов

Для того чтобы сравнить релевантность измерения каждого из рассмотренных методов, а также их практическое применение в производстве, было проведено несколько исследований. В качестве примера приведем два показательных исследования: в лабораторных условиях и на действующем производстве.

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Испытания проводились на установке струйной отмычки, моделируя насыщение раствора флюсом. Использовался жидкий флюс RMA с высоким содержанием твердых частиц. Как правило, по мере убывания отмывочного раствора из-за испарения и выноса добавляется концентрат отмывочной жидкости и/или деионизованная вода, тем самым минимизируется верхний предел накопления флюса. В данном исследовании был приготовлен раствор отмывочной жидкости с концентрацией 7,5 %, 10 %, 12,5 %, 15 % и 20 %, и каждая концентрированная проба насыщалась флюсом до 3 % по объему. Концентрация каждого насыщенного флюсом раствора измерялась с использованием рефрактометра, газовой хроматографии и датчика потока Рис. 7.

Анализ результатов лабораторного исследования:

1. Результаты измерения с использованием рефрактометра возрастают экспоненциально по мере увеличения концентрации отмывочной жидкости. При этом погрешность в определении концентрации составляла до 40 % в большую сторону.
2. Метод газовой хроматографии занижал известную концентрацию в среднем на 1 %.
3. Измерения с использованием акустического датчика потока завышали концентрацию в пределах 3 %.

Параметры технологического процесса для этого испытания детализированы в Т 2.

На основании результатов лабораторных исследований можно утверждать, что при измерении концентрации загрязненного раствора отмывочной жидкости с помощью рефрактометра данные могут существенно искажаться.

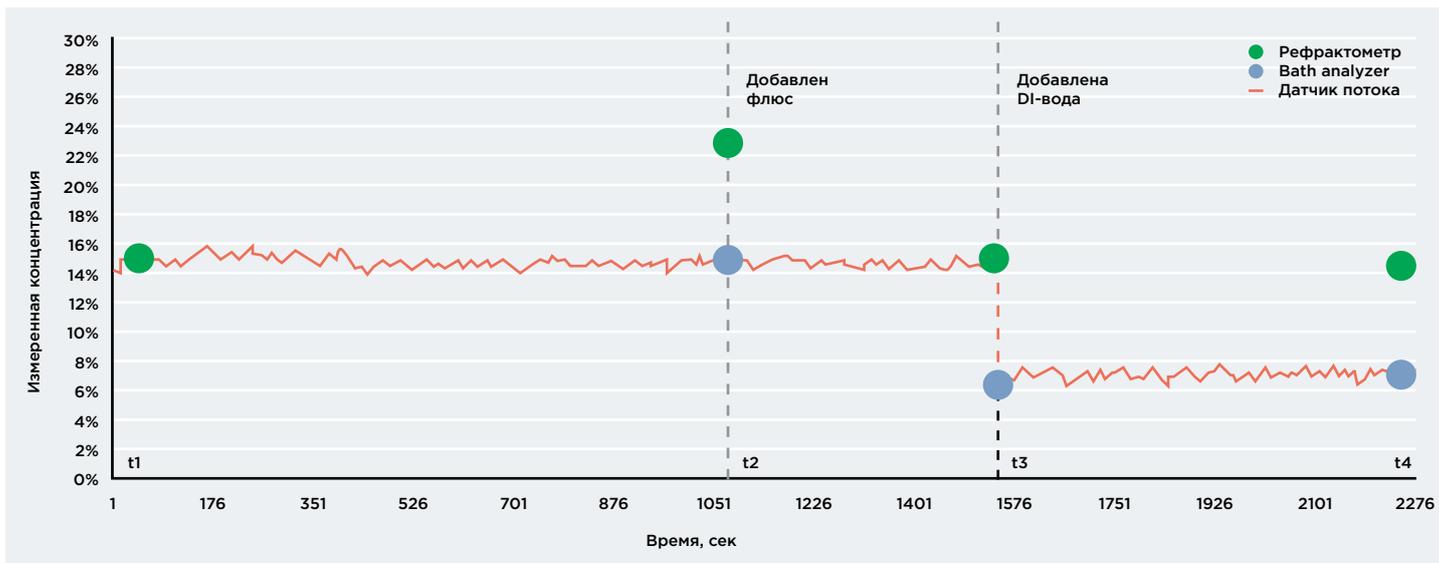
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Этап 1. Бак для отмывочной жидкости был наполнен свежеприготовленным раствором с начальной концентрацией 15 %. Использовался жидкий флюс с содержанием твердых частиц 33 %. Флюс добавлялся до концентрации 1 % по объему раствора отмывочной жидкости. Для оценки концентрации использовались следующие инструменты: рефрактометр, Zestron® Bath Analyzer 10 и акустический датчик потока. Как видно на Рис. 8, в течение всего цикла отмывки показатели датчика потока и ZBA 10 оставались постоянными, в то время как по-

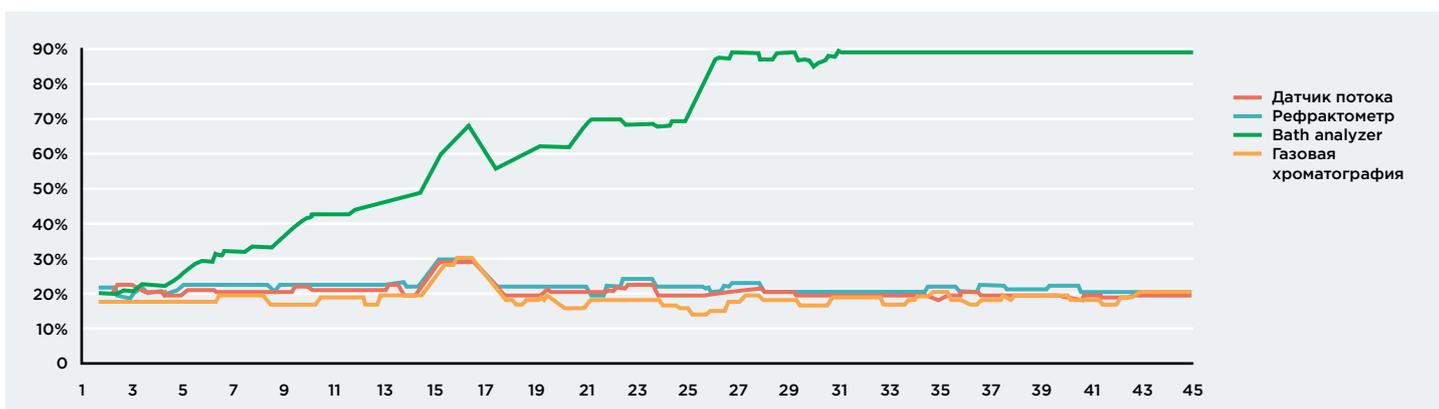
Т 2

Параметры технологического процесса отмычки для лабораторных испытаний

Тип отмывки	Струйная отмывка
Тип моющего реагента	Vigon A 250
Температура отмывочного раствора	70 °C
Начальная концентрация	15 %
Пониженная концентрация	7 %
Тип флюса	Жидкий флюс RMA (концентрированное содержание твердой фазы 33 %)
Насыщение флюсом	1 %



8 Анализ изменения концентрации рефрактометром, тестовым набором Zestron® Bath Analyzer 10 и акустическим датчиком потока



9 Сравнение данных по концентрации с помощью следующих методов: рефрактометр, тестовый набор ZBA 10, датчик потока, газовая хроматография

казатель преломления в разные моменты времени давал разные значения.

Как и ожидалось, в присутствии остатков флюса концентрация, измеренная с помощью показателя преломления, была завышена в обоих случаях. При насыщении флюсом на уровне 1 % акустический датчик потока

Т 3 Параметры технологического процесса отмывки для производственных испытаний

Тип отмывочной жидкости	Vigon A 250
Типы флюса	RMA и не требующий отмывки
Тип флюса для пайки волной	Не требующий отмывки
Тип установки	Струйная отмывка
Температура отмывочного раствора	60 °C
Заданная концентрация	от 10 до 16 %
Добавление деионизованной воды	Вручную
Тип датчика потока	Показания для концентрации

и ZBA 10 очень точно показывали концентрацию отмывочной жидкости даже при ее разбавлении наполовину.

Этап 2. На этом этапе концентрация отмывочной жидкости измерялась в рамках технологического процесса отмывки печатных узлов на одном из производств. Параметры технологического процесса детализированы в **Т 3**. Эксперимент длился 45 рабочих дней при смене 10 часов без замены содержимого. На протяжении испытаний клиент отбирал пробы из системы ежедневно. Концентрация раствора, которую показывала система акустического измерения, записывалась, а проба анализировалась на рефрактометре (по шкале BRIX), ZBA 10 и методом газовой хроматографии (GC).

На **рис 9** можно наблюдать следующее:

- По мере увеличения загрязнения раствора показатель преломления возрастает, увеличивается погрешность.
- Результаты ZBA 10, газовой хроматографии (GC) и датчика потока повторяют друг друга, указывая на точность измерения и регулирования концентрации.

Т 4

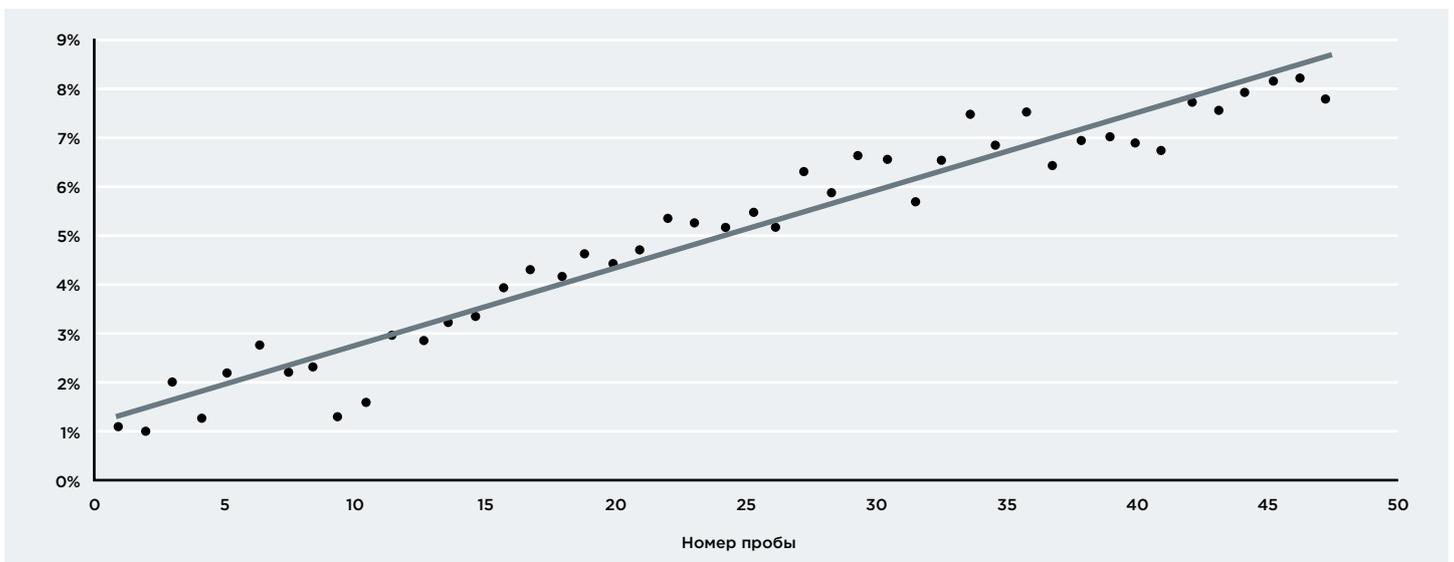
Сравнение методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе

Параметр	Zestron® Bath Analyzer	Рефрактометр	Газовая хроматография	Акустический датчик потока
Точность измерений*	++	+*	++	++
Стабильность измерений	++ Высокая стабильность при загрязнении	- Высокая чувствительность к загрязнению	+ Измерение концентрации зависит от типа загрязнений и отмывочной жидкости	++ Высокая стабильность при загрязнении
Временные затраты	++	++	-	++
Простота использования	++	++	-	++
Оценка pH	++	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Стоимость	++	+**	-	-

* для чистых растворов

** при нерелевантных данных может влиять на технологический процесс

++ отлично/ низко + хорошо/средне - плохо/ высоко



10

Анализ сухого остатка

На графике видно, что отклонение показателей рефрактометра от установленной концентрации было намного меньше по сравнению с данными лабораторного исследования рис 7. Это объясняется тем, что в ходе эксперимента контроль концентрации раствора проводился на основании данных, полученных при помощи тестового набора ZBA 10. Чтобы подтвердить предположение об увеличении количества загрязнений в системе отмывки с течением времени, было принято решение проанализировать сухой остаток. Как и ожидалось, количество сухого остатка постепенно увеличивалось. Результаты, приведенные на рис 9, показывают, что количество загрязнений стабильно возрастало приблизительно до 7,5 % в течение 45-дневного эксперимента. Несмотря на более чем семикратное увеличение загрязнений использование ZBA 10 позволяло точно измерять концен-

трацию и поддерживать качество отмывки на требуемом уровне.

Практический эксперимент показывает, что отклонение показателей рефрактометра от установленной концентрации увеличивается с ростом загрязнений в растворе отмывочной жидкости. При насыщении раствора загрязняющими веществами возрастает погрешность показателя преломления. При этом данные о состоянии раствора, полученные при помощи тестового набора Zestron® Bath Analyzer, соответствуют действительным значениям вне зависимости от количества загрязнений в растворе.

Таким образом, основываясь на результатах экспериментов и исследований, можно составить сравнительную таблицу методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе Т 4.

Заключение

В статье рассмотрены особенности и приведены сравнительные исследования распространенных методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе. Показано, что загрязнения с поверхности печатного узла сильно влияют на точность метода, использующего показатель преломления (рефрактометр), внося значимую погрешность в этот метод измерения. Расхождение в данных о концентрации жидкости может привести к снижению качества отмывки и быстрому истощению раствора. Напротив, влияние загрязняющих веществ на точность показаний других методов (ZBA 10, акустический датчик потока, газовая хроматография) минимально. Дополнительно тестовый набор Zestron® Bath Analyzer 10 позволяет оценить такой важный параметр, как уровень pH жидкости, напрямую влияющий на способность раствора отмывать загрязнения с поверхности печатного узла.

Ввиду сравнительно высокой стоимости и ограниченности применения таких методов как газовая хроматография и акустическое измерение использование тестовых наборов Zestron® Bath Analyzer является простым и релевантным методом, который позволяет с высокой точностью контролировать состояние отмывочной жидкости на водной основе и обеспечивает следующие преимущества для вашего производства:

- повышение качества и стабильности отмывки;
- уменьшение себестоимости процесса отмывки;
- сокращение расхода отмывочной жидкости;
- увеличение срока жизни отмывочной жидкости.

На сегодняшний день тестовые наборы Zestron® Bath Analyzer представляют собой единственную доступную альтернативу дорогостоящим методам измерения концентрации отмывочных жидкостей на водной основе, обеспечивающую достоверные и стабильные результаты измерений независимо от степени загрязнения раствора.

На сайте направления технологических материалов <http://www.ostec-materials.ru/> в разделе «Контроль отмывочной жидкости» можно ознакомиться с технологической информацией о тестовых наборах Zestron® Bath Analyzer. 

На сайте направления технологических материалов <http://www.ostec-materials.ru/> в разделе «Контроль отмывочной жидкости» можно ознакомиться с технологической информацией о тестовых наборах Zestron® Bath Analyzer. 

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Х. Вак (H. Wack), «Limitations of Refractive Index» (Ограничения метода показателя преломления), CIRCUITS ASSEMBLY, апрель 2009 г.
2. Уильям Т. Райт (William T. Wright), «Managing Wash Lines and Controlling White Residue by Statistical Process Control» (Управление отмывочными линиями и контроль белого остатка на основе статистического управления процессом), SMTA International Proceedings, сентябрь 2003 г.
3. Умут Тосун (Umut Tosun), «Concentration Monitoring and Closed Loop Control — A Technological Advancement» (Контроль концентрации и регулирование с обратной связью — технологические достижения), SMTA International Proceedings, октябрь 2013 г.
4. Майкл МакКатчен (Michael McCutchen), «Precision and Accuracy in a Cleaning Process» (Точность и погрешность в процессе отмывки), PCD&F/ CIRCUITS ASSEMBLY, август 2012 г.
5. Вячеслав Ковенский, «Состояние раствора отмывочной жидкости как фактор, способствующий повышению качества отмывки», Информационный бюллетень «Поверхностный монтаж», № 6, декабрь 2009 г.

Управление производством в MES-системе СМАРТ



Текст: **Денис Кулицкий**



В предыдущих номерах научно-практического журнала «Вектор высоких технологий» мы уже описывали программно-аппаратный комплекс управления производством СМАРТ в целом, а также рассмотрели модули прослеживаемости и качества. В этой статье речь пойдёт о модуле управления производством.



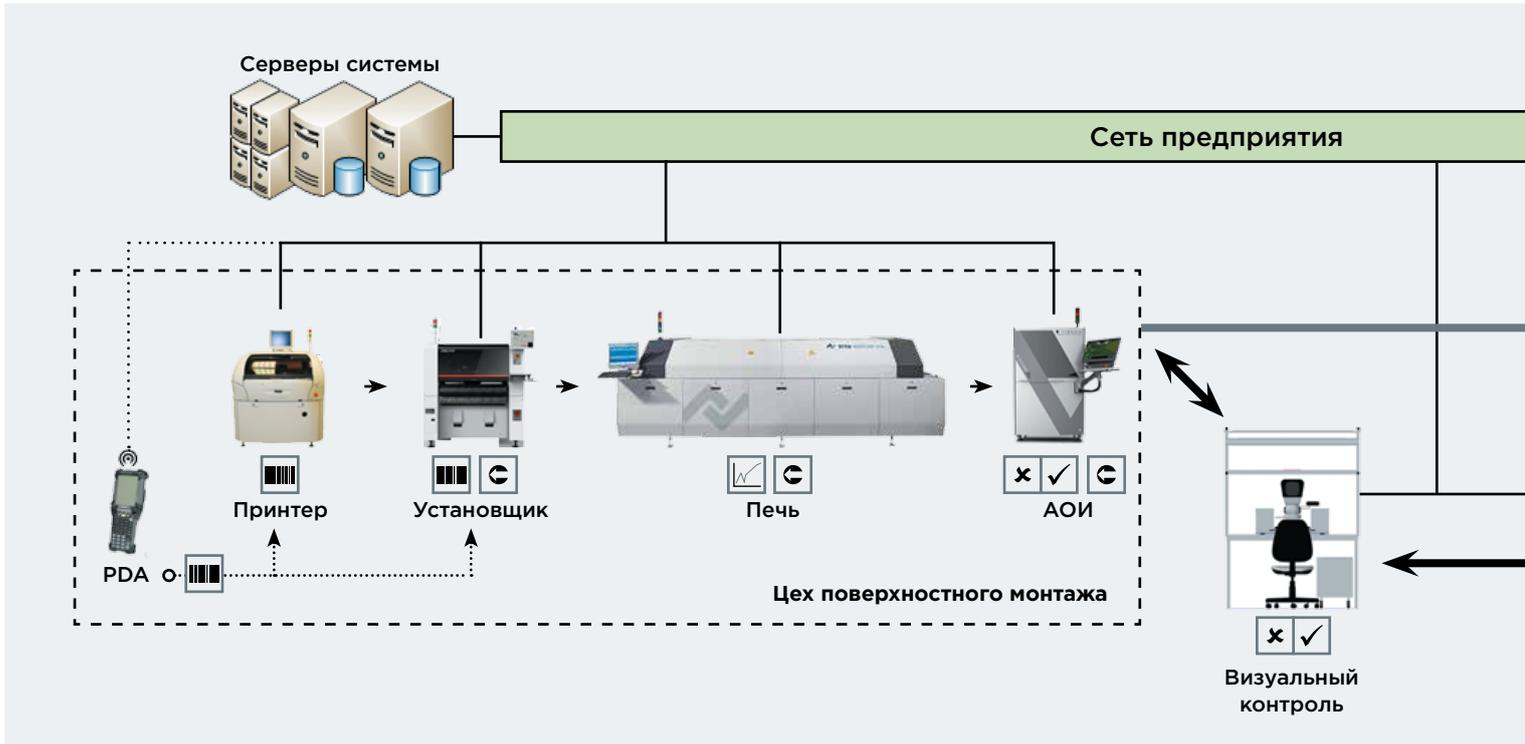
В условиях постоянно растущей конкуренции как со стороны внутреннего рынка, так и со стороны иностранных производителей современному предпринимателю все чаще приходится задумываться о снижении стоимости изделий при сохранении требуемого уровня качества; при этом заказчики требуют минимальнейших сроков выполнения своих заказов. Поэтому возникает необходимость сокращать затраты за счет повышения производительности труда и еще более эффективного использования ресурсов предприятия.

Как известно, производительность труда измеряется количеством продукции, выпущенной на единицу ресурса (станка, работника), а эффективность труда выражает степень результативности труда при наименьших трудовых затратах. Эффективность труда, в отличие от производительности труда, выражает не только количественные, но и качественные результаты. Другим важным достоинством показателя эффективности труда является отражение в нем экономии трудовых ресурсов. Постоянная оценка производительности и эффективности использования ресурсов — мощный инструмент, он необходим для принятия управленческих решений, направленных на повышение общей эффективности работы предприятия.

Все модули системы СМАРТ тесно взаимосвязаны и используют свои данные для общих аналитических отчетов. Поэтому для корректной работы модуля управления производством необходим сервис прослеживаемости, а также подключение к автоматизированным рабочим местам и оборудованию производственных линий.

Факторы, влияющие на производительность и эффективность работы производственных ресурсов:

- **Подготовка производства.** Производственный процесс и скорость изготовления продукции зависят от комплектации оснасткой и инструментом, соответствия комплектации изделий спецификации и требованиям к упаковке, корректности подготовки управляющих программ для станков и разработанных технологических карт.
- **Складская и производственная логистика.** Длительная подготовка комплектации, малая скорость доукомплектования, лишние межцеховые и внутрицеховые перемещения существенно снижают производительность и эффективность процессов.
- **Проведение регламентных работ и своевременного технического обслуживания.** При планировании работ необходимо учитывать периодичность обслуживания оборудования, т.к. выход из строя одного станка может вызвать простой всего производства, что скажется на эффективности и выразится в колоссальных денежных потерях.



1 Вариант организации мониторинга на предприятии с помощью комплекса SMART

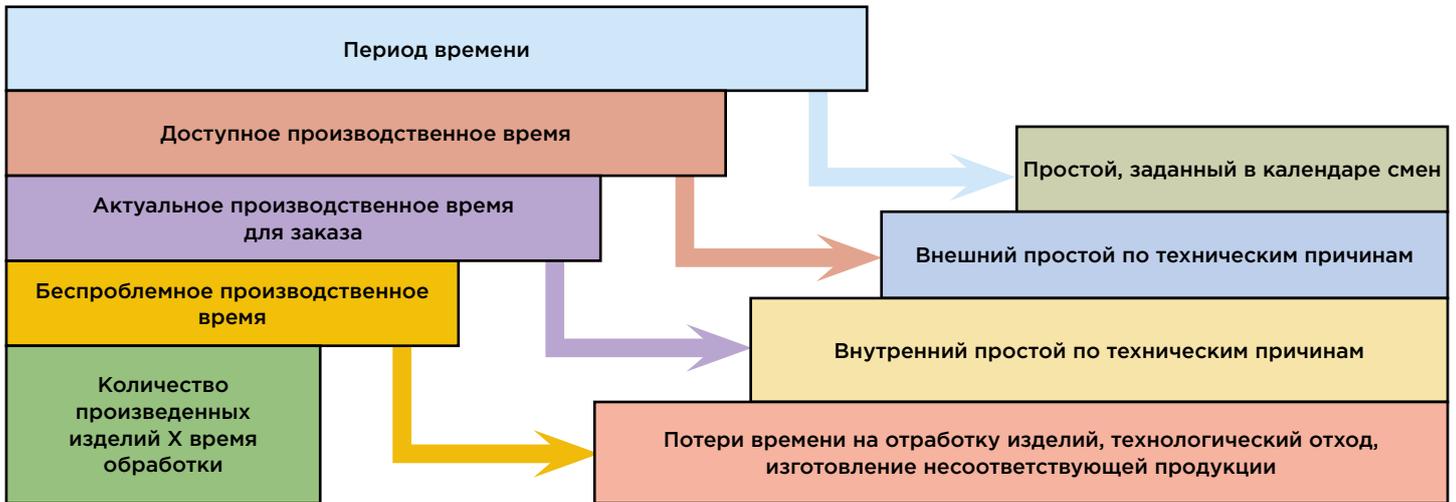
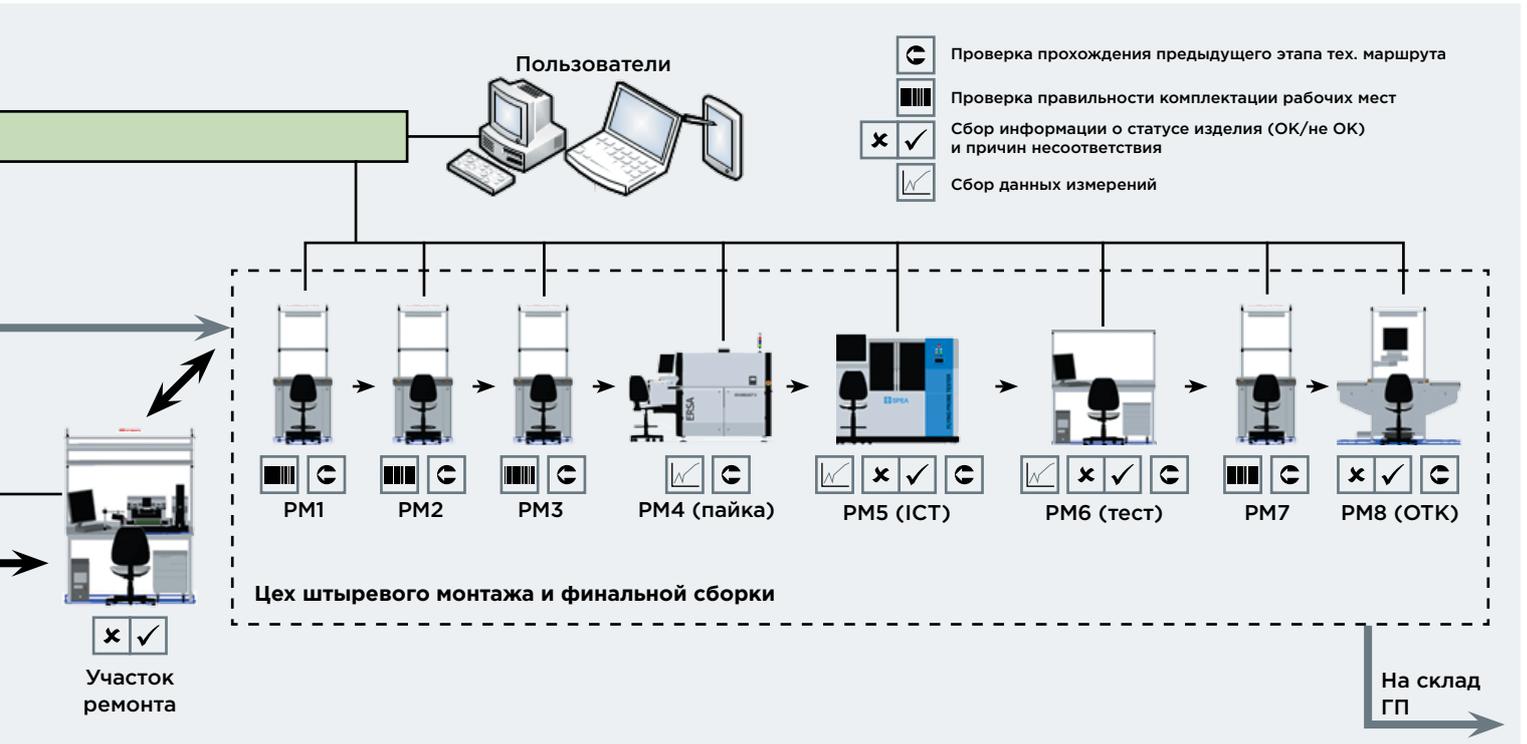
Рассмотрим пример реализации сбора информации о состоянии производственных ресурсов при помощи системы SMART на предприятии рис 1.

В данном примере в системе организована отслеживаемость на всем цикле производства изделия. Автоматизированные рабочие места оснащены дополнительным стационарным считывателем штрихкода, а на ручных рабочих местах штрихкод считывается работником. Подключение к оборудованию поверхностного и штыревого монтажа осуществляется с помощью протоколов файлового обмена. Система периодически опрашивает log-файлы и обновляет информацию в базе данных. Подключение к установщику компонентов поверхностного монтажа происходит по интерфейсу API, что позволяет в режиме реального времени оценивать его состояния 1 1.

Только одно из состояний машин считается полезной работой — «Производство» — и может учитываться при расчете показателя эффективности работы оборудования (ОЕЕ), позволяющего комплексно оценить эффективность построения производственного процесса за исключением входной и выходной логистики. Показатель ОЕЕ используется для идентификации потерь, возникающих как на отдельной установке, так и на производственной линии, и позволяет отслеживать происходящие улучшения/ухудшения за определенный промежуток времени. Ухудшение значения ОЕЕ может указать на скрытую или неиспользуемую мощность технологического процесса. Практика показала, что зачастую этот коэффициент, при правильном подсчете, не превышает 50 %. Поэтому сокращение простоев, подготовительных работ и различных ожиданий открывает

1 1 Состояния производственного оборудования согласно стандарту SEMI E10

		Состояния станка	
Время простоя	Нерегламентированные простои	Переналадка оборудования	Ожидание оператора
		Регламентированные простои	Регламентное обслуживание оборудования
		Производственные тесты	Настройка оборудования
		Ожидание отсутствующей комплектации, оператора	
Время работы		Подготовка управляющих программ	Производство



2 Схема распределения полезного рабочего времени оборудования ко всему времени цикла изготовления продукции

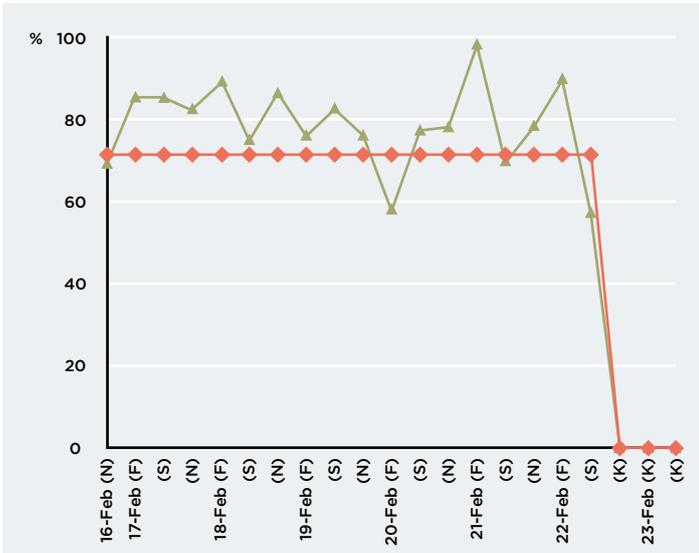
огромные возможности для повышения эффективности производственных ресурсов. На рис 2 схематично показана доля полезного времени в общем периоде времени, которое требуется на изготовление той или иной продукции.

Общая эффективность использования производственных ресурсов рассчитывается по формуле:

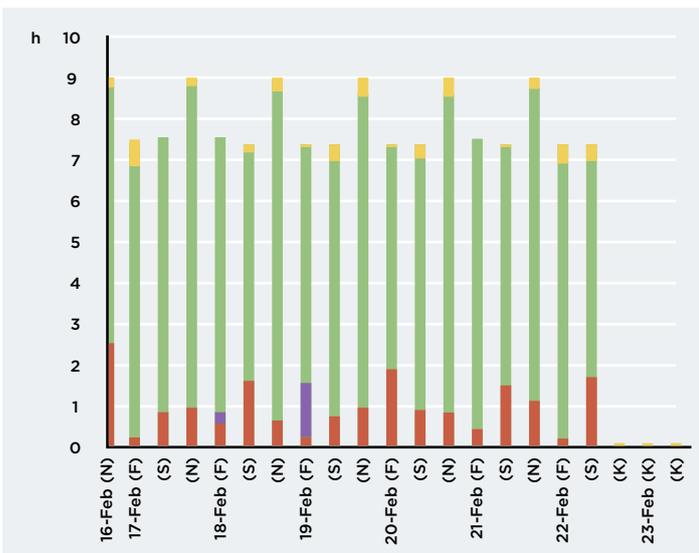
$$OEE = \frac{\text{Доступное производственное время}}{\text{Количество произведенных изделий X время обработки}}$$

Функционал системы SMART позволяет подключаться к любому оборудованию с помощью сетевых протоколов и считывать информацию о работе, а также интерпретировать полученные данные в удобный для пользователя форме.

Данные измерений также могут собираться и с элементов производства, не связанных непосредственно с автоматизированным оборудованием, но обладающих датчиками, сканерами, терминалами, клиентскими рабочими местами. К таким элементам можно отнести печи оплавления и селективные паяльные станции, контроллеры энергоресурсов, рабочие места монтажников, паяльные станции, ремонтные центры и т.п.

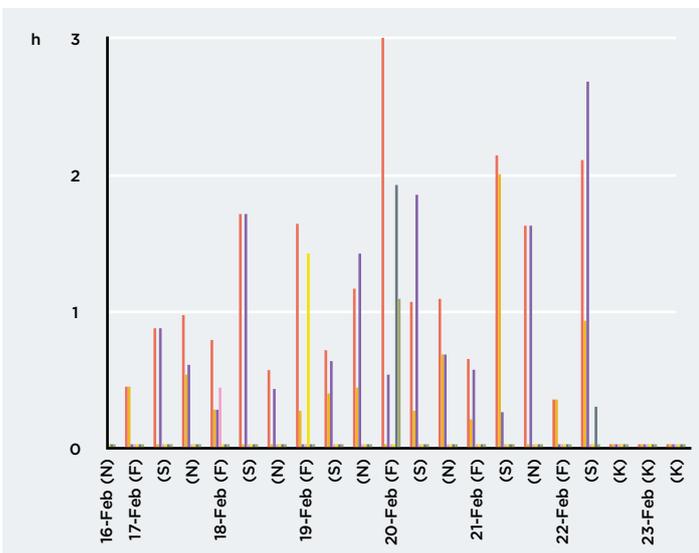


4 Вывод информации по состоянию станка в пользовательском интерфейсе SMART



На рис 3 приведены примеры графиков простоев, переналадок и производственного времени для оборудования поверхностного монтажа за период времени.

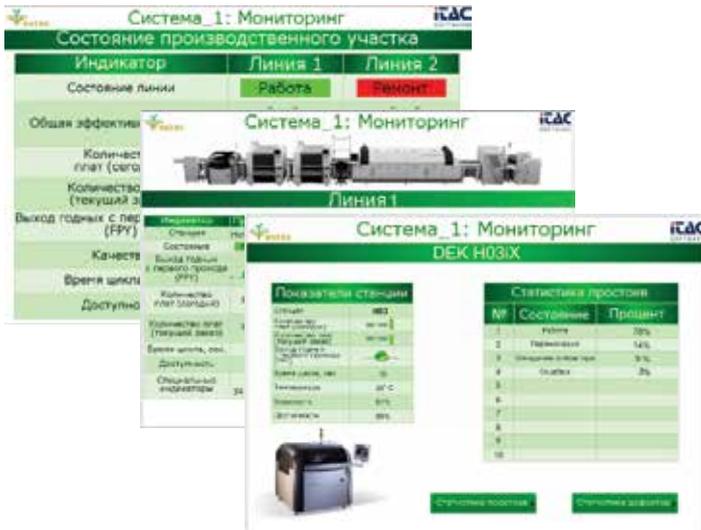
Данные по измерениям могут служить основой для подготовки детальных отчетов о работе участков или производства в целом. При этом анализ может проводиться по периоду времени, по отдельному станку, по определенному заказу или виду изделия, что позволяет комплексно изучать выполняемую работу, находить узкие места и принимать обоснованное решение по оптимизации производственного и технологического процесса рис 4.



3 Примеры графиков состояния оборудования участка поверхностного монтажа за период времени



5 Мобильное приложение и BI-портал



6 Панель визуализации производственного процесса

изводства, представляющий собой графическое интерактивное приложение, которое выводит данные на информационное табло или рабочий монитор пользователя рис 6.

Использование модулей управления и обеспечения качества на производстве позволяет предприятию оперативно реагировать на процесс производства изделий, обеспечивать проведение мероприятий по глобальному управлению качеством и снижать издержки, связанные с возникновением брака и мерами по его устранению. Использование модуля управления производством дает возможность влиять на повышение производительности и эффективности использования производственных ресурсов и тем самым сокращать издержки, связанные с подготовкой производства, простоями, логистикой и т.д.

Стандартные интерфейсы системы SMART позволяют генерировать отчеты в различной форме, а использование специализированной надстройки Business Intelligence дает возможность гибко настроить формы отчетов и иметь к ним доступ в любой момент времени.

В системе реализована возможность доступа к информации о производственных процессах из любого места с любого устройства. Для этого разработаны специальные приложения для мобильных устройств на платформах Android и iOS и реализован доступ через WEB-интерфейс при помощи так называемого BI-портала рис 5. Данное интернет-приложение позволяет удаленно получать отчеты и в режиме реального времени наблюдать за состоянием производства.

Логичное продолжение модуля управления производством — модуль визуализации состояния про-

Полностью раскрыть потенциал и возможности системы SMART в рамках одной или нескольких статей — сложная задача. Поэтому в следующих номерах мы рассмотрим процесс интеграции системы в производство и решение для обеспечения прослеживаемости и мониторинга для одной производственной линии Smart.Monitoring. ↘

ОПТИМИЗАЦИЯ

Автоматизация технологической подготовки производства



Текст: **Станислав Гафт**

”

Одна из основных задач, решаемых при построении эффективного приборного производства — обеспечение условий быстрого внедрения и вывода на рынок новых изделий. И это учитывая, что при разработке новых приборов необходимы, по крайней мере, 2-3 итерации, а по существующей на данный момент международной практике — до пяти. Каждая такая итерация сопровождается изготовлением прототипа (опытного/лабораторного образца) в качестве физического макета для проверки корректной реализации функций, определенных техническим заданием на разработку. Это, в свою очередь, означает, что в процессе разработки нового прибора от её начала до вывода изделия на рынок необходимо изготовить от трех до пяти различных (модифицируемых) вариантов нового прибора. Для каждого из этих вариантов нужно провести технологическую подготовку производства. Таким образом, время вывода нового изделия на рынок в значительной степени определяется периодом изготовления нового варианта прибора.

Современный прибор, как правило, нельзя изготовить «по старинке», используя классические радиолюбительские методы с травлением печатных плат на кухне в фотокювете и пайки оплавлением в газовом духовом шкафу: слишком малы стали компоненты, резко снизился шаг выводов, возросли требования к температурам и скорости её изменения при оплавлении. Настоятельной необходимостью стало использование современных методов и инструментов проектирования, подготовки производства и изготовления. Резко возросли требования к методам инспекции и контроля качества при изготовлении печатных узлов: слишком трудно, долго и дорого стало искать потенциальный дефект глазами даже при отладке опытных образцов печатных узлов современных приборов. Учитывая, что при разработке нового изделия требуется до пяти итераций и при прохождении каждого этапа необходимо изготовить физический макет для контроля свойств и характеристик на соответствие их техническому заданию, время вывода новых изделий на рынок в значительной, если не в решающей, степени стало зависеть от скорости проведения технологической подготовки производства и уровня автоматизации этого процесса.

Конструктор — лучший технолог

Качество конструирования зависит, прежде всего, от добросовестности исполнителя. Нельзя конструировать современный прибор, если не знаешь или не понимаешь технологию его изготовления. А вот при формальном подходе к этому процессу обычно и создаются нетехнологичные, нетестопригодные, неремонтопригодные приборы.

Причина одна: «Да не моё это дело обеспечивать технологичность и тестопригодность! Изделие работает? Скажите мне спасибо! Художника каждый обидеть может! Душа ведь у него ранимая!» Думаю, что эти слова в той или иной интерпретации можно услышать практически на любом предприятии.

Учитывая всё сказанное выше, перед проведением процесса технологической подготовки производства необходимо проверить разработанную на новое изделие конструкторскую документацию на соответствие установленным на предприятии нормам, как правило, для этого разрабатываются и утверждаются соответствующие стандарты предприятия. Такая проверка должна проводиться на этапе согласования, например, специалистом в отделе главного технолога, который ставит подпись в графе «Тех. контроль». И, конечно, было бы хорошо, если бы система управления помогла автоматизировать и этот процесс.

Проверка конструкторской документации

Нужно понимать, что чем выше уровень автоматизации процесса, тем больше ограничений накладывается на разрабатываемые и используемые документы. Что необходимо проверить при приёмке конструкторской документации?

1. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ РАЗРАБОТАННОГО ИЗДЕЛИЯ, ВКЛЮЧАЯ:

- 1.1. Соответствие применённых компонентов ограничительному перечню.
- 1.2. Наличие типового технологического процесса для изготовления изделия (сборочной единицы).
- 1.3. Соответствие уровня автоматизации, которая может быть обеспечена при типовом технологическом процессе на данном заводе-изготовителе для данного изделия и соответствие этого параметра утверждённому значению. Например, если на предприятии для новых изделий, предлагаемых к постановке на серийное производство, утверждён уровень автоматизации не менее 95 %, то при уровне автоматизации 90 % потребуются дополнительное согласование.

Система управления в процессе проведения проверки технологичности изделия должна:

- проверить возможность автоматической установки всех компонентов, входящих в состав изделия (печатного узла сборочной единицы, прибора);
- вычислить уровень автоматизации как частное от деления количества компонентов, которые могут быть установлены автоматически существующим (или предполагаемым к закупке в процессе технического перевооружения в ближайшее время) автоматическим сборочным оборудованием к общему числу компонентов;
- представить отчёт с объяснением причин (который можно использовать и для выработки замечаний и рекомендаций конструкторам и схемотехникам) для повышения уровня технологичности данного изделия для компонентов, которые не могут быть установлены автоматически;
- проверить соответствие норм проектирования печатных плат и подложек с учётом утверждённых стандартов предприятия (СТП) и выдать замечания и рекомендации в случаях несоответствия:
 - ♦ размеров контактных площадок на печатных платах и подложках;

- ♦ минимальных расстояний между:
 - печатными проводниками;
 - печатными проводниками и контактными площадками;
 - контактными площадками и краем платы;
 - печатными проводниками и краем платы;
 - контактными площадками и неметаллизированными отверстиями в печатной плате;
 - печатными проводниками и неметаллизированным отверстием в печатной плате;
 - корпусами компонентов.

1.4. Необходимость внедрения новых технологических операций и/или нового технологического процесса. При анализе компонентов прибора с точки зрения возможности проведения автоматического монтажа и пайки система выявит те компоненты, которые нельзя монтировать существующим автоматическим сборочным оборудованием, и, в некоторых случаях, те компоненты, которые нельзя смонтировать без модификации существующего типового технологического процесса. При этом типовой технологический процесс совершенствуется и дорабатывается (в том числе и за счёт использования нового технологического оборудования), расширяется номенклатура обрабатываемых компонентов.

2. ТЕСТОПРИГОДНОСТЬ РАЗРАБОТАННОГО ИЗДЕЛИЯ, ВКЛЮЧАЯ:

2.1. Стратегию контроля.

2.2. Потенциальные дефекты: таблица (база данных) потенциальных дефектов, включая:

- технологические;
- дефекты компонентов;
- выбор стратегии контроля для обеспечения диагностики и локализации каждого потенциального дефекта двумя различными методами (пример в **Т 1**: резистор R1 0603 1к ± 5 %).

2.3. Расчёт коэффициента тестового покрытия.

Коэффициент тестового покрытия рассчитывается системой как отношение количества потенциальных дефектов, которые будут диагностированы с помощью существующего на данный момент и/или внедрённого к моменту начала серийного производства данного изделия тестового, инспекционного и контрольного оборудования, к общему количеству потенциальных дефектов.

3. РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ РАЗРАБОТАННОГО ИЗДЕЛИЯ

Ремонтопригодность (англ. maintainability) — свойство объекта, приспособленность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность — одно из основных свойств надёжности; заключается в приспособленности изделия (технического устройства) к проведению различных

работ по его техническому обслуживанию и ремонту. Р. определяется эксплуатационной и ремонтной технологичностью изделия. Эксплуатационная технологичность — приспособленность к работам, выполняемым при техническом обслуживании, а также при подготовке изделия к эксплуатации, в процессе и по окончании её. Ремонтная технологичность — приспособленность к быстрому, удобному проведению ремонта. В более узком смысле под Р. понимают приспособленность устройства к удобному и быстрому осуществлению отдельных технологических операций при его обслуживании, ремонте, контроле технического состояния, при разборке (сборке) узлов и деталей устройства, их контроле и замене. Р. обеспечивается при проектировании и изготовлении изделия — правильным выбором конструкции и соблюдением технологии производства. Поддержание Р. в процессе эксплуатации изделия достигается рациональной системой технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность нового изделия может быть оценена как отношение количества потенциальных дефектов, которые могут быть устранены путем ремонта (замены компонента) к общему количеству компонентов на любой стадии процесса изготовления изделия, прибора, печатного узла, сборочной единицы.

Выходные продукты, которые необходимо получить от системы управления в процессе технологической подготовки производства

Какие данные и в каком виде необходимо получить от системы управления по окончании проведения процесса технологической подготовки производства?

Данные и оснастка для производства печатных плат:

- конструкторская документация;
- технологическая документация;
- программы сверления и фрезерования;
- программы вычерчивания фотошаблонов;
- программы контроля печатных плат (в том числе и для внутренних слоёв) для автоматической оптической инспекции;
- программы для электрического контроля печатных плат;
- адаптер для электрического контроля печатных плат.

Данные и оснастка для изготовления печатных узлов:

- конструкторская документация;
- технологическая документация (включая комплектовочные спецификации для рабочих мест при комплектовании);

T 1

Типы потенциальных дефектов и методы их диагностики и локализации в процессе производства

Тип потенциально-го дефекта	Критерий несоответствия	Контрольные (инспекционные) операции								
		Входной контроль ККМ		Сборка печатных узлов						
		Контроль внешнего вида	Контроль электрических параметров	АОИ качества нанесения паяльной пасты	АОИ качества монтажа перед оплавлением	АОИ качества монтажа и паяных соединений после оплавления	Внутрисхемный контроль	Рентгеновская инспекция печатных узлов	Периферийное сканирование	Функциональный контроль печатных узлов
Отсутствие компонента	Нет (не обнаружен) корпус компонента в заданной области				+	+	+	+		
Несоответствующая полярность установленного компонента	Нет метки в заданной области				+	+	+	+		
Несоответствие размера корпуса компонента	Несоответствие размера				+	+				
	Деформация вывода				+	+				
Несоответствие номинала R1 0603 1к ± 5 %	$950 \text{ Ом} < R_{\text{измеренное}} > 1050 \text{ Ом}$		+					+		
Несоответствие качества паяных соединений	Недостаточное количество паяльной пасты			+		+			+	
	Избыточное количество паяльной пасты			+		+			+	
	Неудовлетворительная форма галтели припоя					+				
	Короткое замыкание					+	+	+		
	Увеличенное количество пустот в паяных соединениях								+	

- операция нанесения паяльной пасты методом трафаретной печати:
 - ◆ программы изготовления трафаретов (для каждой стороны);
 - ◆ трафареты (для каждой стороны);
 - ◆ программы нанесения паяльной пасты (для каждой стороны).
- операция нанесения паяльной пасты/клея методом дозирования:
 - ◆ программа нанесения паяльной пасты/клея методом дозирования.
- операция контроля качества нанесения паяльной пасты методом автоматической оптической инспекции (АОИ):
 - ◆ программы контроля качества нанесения паяльной пасты методом АОИ.
- операция автоматического монтажа компонентов на поверхность печатной платы:
 - ◆ программы монтажа компонентов на поверхность (для каждой стороны).
- операция контроля качества монтажа компонентов на поверхность печатной платы методом АОИ:
 - ◆ программы контроля качества монтажа компонентов методом АОИ (для каждой стороны).
- операция оплавления:
 - ◆ программы оплавления печатного узла конвекционным (парофазным) методом для каждой стороны.
- операция контроля качества монтажа и паяных соединений методом АОИ:
 - ◆ программы контроля качества монтажа компонентов и паяных соединений методом автоматической оптической инспекции (для каждой стороны).

- операция контроля качества монтажа и паяных соединений методом (автоматической) рентгеновской инспекции:
 - ◆ программа контроля качества паяных соединений методом (автоматической) рентгеновской инспекции.
- операция контроля качества печатных узлов методом автоматического внутрисхемного контроля:
 - ◆ программа внутрисхемного электрического контроля печатного узла;
 - ◆ адаптер внутрисхемного электрического контроля печатного узла.
- операция функционального электрического контроля печатного узла:
 - ◆ программа функционального электрического контроля печатного узла;
 - ◆ адаптер для функционального контроля электрического контроля печатного узла.
- операция отмывки печатного узла:
 - ◆ программа отмывки.
- операция селективного нанесения (и сушки) влагозащитных покрытий:
 - ◆ программы (для каждой из сторон).

Данные для производства кабелей и жгутов:

- конструкторская документация;
- технологическая документация;
- операция автоматической раскладки проводов:
 - ◆ программа раскладки.
- операция автоматического электрического контроля качества изготовления жгута:
 - ◆ программа электрического контроля;
 - ◆ адаптер для электрического контроля.

Данные для финишной сборки приборов:

- конструкторская документация;
- технологическая документация;
- операция автоматического функционального контроля:
 - ◆ программа функционального контроля;
 - ◆ адаптер функционального контроля.
- операция электротермотренировки:
 - ◆ программа электротермотренировки;
 - ◆ оснастка (драйверы/нагрузки).

Учитывая многообразие технологических и контрольных операций, используемых при изготовлении современных приборов, автоматизация процесса технологической подготовки производства в настоящий момент является ключевым процессом, который может обеспечить быстрый вывод на рынок новых изделий, а это — одно из условий построения эффективного производства.

Организация автоматизированных рабочих мест технологов в цифровой системе управления приборным производством «Логос»

Разнообразные технологические переделы современного приборного производства связаны с необходимостью быстрого вывода на рынок новых изделий, для обеспечения конкурентоспособности которых при изготовлении и необходима концентрация различных технологий на одном предприятии. Но при этом усложняется задача управления таким производством, в частности, проведение технологической подготовки (ТПП) при постановке на производство новых изделий, проведение изменений в конструкторской документации (КД) и связанных с ними изменений в технологической документации (ТД). Указанные задачи возложены на технологов, которые и отвечают за приемку КД, подготовку ТД, изготовление оснастки и нестандартного оборудования, подготовку управляющих программ. Качество проведения ТПП и сопровождения изделий в процессе изготовления напрямую влияют на повторяемость технических характеристик выпускаемой продукции. Поэтому в процессе разработки современной цифровой системы управления приборным производством особое внимание было уделено организации рабочих мест технологов, начальника технологического отдела и главного технолога.

Готовность изделий к производству				Отметки готовности				
Наименование изделия	Обозначение изделия	Технологический процесс	Планировый срок завершения подготовки	ИД	ТД	оснастка	управляющие программы	нестандартное оборудование
1	УФРК-10	ГНДЖ.672683.104	ГНДЖ.20233.00023	08.07.2015	14.03.2015	в работе		17.03.2015
2	Микроборка	ЮНПС.471288.005	ГНДЖ.20130.00029	15.06.2015	04.03.2015	не готово	не готово	не готово
3	Модель	ЮНПС.681590.108	ЮНПС.30224.00107	01.06.2015	14.03.2015	в работе		в работе
4	Платона	ЮНПС.471288.010	ЮНПС.20209.00236	15.06.2015		не готово		
5	Жуу	ЮНПС.376689.077	ГНДЖ.20320.00030	01.06.2015	14.03.2015	09.23.2015		
6	Микроборка	ЮНПС.471288.011	ГНДЖ.20130.00028	15.06.2015	в работе	не готово	16.03.2015	не готово
7	Микроборка	ЮНПС.471288.003	ГНДЖ.20121.00003	15.06.2015	не готово	не готово	не готово	не готово
8	Платона	ЮНПС.471288.022	ЮНПС.20209.00240	15.06.2015	не готово	не готово	не готово	не готово
9	Жуу	ЮНПС.376689.038	ГНДЖ.20320.00030	01.06.2015	04.03.2015	в работе	17.03.2015	в работе
10	Платна, оплавляем	ГНДЖ.279651.129	ГНДЖ.20076.00109	01.06.2015	01.03.2015	01.03.2015		07.03.2015
11	Модель	ЮНПС.681591.001	ЮНПС.30231.00001	01.06.2015	16.02.2015	16.02.2015	в работе	22.03.2015
12	АРМ "Биста-В"	НУП.687264.035	ГНДЖ.23476.00004	20.04.2015	14.08.2014	21.11.2014		22.11.2014
13	Микроборка	ЮНПС.471288.012	ГНДЖ.20130.00011	01.06.2015	10.08.2014	02.10.2014	не готово	не готово
14	Жуу	ЮНПС.376689.007	ГНДЖ.20320.00112	01.06.2015	10.09.2014	01.10.2014	не готово	не готово
15	Модель оплавляем	ГНДЖ.687264.027	ГНДЖ.23476.00116	03.04.2015	29.12.2014	в работе	не готово	в работе
16	Сопоставление	ГНДЖ.237662.008	ГНДЖ.20009.00101	01.06.2015	29.12.2014	в работе		
17	Платона	ЮНПС.471288.022	ЮНПС.20209.00240	15.06.2015	10.08.2014	в работе	не готово	в работе
18	Платна переносим	ГНДЖ.687264.052	ЮНПС.30024.00142	01.04.2015	04.01.2015	04.01.2015	не готово	не готово
19	Жуу	ЮНПС.376689.038	ГНДЖ.20320.00030	01.06.2015	10.09.2014	01.10.2014		

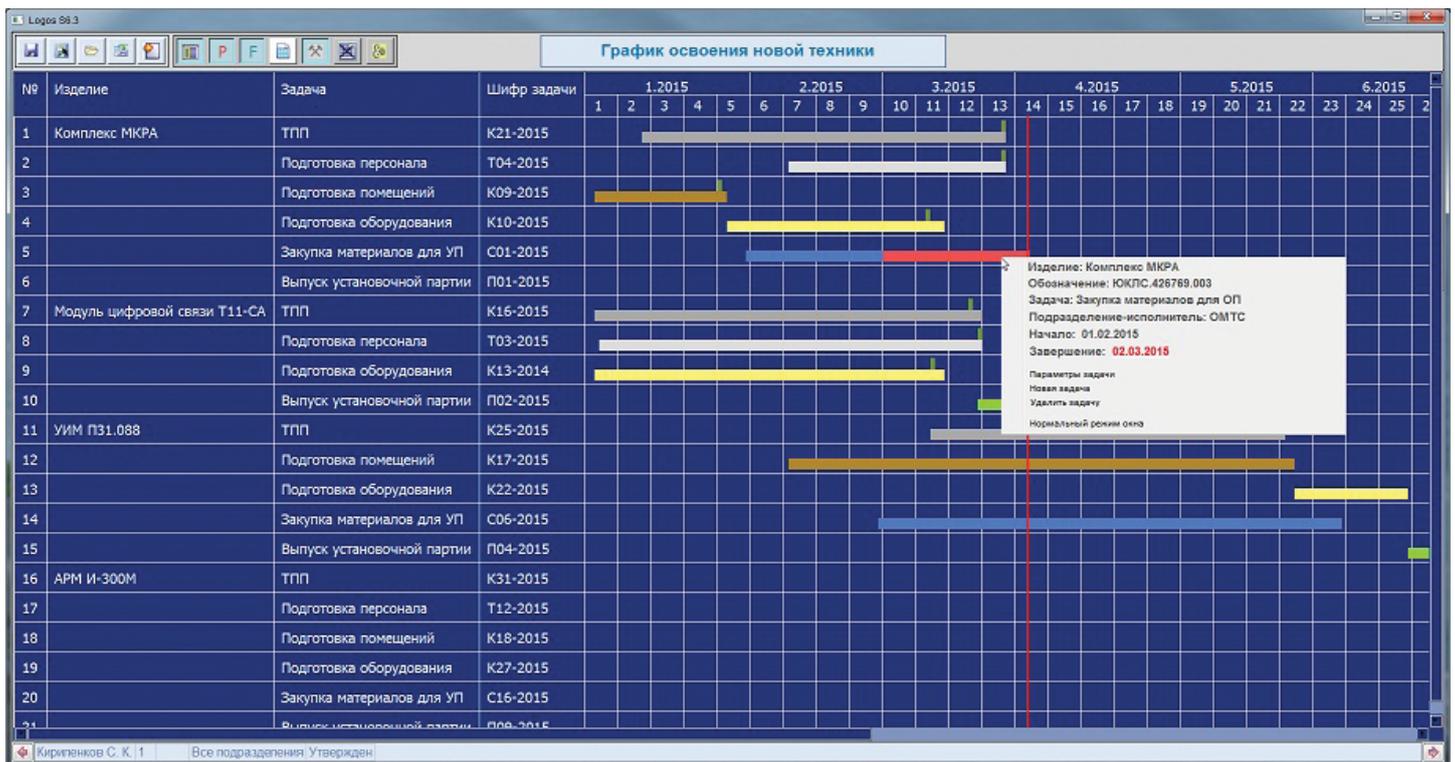
1
Интерфейс АРМ главного технолога приборного предприятия. Готовность изделий к производству

Ещё десять лет назад основным лозунгом эффективного приборного производства был: «Максимальная кооперация и специализация — залог успеха и максимальной эффективности!» При этом традиционное построение отечественного приборного производства по принципу «натурального хозяйства» воспринималось многими зарубежными специалистами как архаизм, с вежливой сдержанной улыбкой. Времена изменились. Время жизни изделий резко сокращается, любой из нас это чувствует на себе. Конкурентная гонка, например, в высокотехнологичной телекоммуникационной отрасли невероятно динамична. И, если решился участвовать в ней, то придётся смириться и принять правила: каждые полгода — новая модель. Остановился передохнуть и... не заметил, как уже умер. Для обеспечения частой (например, раз в полгода) смены моделей необходимо резко снизить срок технологической подготовки производства. И это при постоянном усложнении выпускаемой продукции как в техническом, так и в технологическом плане. Выход один: максимальная автоматизация процесса технологической подготовки производства. И в дальнейшем, сопровождение изделий на протяжении всего времени жизненного цикла — выполнение гарантийных обязательств никто не отменял!

АРМ главного технолога предприятия

Для создания комфортных условий для работы главного технолога цифровая система управления должна обеспечить выполнение следующих функций рис 1:

- для новых изделий:
 - ◆ контроль процесса согласования и приемки конструкторской документации;
 - ◆ контроль изготовления технологической оснастки:
 - трафарета для трафаретной печати;
 - адаптера для обеспечения электрического контакта с точками контроля в процессе настройки и регулировки.
 - ◆ контроль изготовления нестандартного оборудования:
 - стенда функционального контроля;
 - стенда наладки и регулировки.
 - ◆ контроль разработки управляющих программ:
 - для автоматического монтажа компонентов на печатную плату;
 - для оплавления;
 - для автоматической оптической инспекции;
 - для рентгеновской инспекции;
 - для электрического внутрисхемного контроля;
 - для функционального контроля.
 - ◆ контроль разработки технологической документации, включая:
 - типовой технологический процесс;
 - технологическую инструкцию;
 - маршрутную карту.
- для серийно выпускаемых изделий:
 - ◆ контроль проведения изменений:
 - в конструкторской документации;
 - в технологической документации;
 - в оснастке;
 - в управляющих программах;
 - в нестандартном оборудовании.



2 План-график освоения новой техники и технологий на 20xx год

Вторым важнейшим аспектом работы главного технолога предприятия является освоение нового технологического оборудования и новых технологий. Этот аспект требует планирования следующих ресурсов:

- кадры:
 - ◆ обучение персонала;
 - ◆ подготовка новой технологической документации;
 - ◆ отработка технологии и т.д.
- производственные площади:
 - ◆ для размещения нового технологического оборудования;
 - ◆ для дополнительного инженерного оборудования и коммуникаций;
 - ◆ для обустройства вспомогательных помещений (раздевалок, коридоров, туалетных комнат).
- финансы:
 - ◆ закупка основного и вспомогательного технологического оборудования;
 - ◆ выполнение строительно-монтажных работ;
 - ◆ закупка климатического оборудования для создания необходимых условий работы оборудования согласно требованиям к чистоте производственных помещений, создания необходимых условий по температуре и влажности;
 - ◆ обучение персонала.

Учитывая большую трудоёмкость указанных работ, современная система управления приборным производством должна иметь функцию планирования и контроля исполнения рис 2.

Освоение новых изделий — отдельный важнейший раздел работы главного технолога предприятия. На этом этапе проводится:

- приемка конструкторской документации;
- разработка технологической документации;
- изготовление необходимой технологической оснастки;
- отладка управляющих программ для технологического, инспекционного, испытательного и контрольно-измерительного оборудования.

Учитывая высокую трудоёмкость проводимых в этой области работ и высокую квалификацию персонала, современная система управления приборным производством должна обладать средствами для их планирования рис 3 и автоматизации.

Внедрение современной цифровой системы приборного производства позволит технологам предприятия обеспечить:

- проведение технологической подготовки производства в кратчайшие сроки;
- проведение изменений в КД серийно выпускаемых изделий в необходимые сроки;

Заливка вчера и сегодня.

Визит
в компанию
«Сокол-АТС»



Текст: **Сергей Назин**

»

При производстве кабельных разъемов, особенно для морской, авиационной и космической отраслей, герметизация является неотъемлемым и обязательным этапом. Качественная заливка разъема позволяет обеспечивать высокую степень защиты паяных соединений от воздействия внешних негативных факторов.

ЗАО «Сокол-АТС» — одно из старейших предприятий Белгородской области. В начале своей деятельности завод специализировался на выпуске коммутационного оборудования средств связи. В 60-80-х годах прошлого столетия он был единственным в России поставщиком автоматических станций АТСК 50/200, в 90-е выпускал квазиэлектронные АТС «Квант» емкостью 128/2048 №№. Войдя в новое тысячелетие, «Сокол-АТС» продолжил выпуск и сопровождение оборуду-

Для компании «Сокол-АТС», крупнейшего производителя и поставщика телекоммуникационного оборудования на российском рынке с более чем 50-летним опытом работы, заливка компаундом – один из самых значимых процессов производства. О наиболее важных моментах в производстве изделий с использованием компаунда в составе своей конструкции мы решили поговорить с человеком, который работает с этой технологией уже более 10 лет и не понаслышке знает обо всех тонкостях и подводных камнях процесса – Андреем Владиславовичем Селедковым, слесарем-сборщиком кабельной продукции.

Андрей Владиславович, заливка компаундом — неотъемлемая часть производства кабельных разъемов спецназначения. Насколько широко применяется на вашем заводе эта технология?

Если рассматривать непосредственно процесс заливки изготавливаемых нами жгутов, то данная технология применяется в 80 %. В основном это изделия, которые производятся для судостроительной и авиационной отраслей.

В каких условиях предполагается эксплуатация ваших изделий, какие основные требования к ним предъявляются?

Основная масса изделий предназначена для использования в изделиях морского базирования на кораблях типа «Корвет» и «Фрегат», а также в самолетах гражданской

и военной авиации. Поэтому предъявляются достаточно жесткие требования по температурным режимам (от -60 до +150), по устойчивости к соляному туману и большим перепадам давления и, конечно же, по влагозащите и герметичности кабельного разъема.

Наиболее критичными требованиями к таким ответственным изделиям являются отсутствие воздушных включений и любых полостей в объеме залитого материала, полное обволакивание всех контактов и паяных соединений, однородная полимеризация компаунда.



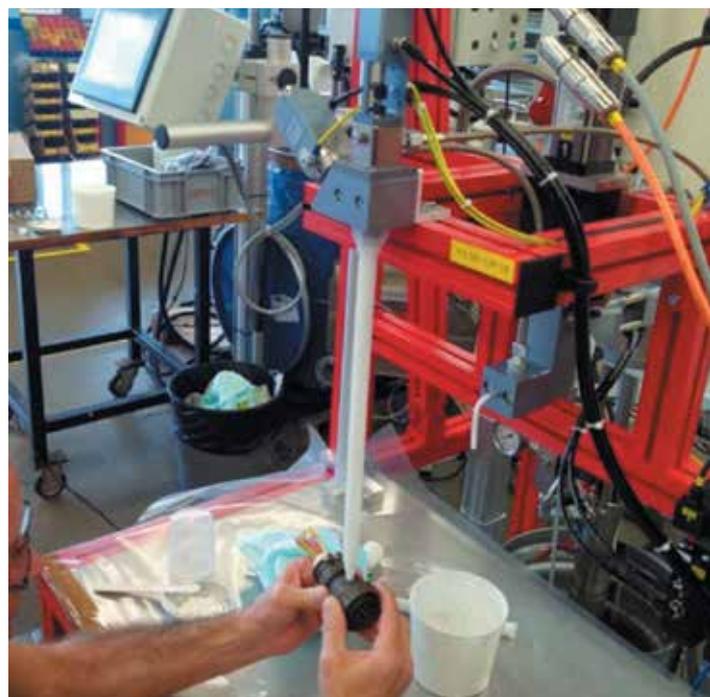
Андрей Селедков, слесарь-сборщик ЗАО «Сокол-АТС»

дования связи, в том числе по заказу Минобороны РФ. Начиная с 2008 года, завод выпускает авиационные детали.

Сегодня ЗАО «Сокол-АТС» — это стремительно развивающееся многопрофильное предприятие, выпускающее изделия для авиастроения, судостроения, телекоммуникаций, проектирования и изготовления инструмента. Среди заказчиков завода — крупнейшие оборонные концерны и научно-промышленные центры России.

Какие сложности возникают во время приготовления материала?

Основные компаунды, применяемые в нашем производстве — Виксинт У-1-18 и Виксинт У-4-21. У этих материалов большой разброс по соотношениям смешивания, вязкостям и плотностям компонентов и относительно небольшое время жизни готовой смеси. В связи с этим возникало несколько основных трудностей.



1 Процесс заливки материала Виксинт У-1-18 в кабельный разъем

Во-первых, так как процесс заливки разъема этими материалами длительный, а объем заливки сравнительно небольшой, были сложности с приготовлением смеси. Необходимо было приготовить 50-60 мл компаунда и успеть его залить в разъем до полимеризации. При этом много герметика оставалось на стенках и дне тары.

Во-вторых, бывали случаи, когда материал просто не застывал в разъеме из-за ошибок в соотношении смешивания компонентов либо из-за плохого перемешивания.

И в-третьих, при заливке образовывались пузыри воздуха в материале, что очень критично для изделий спецназначения.

Как это может повлиять на работу конечного изделия?

При неполном заполнении разъема материалом либо при наличии «сырого» компаунда (плохо промешанного) происходит протечка воды внутрь, что приводит к выводу изделия из строя. Если в компаунде присутствует много воздушных полостей, то при электрическом контроле жгута может возникнуть пробой, который приведет к браку. При возникновении проблем с заливкой в разъеме в работающем изделии последствия могут быть катастрофическими.

Как оптимизация процесса заливки отразилась на качестве процесса смешивания?

Раньше процесс заливки выглядел примерно так: на участке заливки работали три человека на операции смешивания материала. Каждый на весах отмерял пропорции компонентов и перемешивал компаунд в технологической таре, далее смешанный материал закладывался в шприцы, и проводилась заливка изделий.

При смешивании компаунда вручную люди часто либо ошибались в пропорциях смешивания, либо плохо перемешивали — приходилось забраковывать изделие и отдавать на переработку или выбрасывать его.

После внедрения оборудования Dorag Metamix Special **рис 2** количество брака, связанного с компаундом, минимизировано. Сейчас у нас стоит установка для смешивания и работает один оператор, который выполняет вышеописанные операции — в качестве смешанного материала мы полностью уверены. Расход материала уменьшился на 15-20 процентов **рис 3**.

На какие моменты при выборе решения для автоматизации процесса вы обращали особое внимание?

Основные сложности, которые у нас возникали при приготовлении компаунда, заключались в необходимости готовить материал в небольших объемах. Поэтому нам была нужна установка, которая позволяла бы подавать всегда свежий материал в том количестве, которое нам необходимо. Также особо важным критерием было наличие возможности работы одновременно с двумя материалами: Виксинт У-4-21 и Виксинт У-1-18. Поэтому оборудование, которое позволяет работать на одной базе либо только с одним, либо сразу с двумя материалами независимо друг от друга, нас особо интересовало. Также плюсом был русскоязычный интерфейс, удоб-

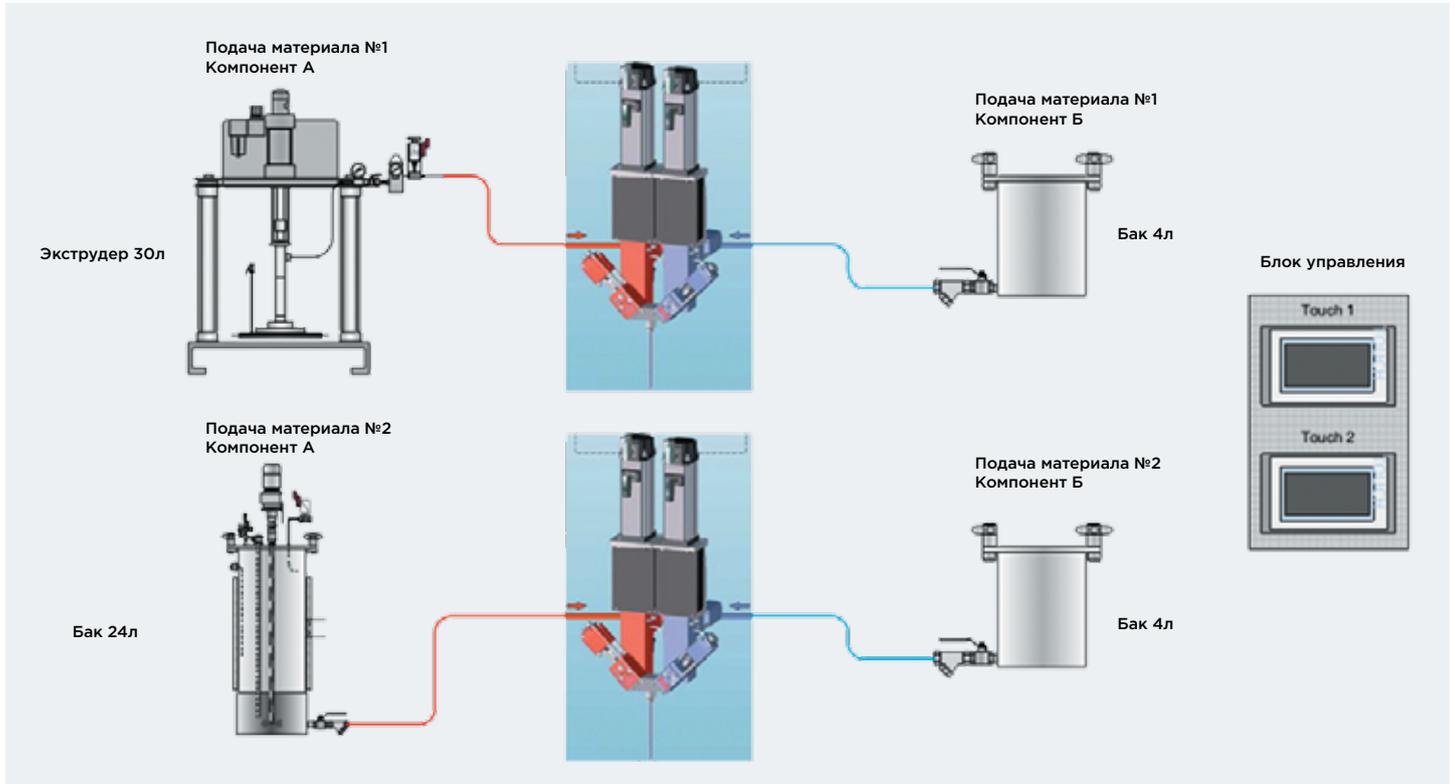


2 Система дозирования Dorag Metamix Special для работы с материалами Виксинт У-1-18 и Виксинт У-4-21

ный и простой. Мы искали такого поставщика и такое оборудование, которые смогли бы обеспечить все наши требования — им стал Остек.

Задача была отлично реализована, нас полностью устраивает поставленное оборудование, оно удовлетворяет всем требованиям.

Андрей Владиславович, благодарим Вас за беседу! Желаем Вам и компании «Сокол-АТС» процветания и реализации новых проектов!



3

Функциональная схема системы дозирования Dorag Metamix Special для работы с материалами Висксинт У-1-18 и Висксинт У-4-21

Автоматизация участка заливки позволила добиться стабильно высокого качества продукции, повысить производительность, обеспечить точность смешивания и дозирования, минимизировать человеческий фактор и снизить технологические потери материала. Предлагаемые решения могут стать отличным ресурсом к повышению эффективности производств передовой техники. Сегодня спектр оборудования для заливки довольно широкий, позволяет подходить к каждой задаче индивидуально и работать с различными зарубежными и отечественными материалами, в том числе Висксинт У-1-18, У-2-28, У-4-21, ПК-68, ВК-9 и другими. 

Тестер Voltech AT3600.

Преимущество
автоматизированного
решения



Текст: Алексей Юдин

»

Рабочее место сотрудника тестирования моточных изделий на многих российских предприятиях представляет собой стол, заставленный старыми советскими приборами. Как правило, эти приборы довольно простые и всем знакомые: вольтметры, амперметры, генераторы сигналов, частотомеры, осциллографы, измерители иммитансов и другие рис 1. Для измерения некоторых параметров на базе этих приборов выстраиваются целые измерительные комплексы, громоздкие и сложные.

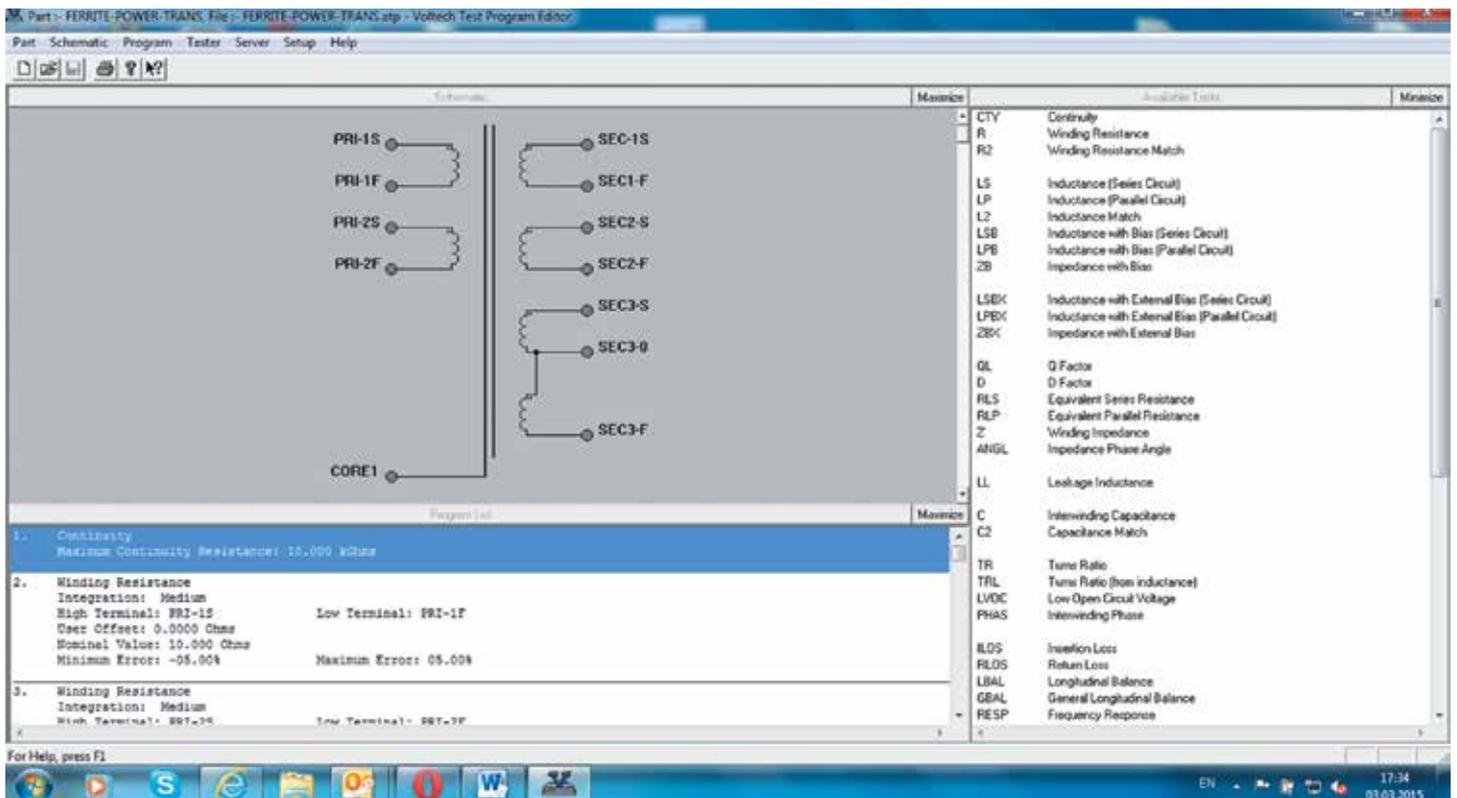
1
Приборы, используемые для контроля изделий по электрическим параметрам

Роль сотрудника, тестирующего выпускаемые предприятием катушки и трансформаторы, обычно проста. Надо перемещаться от одного прибора к другому, подключать изделие к оснастке или выводам прибора, устанавливать необходимый режим тестирования, запоминать результат измерения и заносить его в таблицу. На это уходят десятки минут, а при сложном изделии с большим числом обмоток время может существенно увеличиваться. Тестовый инженер занимается монотонной работой, требующей аккуратности и внимания. Когда премия этого специалиста зависит от количества годных изделий, при этом изделие не проходит тестирование высоким напряжением (например, превышен ток утечки), то, не подключив выводы обмоток к пробойной установке, можно добиться необходимого результата тестирования. Поэтому, хотя от тестового инженера и не требуется особых знаний, но все же от его работы зависит очень многое, от него зависит самое главное — результат тестирования.

Для минимизации ошибок, которые может допустить человек сознательно или по невнимательности, и увеличения скорости тестирования разрабатываются специальные автоматические системы контроля, в том числе и контроля качества точных изделий по электриче-



ским параметрам. Эти системы дают возможность подключать изделия к оснастке только один раз, проводить весь процесс тестирования на одной установке и получать полный отчет о тестировании по каждому изме-



2
Программа Voltech AT Editor для подготовки тестовой последовательности



3
Общий вид установки тестированиямоточных изделий Voltech AT3600

ряемому параметру. Весь процесс сводится к нажатию нескольких клавиш. Из протокола тестирования можно получить всю необходимую информацию: кто тестировал и когда, серийный номер изделия, какие параметры измерялись тестером, какие результаты тестирования по каждому параметру получили.

Конечно, подготовку тестовой программы никто не отменял, но ее нужно будет подготовить всего один раз. К тому же процесс подготовки программы простой и интуитивно понятный.

Рассмотрим процесс подготовки тестовой последовательности в программе Voltech AT Editor рис 2. Программа разбита на три окна. Если условно пронумеровать окна слева направо и сверху вниз, то первое окно программы показывает схемы подключения обмоток изделия к оснастке. Второе окно представляет собой список тестов, доступных на установке. Третье окно — это наша программа, куда попадают только необходимые нам тесты. Все действительно очень просто: двойным нажатием выбирается тест из списка, например, «измерение сопротивления обмот-

ки». Далее задаются параметры тестов. Обязательными параметрами являются наименования выводов обмоток, между которыми необходимо проводить измерения, и диапазон, в котором мы ожидаем получить результат тестирования. Для некоторых тестов необходимо указать выводы, на которые подается сигнал, амплитуду и частоту.

В тестер моточных изделий Voltech AT3600 загрузка подготовленной программы с персонального компьютера происходит по последовательному порту (Com-порту). Таким же способом тестер после измерения всех параметров обменивается результатами измерений с компьютером.

Рассматриваемый в этой статье тестер Voltech AT3600 компании Voltech Instruments позволяет измерять более 40 параметров рис 3. Перечень значительно перекрывает список тестов, обычно используемых при тестировании на производстве. Благодаря обширному списку проверяемых параметров тестер заменяет весь привычный спектр оборудования. К наиболее распространенным тестам можно отнести: измерение сопротивления, индуктивности, добротности, индуктивности рассеяния, межобмоточной емкости, коэффициентов трансформации и фазировки, сопротивления изоляции, тока утечки и др.

Отличительная черта данного тестера в том, что он дает возможность проводить тестирование как при низком, так и высоком напряжении. Нет необходимости отключать изделие и перемещать его к отдельной установке после измерения нескольких параметров. Весь процесс тестирования непрерывен, никаких отключений не требуется.

Тестирование напряжения и тока холостого хода — наиболее часто встречающиеся тесты в ТЗ на проверку. Так как многие предприятия проводят эти измерения на рабочей частоте трансформатора, можно столкнуться с ограничениями внутреннего генератора, используемого в установке Voltech AT3600. Для расширения частотного диапазона компанией Voltech Instruments предусмотрена специальная оснастка AT Interface fixture для подключения приборов рис 4.



4
Оснастка для подключения внешних приборов AC Interface fixture



5

Пример рабочего места оператора. Тестер Voltech AT3600, генератор сигналов ГЗ-56/1, ноутбук с ПО

Используя такую оснастку, можно подключить внешний генератор сигналов. Таким образом, ограничения внутреннего генератора для двух данных тестов в 1,5 кГц преодолеваются, и далее тестер полноценно используется в задачах, где требуется частота значительно выше, например 200 кГц. Все ограничения

теперь зависят только от подключаемого генератора сигналов рис 5. Время тестирования одного трансформатора сокращается до нескольких минут. Большую часть времени занимает тест высоким напряжением, т.к. обычно при тестировании высокое напряжение подают в течение 60 секунд.

Тестирование проходит в автоматическом режиме, поэтому влияние оператора сводится к минимуму: исключается возможность неправильного подключения изделия к оснастке, исключается наличие неподключенных выводов, что гарантирует полноценный контроль согласно техническому заданию предприятия на тестирование. Установка компактна, занимает небольшую площадь и размещается на одном рабочем столе. Используя установку тестирования моточных изделий Voltech AT3600, можно сократить количество сотрудников, участвующих в процессе, до одного, и добиться значительного уменьшения времени тестирования, повышая эффективность производства. ▣

ТЕХПОДДЕРЖКА

Новые решения для повышения эффективности ДИСКОВОЙ резки



Текст: **Илья Нотин**



С активным развитием рынка микроэлектроники неизбежно растут требования к качеству компонентов. В связи с этим перед производителями возникает задача совмещения высокого качества и приемлемой стоимости изделий, поскольку именно это соотношение определяет конкурентоспособность продукта на рынке. Решение данной задачи сопряжено с повышением эффективности каждого из этапов производства. Новые продукты компании ADT позволяют значительно повысить эффективность одной из ключевых операций при производстве электронных компонентов — дисковой резки.

В 2015 году компания ADT представила целый ряд новых продуктов, позволяющих расширить диапазон решаемых задач, а также повысить качество дисковой резки.

В числе новых систем — бюджетная одношпиндельная установка дисковой резки 7910 Uno **рис 1**, которая отличается малой занимаемой площадью, большой рабочей областью (8 дюймов) и возможностью использования 2 и 3 дюймовых дисков. Система призвана снизить порог стоимости при оснащении производств участками дисковой резки и обеспечить высокое качество получаемого реза.

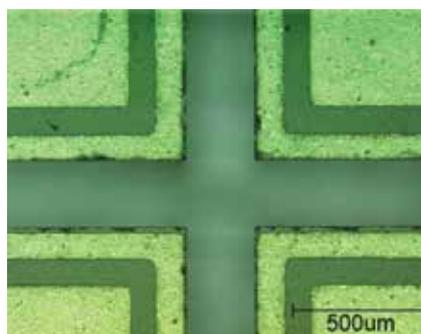
На **рис 2** приведен пример реза подложки из поликобра 60 x 48 мм и толщиной 1 мм, полученного с помощью установки ADT7910 Uno с использованием диска на полимерной основе толщиной 250 мкм и размером абразива 45 мкм. Скорость вращения шпинделя составляла 30000 об./мин., скорость подачи 1 мм/с.

Результат разделения показал, что сколы на верхней поверхности пластины составляют в среднем 26,8 мкм, это говорит о высоком качестве реза.

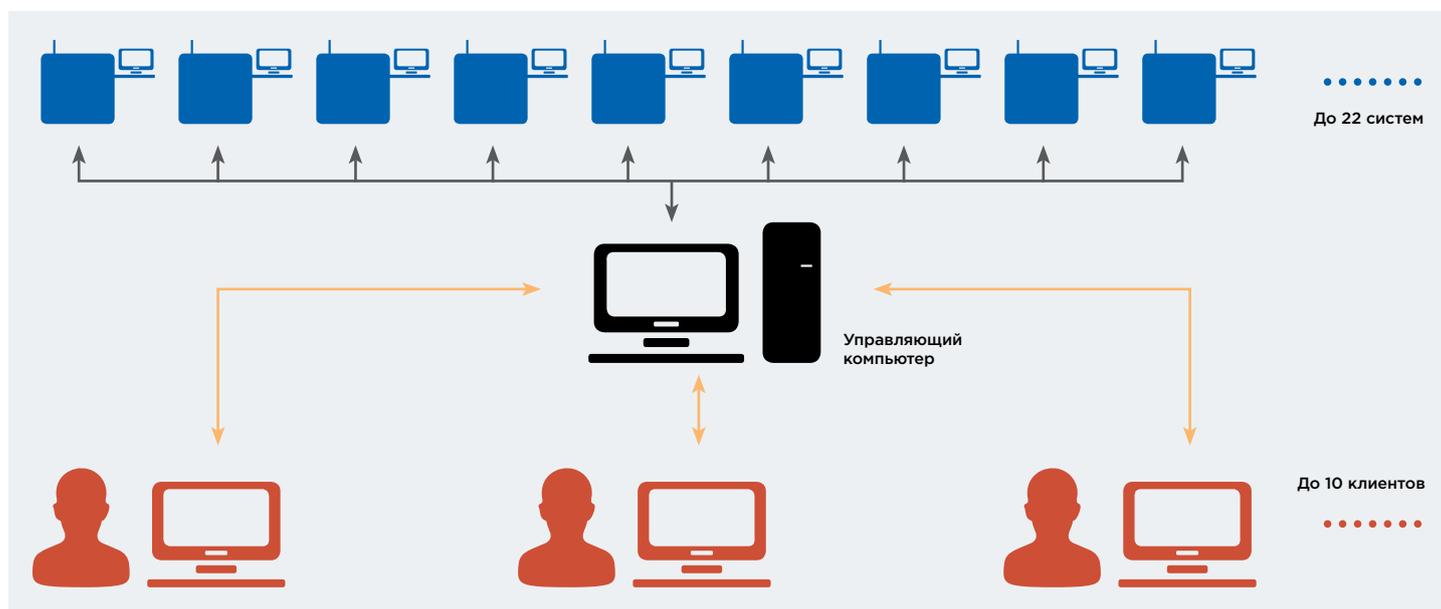
Также компанией ADT была представлена обновленная система контроля участка дисковой резки Dicing Floor Management (DFM) **рис 3**, предназначенная для сбора, хранения, анализа данных о результатах резки,



1 Установка дисковой резки ADT 7910 Uno



2 Результат разделения заготовки с помощью установки ADT 7910 Uno



3 Схема системы контроля участка дисковой резки DFM



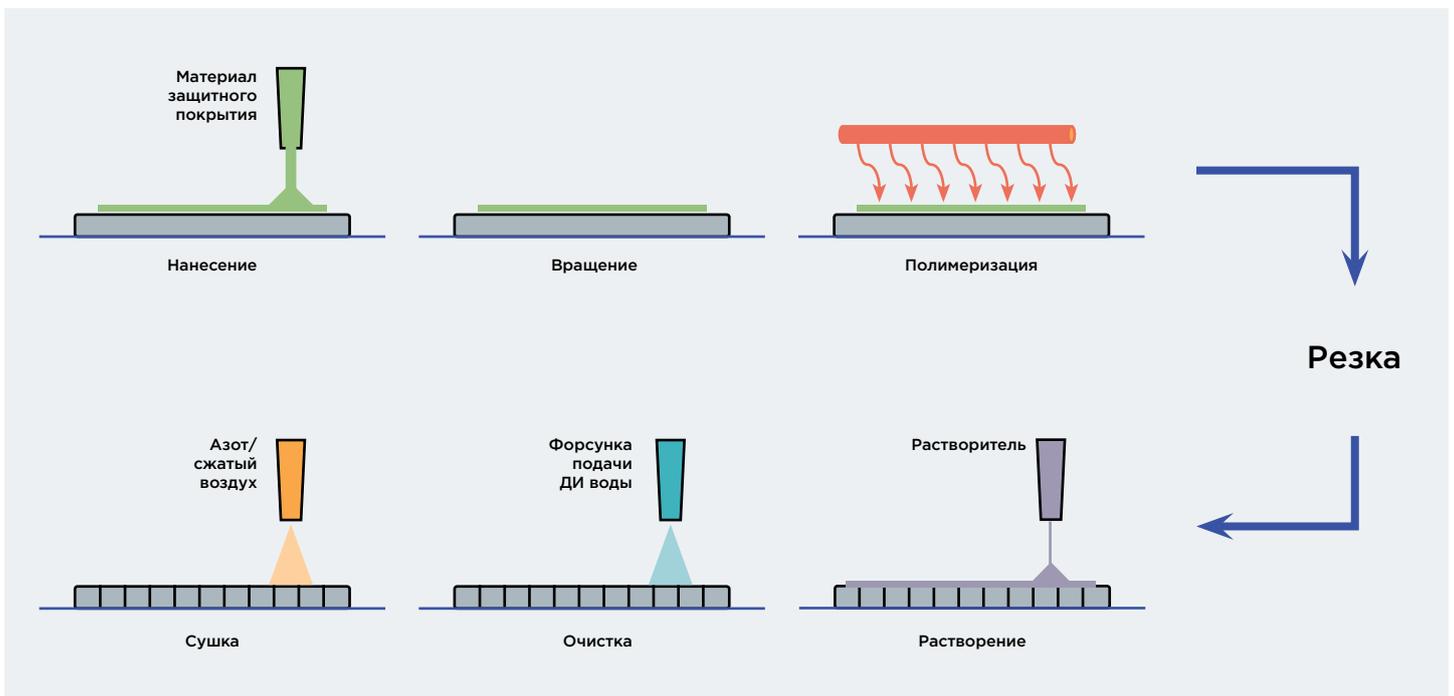
4 Система нанесения и снятия защитного покрытия ADT 977D

производительности, времени работы каждой установки, контроля работы операторов. Кроме того, система позволяет переносить режимы работы (рецепты) с одной установки на другую, осуществлять резервное копирование значений параметров резки, вести учет расхода дисков. Главной особенностью обновленной версии является возможность ее внедрения на небольших участках с малым числом установок дисковой резки (до двух).

Компания **Advanced Dicing Technologies (ADT)**, основанная в 2003 году в Израиле, является мировым лидером в области разработки и производства установок для прецизионной дисковой резки, сопутствующего периферийного оборудования, а также расходных материалов, включая диски для резки полупроводниковых пластин, разделения групповых заготовок и корпусированных компонентов.

Для повышения качества реза зачастую необходимо покрытие подложки полимерным защитным слоем непосредственно перед резкой. Для выполнения данной задачи компания ADT разработала систему нанесения и снятия защитного покрытия ADT 977D (рис. 4).

Система позволяет наносить жидкий защитный полимерный слой и удалять его после резки. После завер-



5 Процесс нанесения и снятия защитного покрытия

шения процесса очистки выполняется сушка пластины. Схематично принцип работы приведен на рис 5.

Защитный слой прозрачен и обеспечивает надежную защиту пластины при резке. После резки защитный слой полностью удаляется, в результате чего мы получаем абсолютно чистую пластину рис 6.

Помимо оборудования компания ADT представила ряд новых расходных материалов. В частности, были анонсированы новые серии режущих лезвий, предназначенные для резки BGA, QFN компонентов, компонентов медицинского назначения, датчиков изображения и светодиодов рис 7.

Рассмотрим некоторые из разновидностей дисков подробнее.

ПОЛИМЕРНАЯ D-МАТРИЦА ВЫСОКОЙ ЖЕСТКОСТИ

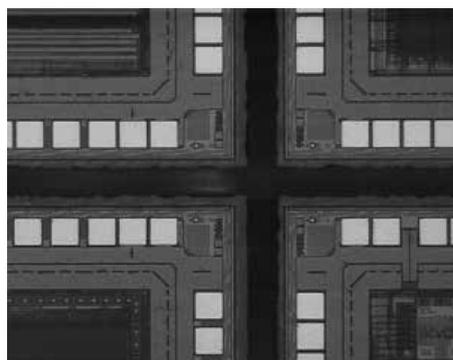
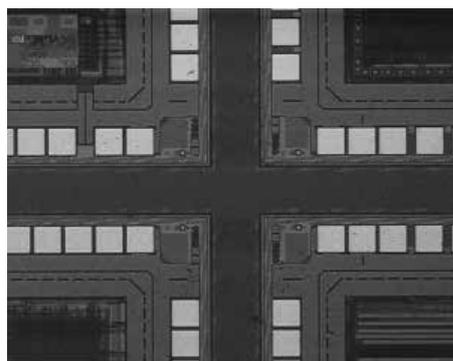
Разделение QFN корпусов является непростой задачей в связи с необходимостью одновременного реза полимерного корпуса и металлических контактов. Различные материалы требуют различных режимов реза, что при использовании одного типа лезвия сказывается на качестве реза и ресурсе самого диска. Кроме того, рез металлических контактов сопряжен с проблемами их смазывания и появления заусенцев, которые могут привести к короткому замыканию контактов. Новая полимерная D-матрица позволяет решить данные проблемы благодаря высокой жесткости материала диска.

СПЕЧЕННАЯ R-МАТРИЦА ДЛЯ РЕЗКИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

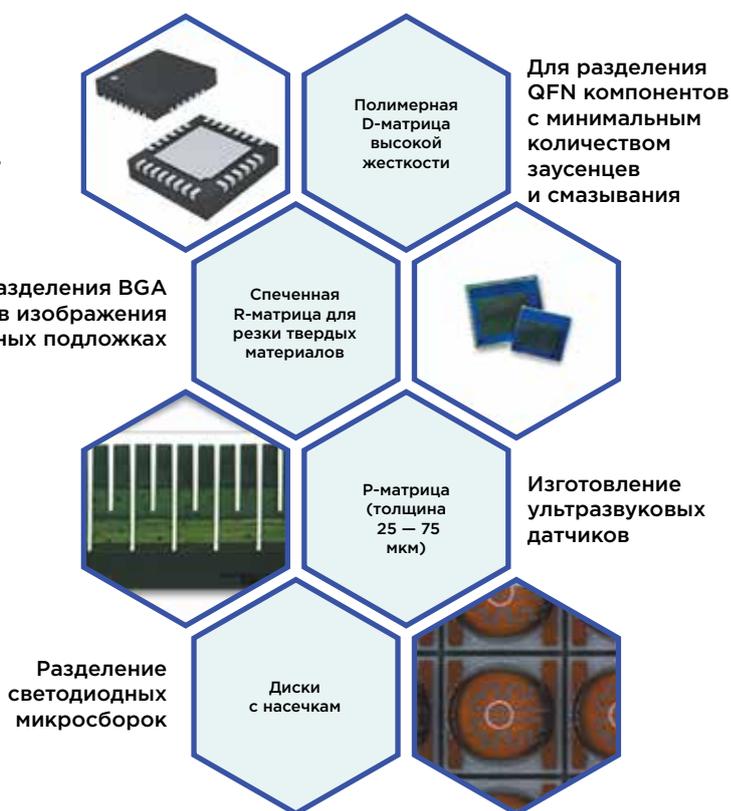
Резка твердых материалов, таких как стекло, при разделении датчиков изображения приводит к ускоренному износу режущих дисков. Помимо этого, подобные материалы, как правило, обладают высокими показателями хрупкости, что может привести к большому числу сколов, особенно на обратной поверхности. Специальная спеченная R-матрица, лежащая в основе дисков серии Novus I и Novus B, позволяет значительно повысить ресурс режущих дисков и качество реза.

R-МАТРИЦА ДЛЯ ТОНКИХ РЕЖУЩИХ ДИСКОВ

При производстве ультразвуковых пьезоэлектрических датчиков, широко применяемых в области медицины, требуется обеспечить высокие значения перпендикулярности реза, а также малого разброса ширины реза по его глубине. Специально для этих применений компанией ADT была разработана R-матрица на основе никелевой связки. Толщина дисков данной серии лежит в диапазоне 0,025-0,075 мм с размером абразивного зерна от 3-5 до 6-8 мкм.



6 Пластина до и после резки (вверху — пластина с наносенным защитным покрытием; внизу — пластина после резки)



7 Новые типы режущих дисков



Полуавтоматические
установки прецизионной
дисковой резки серии
ADT 7120/7130



Ручная установка монтажа
на пленочный носитель
ADT WM-966

Автоматические установки
прецизионной дисковой
резки серии
ADT 7200



Полуавтоматическая
установка монтажа
на пленочный носитель
ADT 967



Система
полуавтоматической
прецизионной дисковой
резки
ADT 7910 Uno



Система отмывки пластин
ADT WCS-977

Система
полуавтоматической
прецизионной дисковой
резки с двумя шпинделями
ADT 7900 Duo



Установка
УФ-экспонирования
ADT UV-955



Расходные материалы
для дисковой резки



Фильтровальная установка
с замкнутым циклом модели
ADT CLF-921

Заключение

Разделение групповых заготовок и пластин является одним из важнейших этапов производства электронных компонентов, в значительной степени определяющих качество конечного продукта. Представленные продукты компании ADT позволяют не только обеспечить высокое качество дисковой резки, но и снизить расход дисковых лезвий благодаря использованию передовых технологий при их производстве.

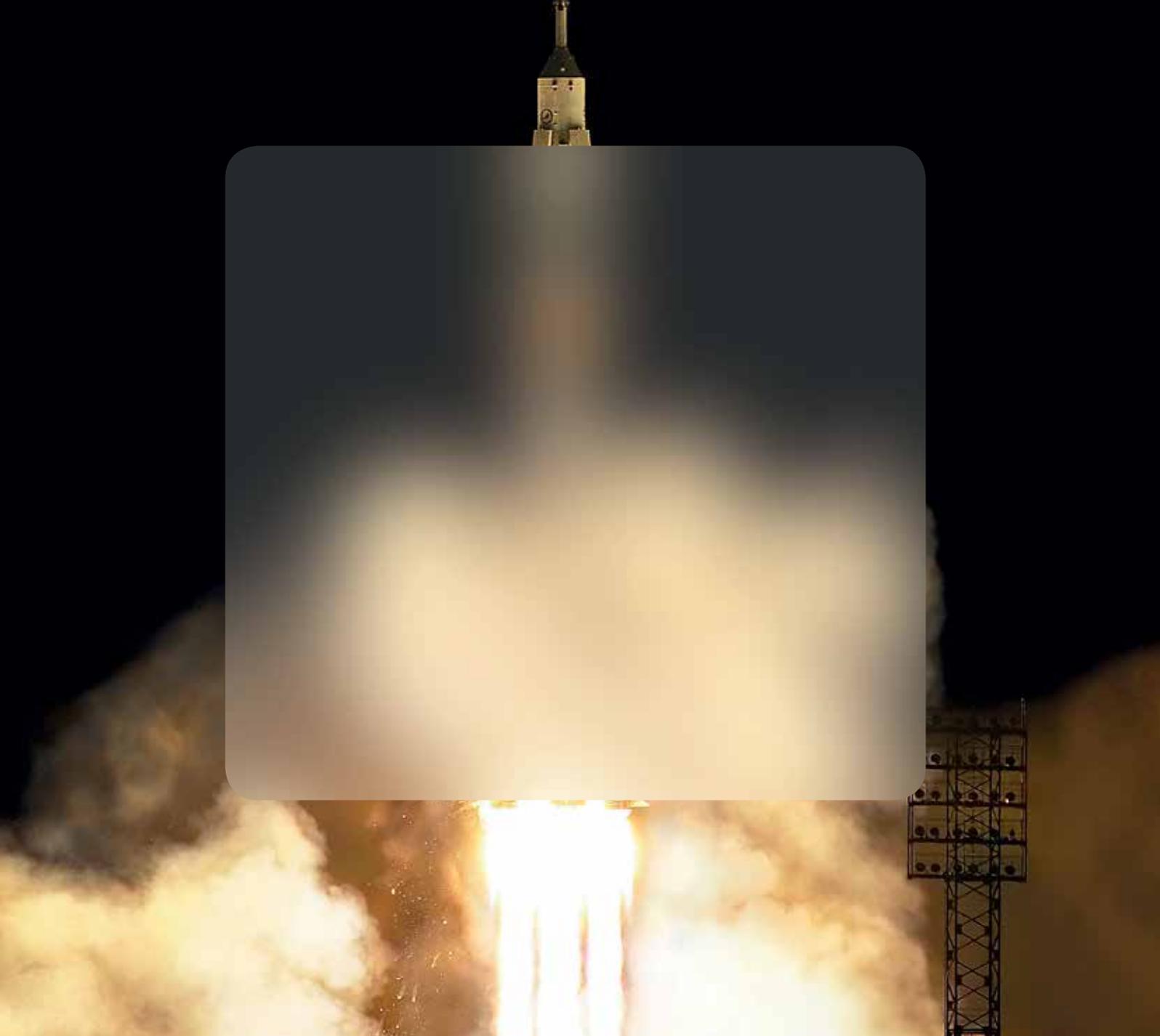
В данной статье были рассмотрены лишь некоторые новинки, а номенклатура производимого компанией ADT оборудования охватывает весь спектр задач в области дисковой резки полупроводниковых пластин, подложек и компонентов — монтаж на пленочный носитель, демонтаж, дисковую резку, отмывку, системы контроля и подачи охлаждающей жидкости, системы фильтрации и прочее оборудование **рис 8**.

Встраиваемая установка
обогащения технической
воды двуокисью углерода
ADT 947



Чиллер
для охлаждения шпинделя
ADT 937

8
Линейка продуктов компании ADT



Видеть сегодня авиакосмическую технику будущего невозможно, **но технологии производства электроники для нее — необходимо**

Новые характеристики, которыми будут обладать электронные компоненты бортового оборудования летательных аппаратов завтра, зависят от технологий их производства, что необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства электроники в авиационной и космической промышленности.



будущее
создается

www.ostec-group.ru
(495) 788 44 44
info@ostec-group.ru



Итоги семинара «Энергосбережение в промышленности и ЖКХ.»

Новые технологии и технические решения по повышению энергоэффективности»



Текст: **Кирилл Шелешков**



Промышленные предприятия уделяют большое внимание вопросам энергосбережения и повышения эффективности использования энергоресурсов в технологическом цикле и инженерных системах. На производствах принимаются и, что немаловажно, реально исполняются программы энергосбережения, проводятся энергосберегающие мероприятия, обновляется энергоиспользующее и теплогенерирующее оборудование с целью снижения энергопотребления, уменьшения удельной составляющей энергоресурсов в себестоимости конечной продукции.



Сегодня Остек представляет новое направление своей деятельности — энергоконсалтинг и энергоинжиниринг. Разработкой и реализацией проектов по промышленному энергосбережению занимается Направление энергоэффективности ООО «Остек-СМТ».

Одним из первых мероприятий по продвижению нового направления стало проведение 14 мая 2015 года в городе Владимире семинара «Энергосбережение в промышленности и ЖКХ. Новые технологии и технические решения по повышению энергоэффективности». Семинар был организован совместно с кафедрой литейных процессов и конструкционных материалов Владимирского государственного университета (ВГУ) и проходил на базе университета. В работе семинара приняли участие более 30 технических специалистов служб главных энергетиков и руководителей ряда металлургических предприятий региона, а также предприятий радиоэлектронной промышленности, с которыми ГК Остек имеет давние партнерские отношения. Владимирский государственный университет на семинаре представляли руководители и научные сотрудники ряда кафедр, ведущих исследования по тематике семинара.

С приветственным словом к участникам семинара обратились первый проректор Владимирского университета Валерий Прокошев и заведующий кафедрой ТФиКМ Владимир Кечин.

Затем сотрудники Остека представили ряд докладов по тематике семинара. Первым выступил начальник отдела энергоконсалтинга Кирилл Шелешков, который рассказал о проблемах энергосбережения на предприятиях и показал типовые технические решения, которые Остек предлагает своим заказчикам. Слушателям на конкретных примерах действующих предприятий были представлены типовые проекты по наружному и цеховому освещению, внедрению частотного регулирования электропривода, модернизации пневмосети и компрессорного оборудования. Также были продемонстрированы примеры проектов модернизации заводской теплосети и строительства новых производственных котельных. Актуальным проектом для энергоемких производств является строительство собственного источника комбинированной выработки тепло- и электроэнергии, позволяющего предприятию обеспечить себя электроэнергией, полностью или частично отказавшись от покупки одного из самых дорогих ресурсов из национальной энергосети. Этот доклад заинтересовал как технических специалистов, так и руководителей финансово-экономического блока, поскольку в рассматриваемых примерах содержались конкретные цифры получаемого экономического эффекта, потребности в инвестициях и сроках окупаемости проектов.

Следующие докладчики последовательно развивали темы первого выступления. С докладами выступали производители энергосберегающего оборудования, которые, конкретизируя технические решения, представляли новейшее оборудование и технологии, позволяющие экономить дорогостоящие энергоресурсы.

Представитель крупнейшего в России производителя светового оборудования холдинга БЛ-групп, ведущий технический консультант Елена Мануйлова, рассказала о линейке светодиодных светильников GALAD, описала методологию расчета энергосбережения при замене систем наружного и производственного освещения. В докладе приводились реальные проекты по наружному, офисному и цеховому освещению, реализованные БЛ-групп в различных регионах страны.

С большим докладом выступил ведущий инженер НПП «ЭКРА», кандидат технических наук Сергей Лазарев. Темой выступления стало применение частотно-регулируемого электропривода, устройств плавного пуска электродвигателей и АСУ ТП на его основе, производимых НПП «ЭКРА». Частотное регулирование в системах, использующих высоковольтный электропривод, позволяет экономить до 30 % электроэнергии, потребляемой электродвигателем, снижая расход ресурсов на 2-3 % за счет стабилизации давления в трубопроводах и уменьшения утечек. Немаловажным фактором при внедрении ЧРП и плавного пуска двигателя является уменьшение износа электротехнического оборудования, снижение рисков возникновения аварий, вызванных гидроударами в трубопроводах. Предприятием разработаны комплексные решения по автоматизации процессов плавного пуска и частотного регулирования, создана АСУ ТП для высоковольтных электродвигателей.

Заместитель заведующего кафедрой электроэнергетики ВГУ Вячеслав Шмелев рассказал о проводимой в университете научной работе по уменьшению потерь при передаче электроэнергии в электросетях высокого напряжения. Представленный доклад «Матричный метод моделирования режимов магистральных и распределительных электрических сетей по трехфазным схемам замещения» был интересен, прежде всего, энергетическим компаниям, осуществляющим транспортирование и распределение электроэнергии.

Актуальные темы использования возобновляемых источников энергии, технологии получения тепла и света, использующих энергию солнца и ветра и нетрадиционные энергоресурсы, такие как дровяная щепа осветил в своем докладе технический директор компании «НПО Автономные решения» Валерий Васильев. Продукция компании ориентирована на владельцев частных домов и небольших предприятий, а также может быть использована в дефицитных с точки зрения обеспеченности традиционными энергоресурсами удаленных местностях и промплощадках.

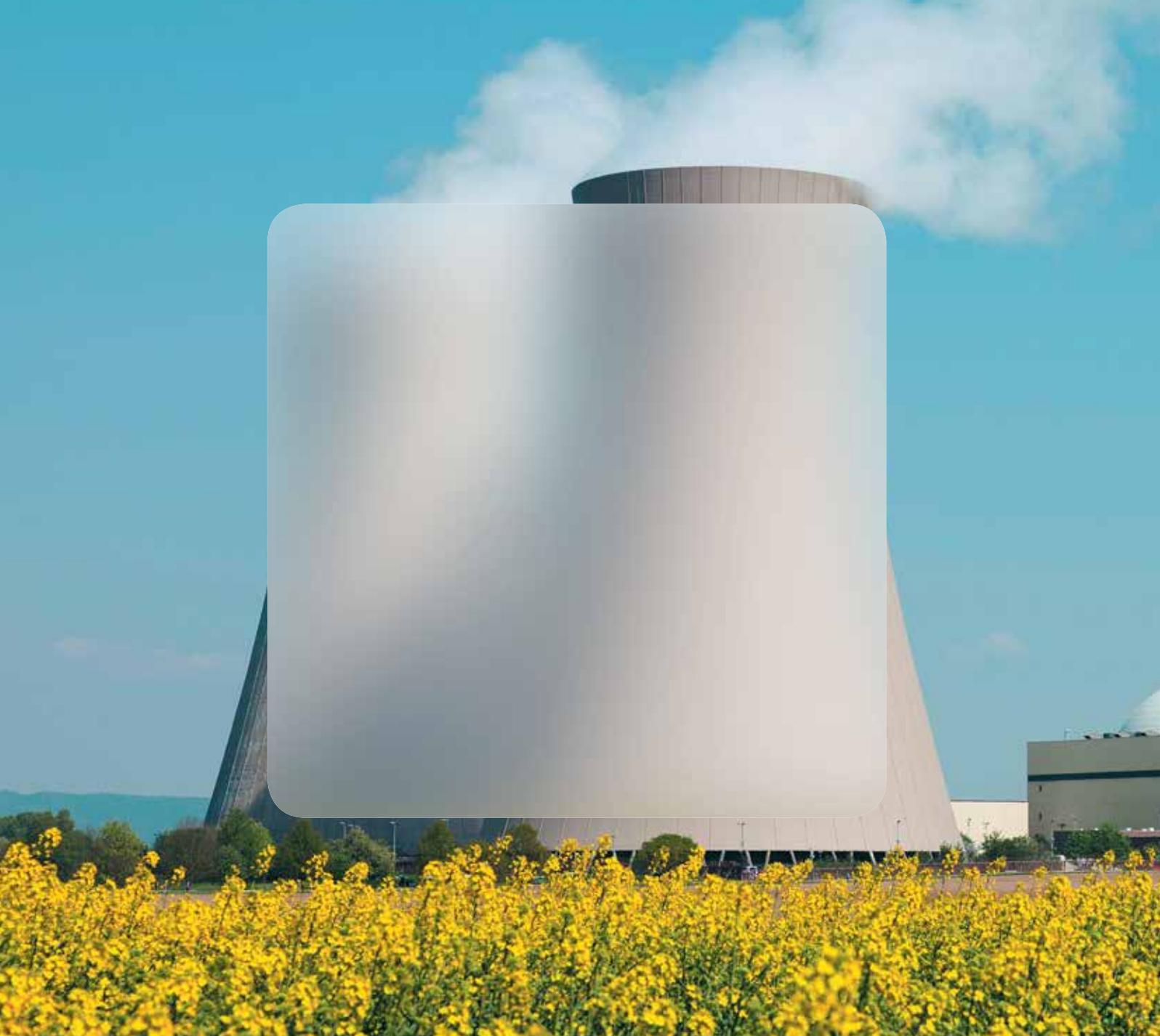
Руководитель направления энергоэффективности ООО «Остек-СМТ» Александр Завалко рассказал о разработанных системах технического учета электроэнергии (АСТУЭ). Учетный комплекс «Синтиз» создан на основе многолетнего опыта специалистов Остека по внедрению новейшего технологического оборудования на электронных производствах. Комплекс ориентирован, прежде всего, на предприятия с инновационными радиоэлектронными технологиями и предназначен для решения не только технических, но и учетно-финансовых задач предприятия. Как показывает опыт продвижения нового продукта и первые внедрения АСТУЭ «Синтиз» в современной отечественной радиоэлектронной отрасли, техническая система учета электроэнергии до сих пор не использовалась как средство для решения задач нормирования производственных процессов, предупреждения технологических отказов дорогостоящих станков, уменьшения брака готовой продукции. В процессе создания учетного комплекса разработана и уже подтверждена методика расчета экономического эффекта от внедрения. Экономическое обоснование проводится уже на стадии проработки технического задания на учетный комплекс, согласовывается с заказчиком на стадии монтажа и совместно отслеживается при эксплуатации пользователями и сервисной службой Остека.

Новейшие технологии металлургического литья нашли свое отражение в докладе начальника отдела продаж Направления производства трехмерных схем на пластиках ООО Предприятие Остек Владимира Филаткина. Создание литейных форм по технологии 3D принтера только пробивает себе дорогу в отечественной металлургии. Трудоемкость создания новых литейных форм с использованием 3D принтера уменьшается в разы и, несомненно, эта технология будет востребована в крупносерийном литейном производстве.

В ходе семинара участники отметили высокий уровень организации мероприятия, актуальность тематики, высокий профессиональный уровень докладов. В перерывах все активно обменивались мнениями, делились опытом и завязывали контакты, которые в дальнейшем помогут в решении производственных задач.

Руководство Владимирского государственного университета выразило заинтересованность в проведении совместного с ООО «Остек-СМТ» семинара по промышленному энергосбережению осенью этого года. Разработаны и рассылаются анкеты, которые помогут организаторам определить наиболее интересную для участников тематику докладов. ▣

За актуальной информацией о наших мероприятиях следите на сайте
<http://ostec-energo.ru>,
<http://ostec-energo.pf>.



Видеть сегодня энергетические объекты будущего невозможно, **но технологии производства электроники для них — необходимо**

Возможности приборов и автоматических устройств, что будут использоваться в энергетике завтра, зависят от технологий их производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства электрических и электротехнических приборов.



будущее
создается

www.ostec-group.ru
(495) 788 44 44
info@ostec-group.ru





Видеть сегодня производство будущего невозможно, **НО ПУТЬ К НЕМУ — НЕОБХОДИМО**

Чем сложнее производство, тем сложнее учесть все факторы, от которых завтра будут зависеть его эффективность, рентабельность, конкурентоспособность его продукции. Опираясь на свой опыт и сотрудничество с ведущими мировыми поставщиками оборудования и технологий, мы содействуем комплексному развитию предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности. Наш подход основан на пяти слагаемых: исследование, планирование, проектирование, оснащение, сопровождение. Эта формула технологического роста позволяет предприятиям найти оптимальный путь к успеху.



будущее
создается

www.ostec-group.ru
(495) 788 44 44
info@ostec-group.ru

