

05 (10) сентябрь 2014

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Научно-практический журнал

ТЕХНОЛОГИИ
Андрей Вагин

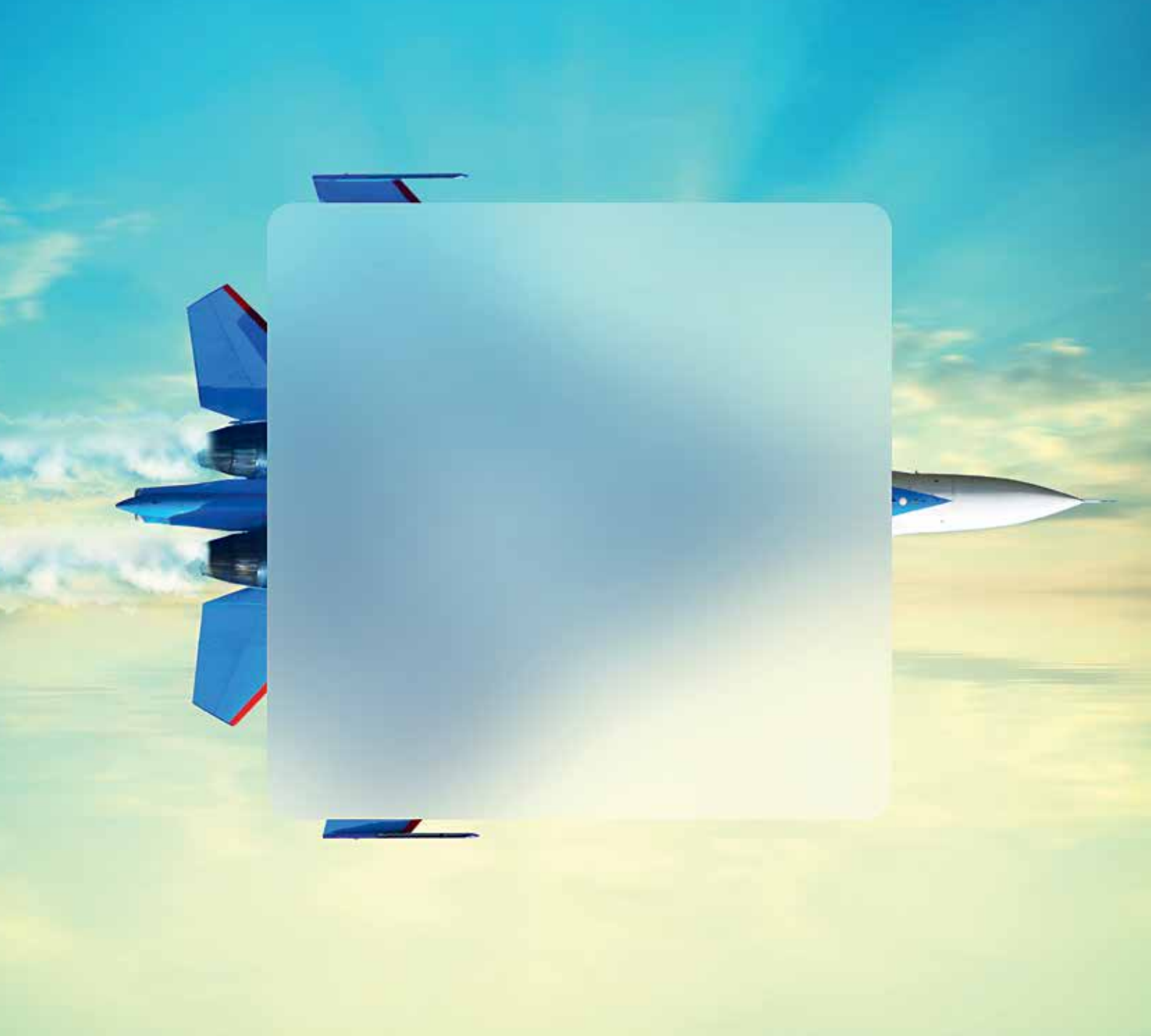
18 HD X-RAY: РЕНТГЕНОСКОПИЯ
ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

ОПТИМИЗАЦИЯ
Станислав Гафт
Олег Смагин

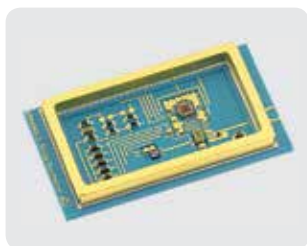
42 ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРНЫМ
ПРОИЗВОДСТВОМ

ТЕХПОДДЕРЖКА
Александр Савельев

58 АКАДЕМИЯ ZESTRON:
6 АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ
ОБ ОТМЫВКЕ



Видеть сегодня в действии СВЧ-решения будущего невозможно, **НО ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ НИХ — НЕОБХОДИМО**



Диапазон сфер применения СВЧ-технологий необычайно широк — от мобильных гаджетов до истребителей пятого поколения. А многие другие технические задачи, которые завтра будут решаться с помощью СВЧ-компонентов, пока только ставятся. Но уже сегодня мы предлагаем передовое оборудование и материалы для их производства. Высокие показатели инновационных керамических материалов позволяют не только увеличивать быстродействие компонентов, но и создавать новые классы легких сверхкомпактных СВЧ-изделий.



будущее
создается

www.ostec-micro.ru

ЗАО «Остек-ЭК»

(495) 788 44 44

cleaning@ostec-group.ru

www.ostec-group.ru



Технологические решения для производства электронных компонентов



Уважаемые коллеги!

Технологии меняют наше общество, помогают изменять принципы организации производства и ведения бизнеса. Небольшие, на первый взгляд, разрозненные ручейки тенденций, проявляющиеся в различных дисциплинах, областях науки, технологиях, организации производства сливаются в одну большую полноводную реку мегатенденции, оказывающую значительное влияние на период 10-15 лет.

О каких тенденциях приходится слышать все чаще? Автоматизация и интеллектуализация производств, всемирное сетевое взаимодействие посредством машино-машинных (М2М) и человеко-машинных (H2M) интерфейсов. Ресурсоэффективность и общая рентабельность по всей цепочке создания стоимости. Достижение производством такой степени автоматизации, когда время подготовки и сборки сокращается до минимума. Это и создание встроенных систем производства, вертикально связанных с бизнес-процессами на предприятиях и горизонтально — с распределенными сетями создания стоимости, которые могут управляться в реальном времени: с момента размещения заказа и до логистики исходящих грузопотоков. В этой концепции промышленные роботы, конвейер, оборудование, центры обработки смогут не только выполнять все запрограммированные операции, но и самостоятельно распознавать и определять, какие операции необходимо произвести с новой деталью. От просто красивой идеи к реальному практическому воплощению переходит аддитивное производство с помощью промышленных 3D принтеров, позволяющих добиться массового, но гибкого производства по индивидуальным заказам, когда от прототипа до конечного изделия проходит несколько часов.

Антон Большаков, директор по маркетингу

Все эти процессы объединяются одним мегатрендом, называемым и Индустрия 4.0, и Промышленность 4.0, и Производство 4.0, и даже встречается название Ферма 4.0. Среди обильного информационного шума важно выделить, что на прошедшей весной выставке SIBIT (Ганновер) тема Индустрии 4.0 стала одной из основных в разрезе слияния в единое целое промышленных и информационных технологий. И представители промышленности Германии считают именно первопроектирование в области Индустрии 4.0 особо значимым для своего экономического будущего и конкурентного преимущества на мировой арене.

Описанный мегатренд стал настолько явным, что его уже нельзя проигнорировать, поэтому тема Международного научно-практического симпозиума Асолд-2014, который пройдет в Москве 22-23 октября, лежала на поверхности — это «Новый технологический уклад в производстве электроники. Как слияние промышленных и информационных технологий меняет принципы организации производства?». Мы разработали максимально сбалансированную программу, чтобы вместе с информацией об Индустрии 4.0 дать много практического материала о том, как ее концепции и идеи реализуются на практике уже сейчас.

Приглашаю вас принять участие в симпозиуме Асолд 2014, ведь отличительной чертой мегатенденций является то, что мы не можем избежать их влияния на изменение принципов организации производства и ведения бизнеса.

Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий»,
свидетельство регистрации: ПИ № ФС 77 — 55527 от 07.10.2013, учредитель ЗАО Предприятие Остек.

Редакционная группа: Большаков Антон, Волкова Ирина.

121467, Москва, Молдавская ул., д. 5, стр. 2.

E-mail: marketing@ostec-group.ru

тел.: 8 (495) 788-44-44

факс: 8 (495) 788-44-42

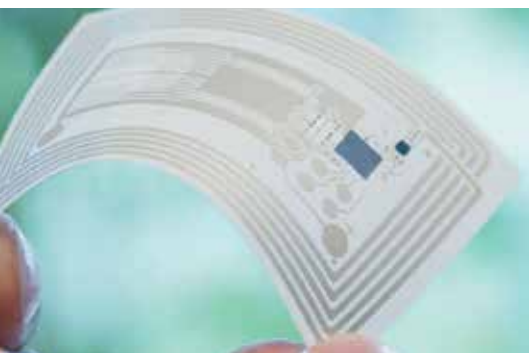
Оформить бесплатную подписку на журнал можно на сайте www.ostec-press.ru



В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- | | |
|---|---|
| <p>4 АСОЛД 2014: НОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ. КАК СЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕНЯЕТ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА?</p> <p>5 КОНФЕРЕНЦИЯ «НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА»</p> | <p>6 ОСТЕК НА ВЫСТАВКЕ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2014»</p> <p>8 НОВЫЙ ВЫСОКОТОЧНЫЙ ДОЗАТОР ОТ КОМПАНИИ ASUMTEK</p> <p>9 ОСТЕК-СМТ ОТКРЫВАЕТ НОВЫЙ ИНТЕРНЕТ-САЙТ</p> |
|---|---|



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 10

ПЕРСПЕКТИВЫ

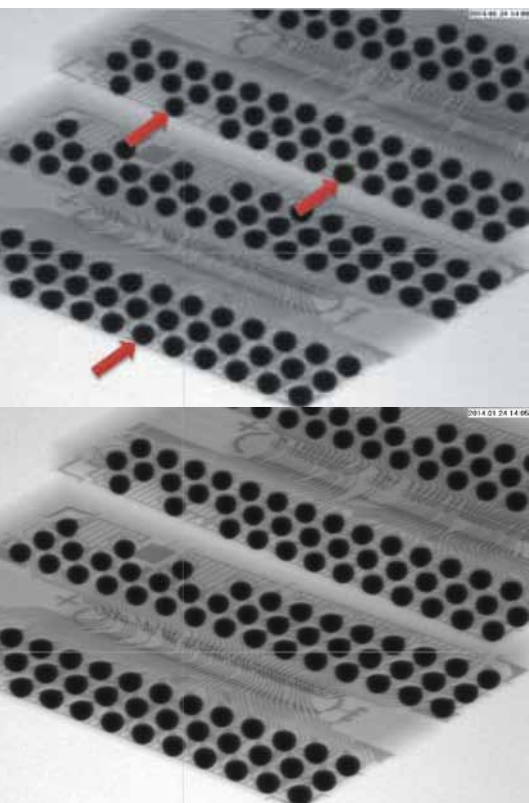
ГИБРИДНАЯ КУХНЯ ИЛИ ЧТО МОЖНО ПРИГОТОВИТЬ ИЗ КЛАССИЧЕСКОЙ И ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ? 10

Автор: Антон Нисан

ТЕХНОЛОГИИ

HD X-RAY: РЕНТГЕНОСКОПИЯ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ 18

Автор: Андрей Вагин



ТЕХНОЛОГИИ стр. 18

КАЧЕСТВО

ПРОИЗВОДСТВО, ГДЕ НЕТ КОНТРОЛЁРОВ, ЭТО ВОЗМОЖНО. ВИЗИТ В КОМПАНИЮ КОМАХ 30

Автор: Илья Шахнович



КАЧЕСТВО стр. 30



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 50

ОПТИМИЗАЦИЯ

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ 42

Авторы: Станислав Гафт, Олег Смагин

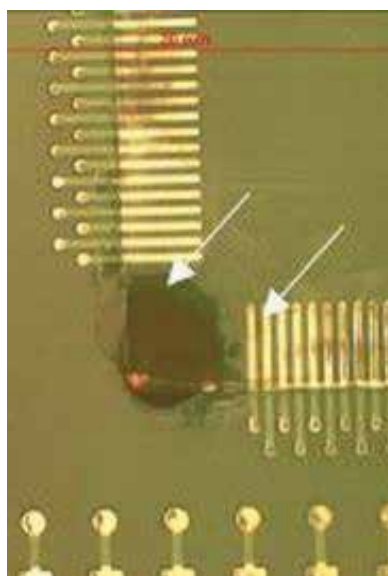
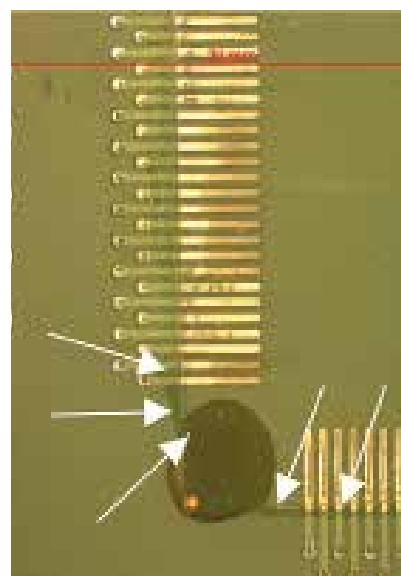
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ: ОТ МИКРОКОМПОНЕНТОВ ДО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА 50

Автор: Андрей Мазалов

ТЕХПОДДЕРЖКА

АКАДЕМИЯ ZESTRON: 6 АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ОБ ОТМЫВКЕ 58

Автор: Александр Савельев



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 58

АВТОРЫ НОМЕРА

Антон Нисан

Начальник отдела печатной электроники
ЗАО «НИИИТ»
edu@ostec-group.ru

Андрей Вагин

Ведущий специалист регионального отдела 1
ЗАО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru

Илья Шахнович

Заместитель главного редактора журнала
«Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru

Станислав Гафт

Генеральный директор
ЗАО «Остек-Инжиниринг»
okp1@ostec-group.ru

Олег Смагин

Ведущий специалист ЗАО «Остек-Инжиниринг»
okp1@ostec-group.ru

Андрей Мазалов

Начальник группы автоматизированных систем
хранения ЗАО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru

Александр Савельев

Главный специалист отдела технического
сопровождения ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru

НОВОСТИ

22-23 ОКТЯБРЯ 2014 В МОСКВЕ ПРОЙДЕТ IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ АСОЛД

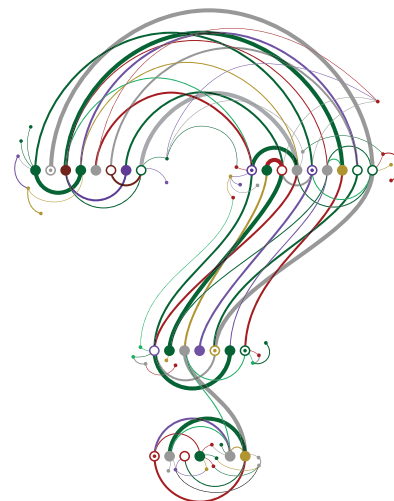
22-23 октября в Москве пройдет IX Международный симпозиум Асолд 2014 «Новый технологический уклад в производстве электроники. Как слияние промышленных и информационных технологий меняет принципы организации производства?».

Промышленность эволюционирует вместе с человечеством. 150 лет назад прошли эпохи механизации, затем электрификации. Последние 50 лет идет информационная эпоха, и есть предположение, что мы подошли к еще одному новому этапу, начало которого ознаменует четвертая промышленная революция. Эксперты уже определили основной путь этого развития и его предпосылки.

Информационные технологии тесно вошли в повседневную жизнь людей. Например, Интернет стал инструментом для их обширных коммуникаций, хранения знаний, проведения исследований, а значит, инструментом экономии времени — быстрого анализа и быстрого принятия решений. Это мгновенно вывело жизнь обычных людей на ка-

чественно новый уровень. Однако эксперты считают, что люди используют только небольшую часть огромного потенциала информационных технологий. Настала очередь с их помощью сделать совершеннее не только жизнь людей, но и процессы промышленного производства. Это означает перспективы одновременного объединения возможностей машин, информации об изменяющемся спросе заказчиков, скорости поставок комплектующих и прогнозах рынка. Речь идет об идее искусственного интеллекта, который своим объемом памяти, аналитическими способностями, скоростью и гибкостью принятия решений будет способен заменить продолжительную работу целой группы людей на разных уровнях управления производственными процессами. Умное производство — термин, который все чаще начинает звучать из уст конструкторов, инженеров и технологов.

Первый день мероприятия пройдет в выставочном центре



IX
международный симпозиум
АСОЛД 2014

«ИнфоПространство» по адресу: 1-й Зачатьевский переулок, д. 4 (м. Кропоткинская, м. Парк Культуры); второй день — в офисе Группы компаний Остек по адресу: ул. Молдавская, д. 5, стр. 2 (м. Кунцевская).

Участие в Асолде платное.

ПАКЕТЫ УЧАСТИЯ

Можно выбрать наиболее удобный формат участия в международном симпозиуме Асолд 2014. Для этого разработаны два пакета **11**. Зарегистрироваться на Асолд и следить за обновлениями программы можно на сайте www.asold.ru. 



Пакеты участия в Асолде 2014

Варианты участия	Продвинутый	Базовый
Пленарная часть 22.10.14	✓	✓
День открытых дверей 23.10.14	✓	
Папка участника	✓	✓
Книги 3D-MID* и IPC**	✓	
Доступ к презентациям для скачивания	✓	✓
Цена пакета с НДС, руб.	12 000	7 800
До 13 октября действует скидка на раннее бронирование — 20% для любого пакета участия!		

* 3D-MID. Материалы, технологии, свойства: Й.Франке, перевод с английского, под редакцией И.А.Волкова, СПб, ЦОП "Профессия", 2014, 336 с.

** Технологическая дорожная карта IPC по электронике и радиоэлектронике: перевод с английского — ООО «ЦТИ ПЗ», под редакцией А. А. Большакова, Москва, Техносфера, 2014, 664 с.

КОНФЕРЕНЦИЯ **«НОВЫЕ РЕШЕНИЯ** **В ОРГАНИЗАЦИИ** **ПРОИЗВОДСТВА»**

7 октября 2014 года ЗАО «Остек-СМТ» приглашает принять участие в 1-й отраслевой конференции «Новые решения в организации производства. Повышение эффективности путем внедрения средств автоматизации», которая пройдет в Москве в выставочном центре «ИнфоПространство».

Основная цель конференции — познакомить участников с новыми направлениями деятельности ЗАО «Остек-СМТ», рассказать о самых современных решениях по автоматизации и оптимизации технологических процессов, а также поделиться опытом передовых зарубежных производств.

Рассматриваемые вопросы:

- Концепция «Умная фабрика».
- Как эффективнее использовать человеческий труд.
- Система управления производственными процессами СМАРТ.
- Автоматизированные системы хранения для производственных участков.
- Внутрицеховая логистика. Как правильно использовать пространство.
- Проектная деятельность. Как правильно начать усовершенствование производства.

Участие в конференции бесплатное.

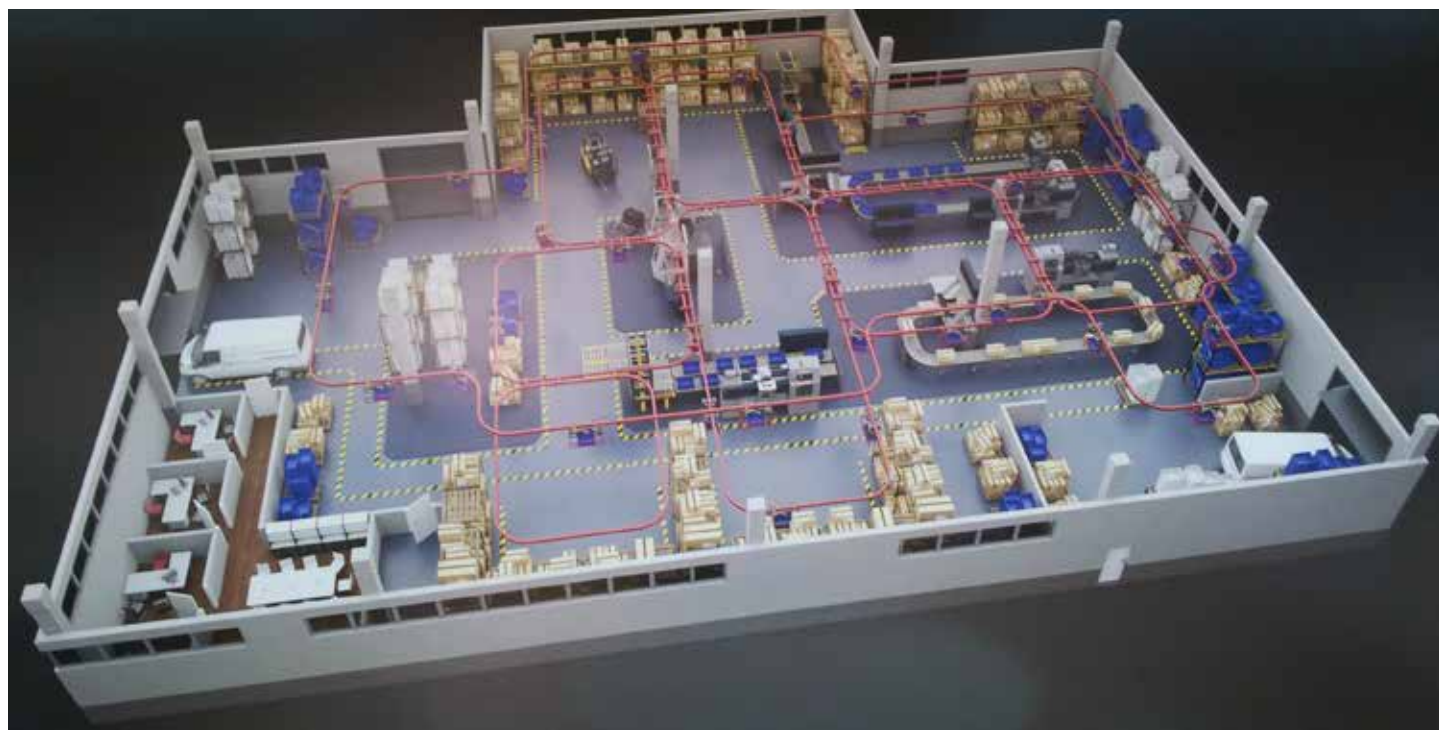
Место проведения: Москва, 1-й Зачатьевский переулок, д. 4 (м. Кропоткинская, м. Парк Культуры), Международный информационно-выставочный центр «ИнфоПространство».

Время проведения: с 09:30 до 17:00. Начало регистрации в 9:15.

Вы можете зарегистрироваться на мероприятие любым из представленных ниже способов:

- по электронной почте; info@ostec-group.ru;
- по телефону (495) 788-44-44;
- по факсу: (495) 788-44-42;
- заполнив форму заявки на сайте www.ostec-group.ru.

Заявки принимаются до 1 октября. 



ОСТЕК НА ВЫСТАВКЕ МЕТАЛЛО- ОБРАБОТКА-2014

16–20 июня Группа компаний Остек приняла участие в 15-й Международной специализированной выставке «Металлообработка-2014».

На стенде Остека наши специалисты представляли:

- рентгенотелевизионные системы с функцией томографии nanome|x и X-Cube XL для выявления скрытых дефектов в различных изделиях и материалах. Данные системы позволяют неразрушающим методом контролировать дефекты литья, сварных соединений и проводить геометрические измерения деталей. Особым вниманием пользовались возможность проинспектировать изделия, принесенные посетителями, а также демонстрация результатов рентгеновской компьютерной томографии;
- оборудование для визуального контроля и бесконтактных измерений. Были показаны новейшие системы одновременного мгновенного измерения массива мелких объектов Xpress и приборы визуального контроля VisionZ от известного производителя Vision Engineering (Великобритания). Внимание посетителей неизменно привлекала портативная видеолупа CamZ, идеально подходящая для осмотра и документирования изображений в полевых условиях. Интересовавшиеся 3D-моделированием смогли оценить возможности исследовательской системы КН-8700 фирмы Hirox (Япония);
- технологии изготовления литейных форм с помощью 3D печати. Данные системы позволяют производить непосредственную печать литейной формы из кварцевого песка с высочайшей точностью. Благодаря таким промышленным принтерам можно оснастить участок прецизионного литья по последнему слову техники. Также особым интересом пользовались промышленные системы 3D печати, производящие высокоточные выплавляемые модели. Данные решения позволяют по-новому взглянуть на литейное производство и технологию литья;
- автоматизированные системы хранения и промышленной автоматизации для металлообрабатывающей и других отраслей промышленности. Направление промышленной и складской автоматизации



представило на стенде автоматизированные складские системы итальянской фирмы ICAM, решения по автоматизации склада, применению штрихкодирования, информационные складские системы (WMS). Посетители смогли попробовать себя в роли оператора современного склада, в режиме реального времени получить информацию о наличии продукции на складе, убедиться в простоте и надежности предлагаемых решений, позволяющих эффективно использовать складские площади, увеличить производительность и обеспечить сохранность грузов.

- технологии промышленной очистки деталей от загрязнений в процессе производства. Системы позволяют автома-

тизировать процесс и увеличить эффективность очистки деталей после механообработки. Подобные решения дают возможность удалять самые сложные загрязнения, такие как СОЖ, масла, полировочные и доводочные пасты, механические загрязнения. Наравне с высокими результатами очистки установки швейцарской компании Amsonic являются безопасными для окружающей среды и достаточно экономичными в процессе эксплуатации.

Особым интересом пользовались установки для очистки деталей на основе вакуумной технологии. Вакуумные системы серии Amsonic 4000 — это высокопроизводительные, компактные, однокамерные установки прецизионной очистки деталей. Установка осуществляет

автоматическую очистку, обезжиривание паром и сушку деталей в вакууме. Технология с использованием вакуума увеличивает степень очистки и гарантирует безопасную эксплуатацию установки.

17 июня в рамках выставки специалисты отдела технологий контроля провели семинар «Перспективные методы рентгеновской дефектоскопии и томографии для контроля качества продукции металлообработки», собравший много заинтересованных участников, что подтверждает актуальность данной темы.

Более подробно с возможностями технологии рентгеновской инспекции и компьютерной томографии можно ознакомиться на сайте www.ostec-x-ray.ru.

Благодарим всех посетителей нашего стенда за интересное общение, обмен опытом и новые задачи! 



НОВЫЙ ВЫСОКОТОЧНЫЙ ДОЗАТОР ОТ КОМПАНИИ ASYMTEK

Компания Nordson Asymtek, давний партнер ГК Остек, представила новую высокоскоростную высокоточную прецизионную систему дозирования жидких компаундов для использования в условиях чистых производственных помещений — Spectrum II Cleanroom Series.

Данная система представляет новый уровень дозирования жидких компаундов, обеспечивая высокое качество, надежность и эффективность процесса дозирования в областях чувствительных к различным привносимым загрязнениям частицами субмикронного размера применений: корпусирование устройств на уровне пластины или сборки

фото- и видеокамер для различных мобильных устройств. Система удовлетворяет жестким требованиям класса чистоты 100 (ISO5).

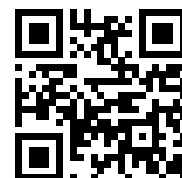
Spectrum II занимает небольшую площадь (ее ширина всего 600 мм) и отлично вписывается в условия крупносерийного производства. Модульная конструкция позволяет легко проводить модернизацию под новые условия производства

и технологические задачи. Система выполнена из нержавеющей стали и оснащена ULPA-фильтром для формирования ламинарного потока во внутреннем объеме установки для обеспечения чистоты рабочей зоны. Новое программное обеспечение Fluidmove® v6.0 на базе Windows® 7 значительно уменьшает влияние оператора на ход технологического процесса. Беспрецедентная точность и повторяемость дозирования по осям X-Y позволяет работать в условиях микросборок высочайшей плотности. Установка оснащена множеством встроенных вспомогательных систем контроля с обратной связью, таких как: контроль веса дозы компаунда, системы контроля расхода компаундов и контроля давления, контроль станций подогрева и запатентованная система калибровки расхода компаунда для автоматического обеспечения точной и повторяемой работы во время длительного технологического процесса. Все это значительно увеличивает эффективность системы и уменьшает время простоев. Система Spectrum II в исполнении для применения в чистых производственных помещениях идеальна для заливки подкристалльного пространства при микросборках на пластине, при создании 3D микросборок, герметизации кристаллов, барьерной заливки, дозирования специальных термокомпаундов и работы с пластинами с МЭМС элементами. 



ЗАО «ОСТЕК-СМТ» ОТКРЫВАЕТ НОВЫЙ ИНТЕРНЕТ-САЙТ

Просканируйте QR-код
и перейдите на сайт
www.ostec-x-ray.ru



В отличие от уже знакомого многим сайта www.ostec-ct.ru, посвященного исключительно рентгеновской трехмерной компьютерной томографии, на новом портале <http://www.ostec-x-ray.ru/> представлена информация по всем современным решениям на базе рентгеновской инспекции (как 2D, так и 3D) для контроля качества литых деталей, электронных модулей, изучения музейных экспонатов, работ в сфере материаловедения и в других интереснейших сферах. Теперь на базе 15 моделей оборудования компании General Electric

реализуется самый широкий в мире спектр решений по инспекции!

На новом сайте в разделе «База знаний» появился подраздел «О технологии», из которого можно почерпнуть теоретические знания о 2D и 3D методах рентгеновской инспекции; в разделе «О конференции» освещаются результаты важного события в области промышленной микротомографии — Международной конференции «Контроль качества при помощи компьютерной томографии»; есть раздел «Клиенты», в котором перечислен

ряд заказчиков ЗАО «Остек-СМТ», которые готовы выполнять работы, связанные с КТ, по контракту.

Если вам требуется больше информации и есть необходимость в оценке целесообразности использования на производстве технологий 2D и 3D контроля, в разделе «Контакты» <http://www.ostec-x-ray.ru/contacts/> указаны адреса демонстрационных центров, в которых совместно с ЗАО «Остек-СМТ» можно провести широчайший спектр работ по рентгеновскому контролю и компьютерной томографии. 



ПЕРСПЕКТИВЫ

Гибридная кухня

или что можно приготовить
из классической
и печатной электроники?



Текст: **Антон Нисан**
По материалам Хольст Центра

”

На выставке и конференции по печатной электронике LOPE-C 2014, состоявшейся в конце мая в Мюнхене, наиболее ярко прозвучала тема гибридной («полупечатной») электроники, объединяющей в себе преимущества печатной и классической. О том, что это такое и зачем это надо, мы расскажем в данной статье.



1 «Схема процесса изготовления» гибридной электроники. Шеф-повар — Яап Ломбаерс (Jaap Lombaers), директор Хольст Центра, раскрывший в своем докладе концепцию печатной электроники. Источник: Хольст Центр

Концепция гибридной электроники

Концепция гибридной электроники в увлекательной форме и с интересным содержанием была предложена представителями Хольст Центра в нескольких докладах рис 1. Гибридная электроника сочетает в себе преимущества классической: высокую степень интеграции и большую вычислительную мощность, светодиодные и жидкокристаллические дисплеи и индикаторы, технологию монтажа компонентов и печатной: недорогие функциональные схемы на больших площадях, органические светодиоды и солнечные батареи, печатные батарейки, гибкие основания и печатные проводники и антенны. Такой симбиоз делает возможным создание новых изделий, которые, с одной стороны, обладают достаточной вычислительной мощностью и распределенной функциональностью, а с другой — являются гибкими, растягиваемыми, легко интегрируемыми, тонкими, носимыми 1.

Компоновка гибридной электроники выполняется следующим образом: электронные компоненты (чип-компоненты, утоненные кристаллы, компоненты flip-chip) размещаются на гибких островках, соединенных растягиваемыми шлейфами в форме меандра, как пока-

зано на рис 2. Максимальное относительное удлинение растягиваемых фрагментов, при котором деформация является упругой, составляет около 40%. Естественно, в тех случаях, когда не требуется растягивание, все компоненты могут размещаться на одном острове.

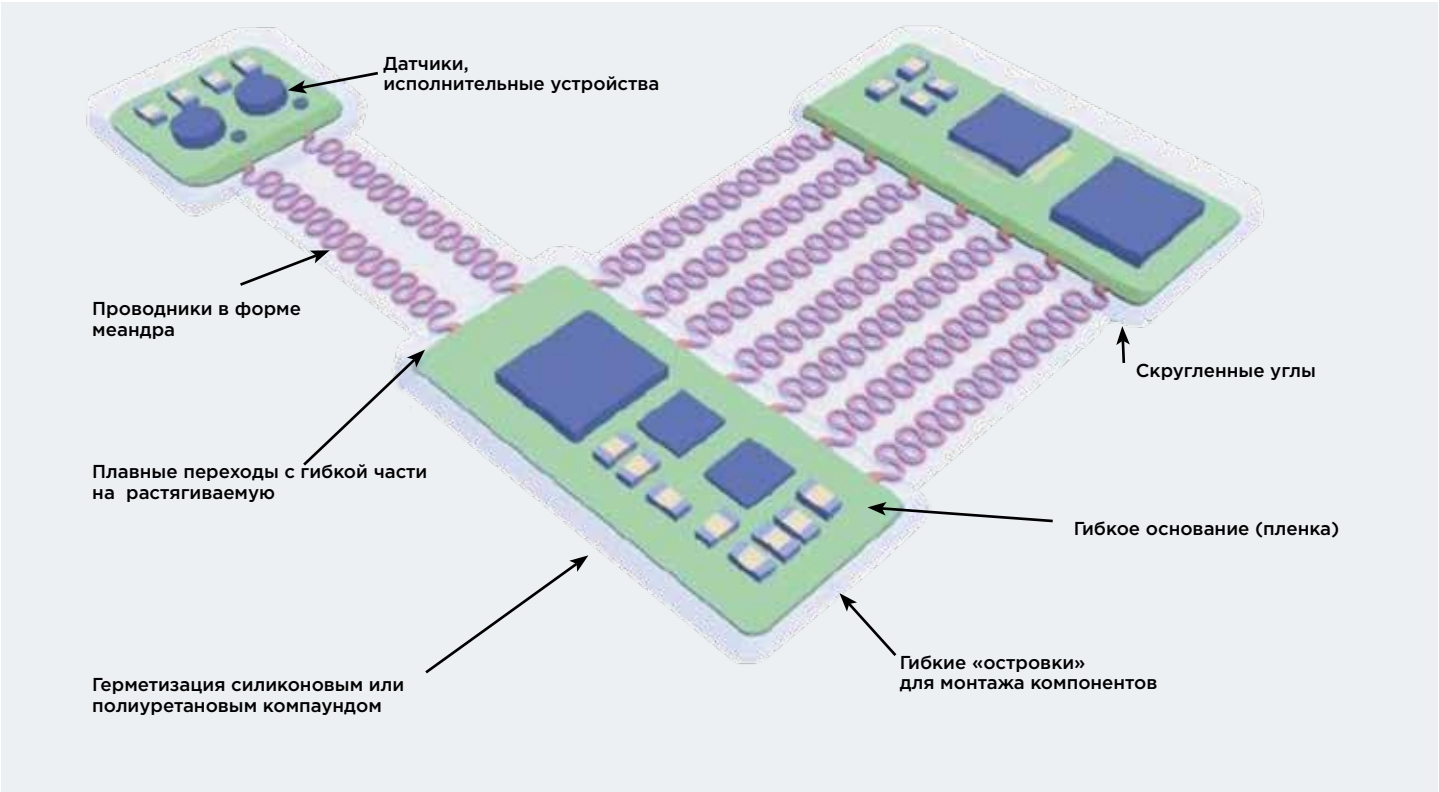
Монтаж компонентов

Монтаж компонентов рис 3 и рис 4 на гибкие основания может выполняться следующими методами:

- на изотропно электропроводящий клей;
- на анизотропно электропроводящий клей;
- на анизотропно электропроводящую пленку.

Изотропно электропроводящий клей, содержащий проводящий наполнитель и обеспечивающий проводимость во всех направлениях, наносится трафаретной печатью или дозированием с шагом $\geq 0,5$ мм в условиях производства и $\geq 0,15$ мм — в лабораторных условиях.

Анизотропно электропроводящий клей применяется при монтаже компонентов с мелким шагом выводов, ког-



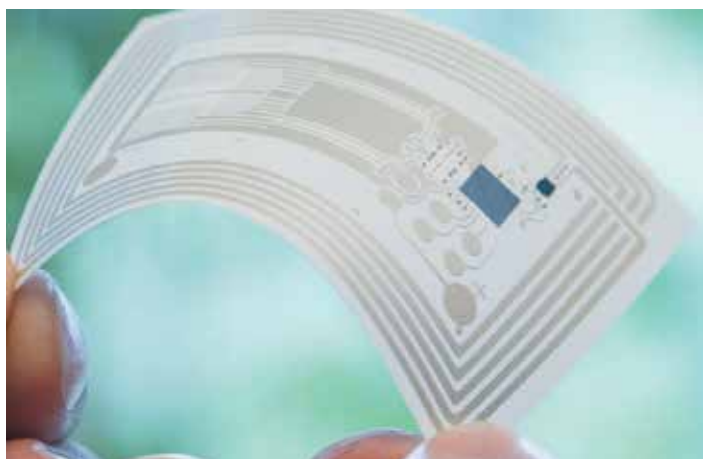
2 Компоновка гибридной электроники. Источник: Хольст Центр

да использование изотропно электропроводящего клея затруднительно из-за сложности качественного нанесения. Анизотропно электропроводящий клей содержит относительно небольшое количество токопроводящих частиц (металлических либо полимерных, покрытых металлом) диаметром, как правило, не более 10 мкм. Такой клей может наноситься на всю площадь посадочного места компонента, а не только на контактные площадки, так как после температурного отверждения с приложением давления клей проводит ток только по оси Z.

Использование анизотропно электропроводящей пленки позволяет отказаться от необходимости дозирования клея. Пленка наклеивается на основание, а под действием усилия, прикладываемого при установке компонента, образуются вертикальные связи между токопроводящими частицами пленки, соединяющие контакты компонента с контактными площадками основания. При использовании ряда пленок кроме приложения давления требуется нагрев.

Т 1 Актуальность преимуществ гибридной электроники для различных областей применения. Источник: Хольст Центр (+ высокая, ++ очень высокая)

Вычислительная мощность + ...	Область применения					
	Медицина и здоровье	Автоэлектроника и аэрокосмическая техника	Метки с датчиками, например в сельском хозяйстве	Датчики большой площади	Портативные информационные системы	Информационные указатели, вывески
Комфортное размещение на теле	++					
Прочность, устойчивость к воздействиям	++	+	++	+	++	+
Малая толщина и вес	+	++			++	
Гибкость в процессе эксплуатации	+	+			+	
Распределенная по большой площади функциональность	+	+	+	++	+	++
Легкость интеграции в изделия сложной формы		++	++	++	+	++
Низкая стоимость	+		+	+		



3 Монтаж утоненных кристаллов на гибкое основание. Этикетка для контроля свежести рыбы по содержанию аммиака: чем выше содержание аммиака, тем менее свежая рыба. Источник: Холст Центр



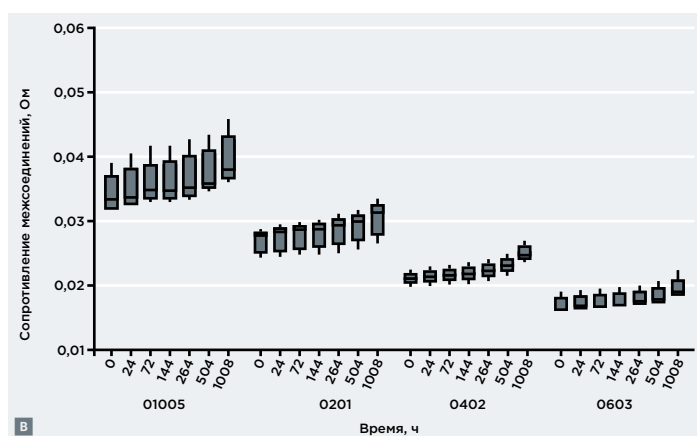
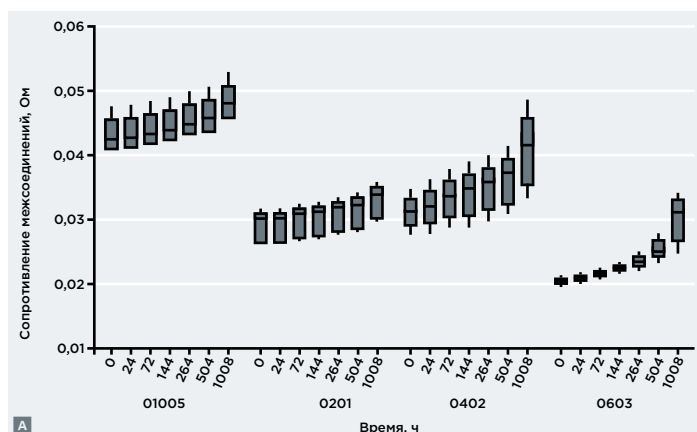
4 Гибкость утоненного кристалла. Толщина кристалла 18 мкм. Источник: IMS-chips

Стойкость к внешним воздействиям

Очевидно, что монтаж «жестких» компонентов на гибкие пленки вызывает вопрос о надежности такой конструкции и ее стойкости к внешним воздействиям. В качестве ответа приведем результаты испытаний тестовых образцов на гибких основаниях с установленными на электропроводящий клей чип-компонентами 01005, 0201, 0402 и 0603. Для сравнения дорожки и контактные площадки на одной группе образцов напечатаны Ag пастой на полиэтиленнафталате (PEN), а на другой — вытравлены из Cu фольги на полиэтилентерефталате (PET).

Для оценки надежности соединений было проведено термоциклирование в диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ с длительностью цикла 1 час, существенно не изменившее сопротивление клеевых соединений компонентов 01005-0603 рис 5.

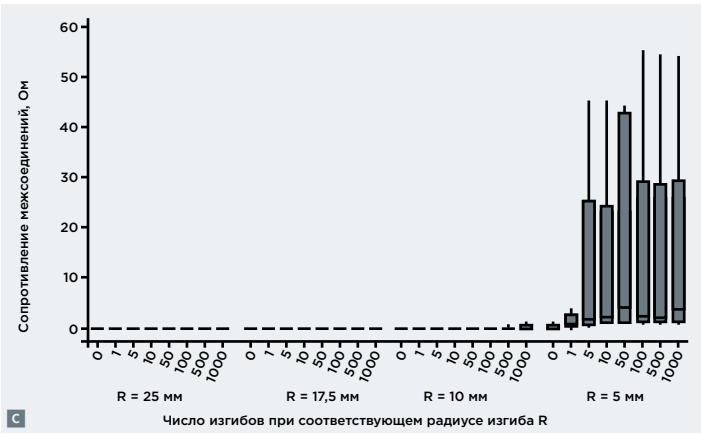
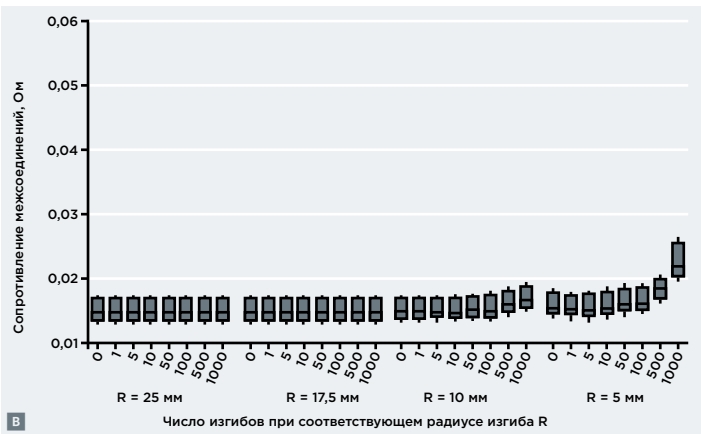
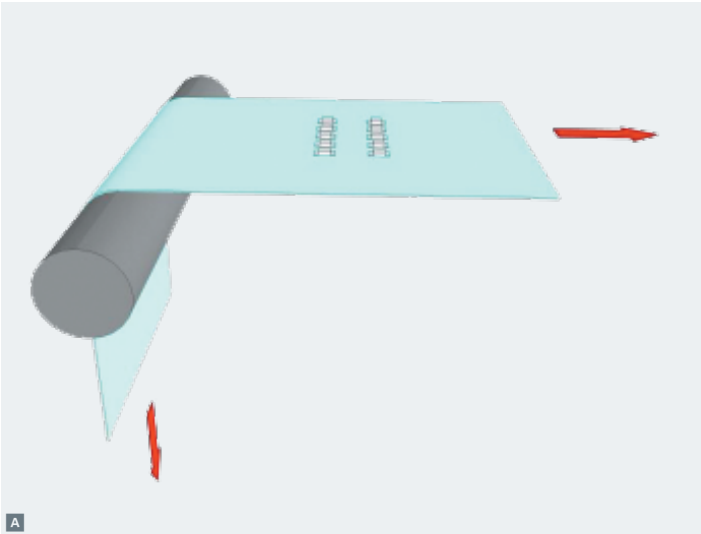
В результате испытаний на изгиб установлено, что сопротивление клеевых соединений компонентов от 01005 до 0402 практически не изменилось после 1000 циклов с радиусом изгиба 5 мм. Минимальный радиус изгиба оснований с компонентами 0603, не приводящий к существенному росту сопротивления клеевых соеди-



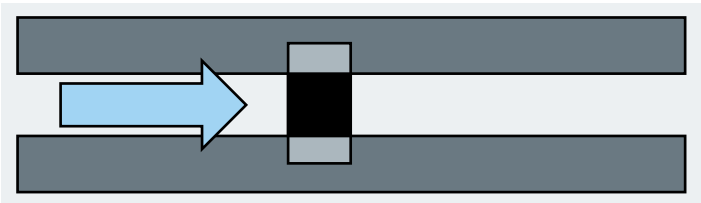
5 Результаты термоциклирования: А образцы с напечатанными Ag контактными площадками, Б образцы с контактными площадками, вытравленными из Cu фольги. Источник: Холст Центр

нений, составил 10 мм рис 6. Интересно отметить, что при испытаниях оснований с компонентами 0603 на изгиб с радиусом 5 мм рост сопротивления соединений с вытравленными контактными площадками рис 6 Б оказался на несколько порядков больше, чем с печатными рис 6 А.

Испытания на сдвиг смонтированных на электропроводящий клей компонентов показали, что усилие сдвига приклеенных чип-компонентов 01005 и 0402 не более чем в три раза уступает усилию сдвига компонентов, припаянных к жестким печатным платам, составившему в среднем 15,1 Н для 0402 и 2,5 Н для 01005 рис 7, Т 2.



6 Испытания оснований с компонентами 0603 на изгиб: **А** — схема размещения компонентов относительно направления изгиба, **В** — результаты испытаний образцов с напечатанными Ag контактными площадками, **С** — результаты испытаний образцов с контактными площадками, вытравленными из Si фольги. Источник: Хольст Центр



7 Направление усилия сдвига компонента. Источник: Хольст Центр

Т 2

Усилие на сдвиг компонентов 01005 — 0603, установленных на электропроводящий клей. Источник: Хольст Центр

Тестовые образцы	Усилие на сдвиг, Н			
	01005	0201	0402	0603
С печатными проводниками	1,62	3,4	6,64	9,68
С вытравленными проводниками	2,18	2,16	8,2	11,14

Примеры устройств гибридной электроники

Применение гибридной электроники в медицине актуально для решения следующих задач **рис 8**:

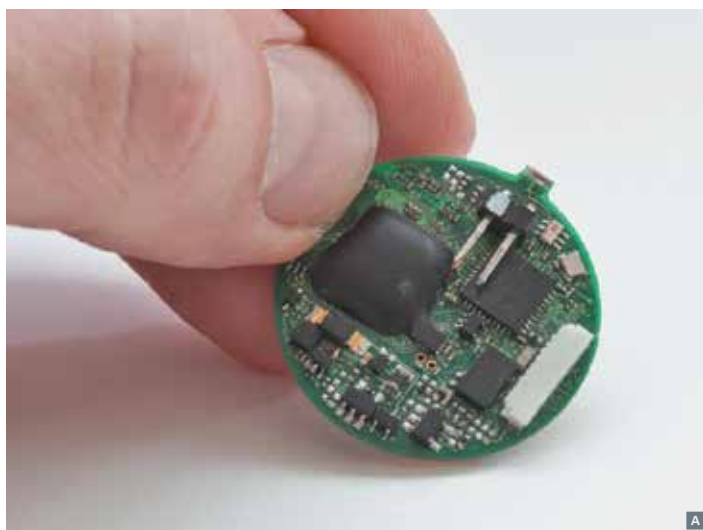
- измерения температуры;
- снятия кардиограммы;
- измерения насыщенности крови кислородом (пульсоксиметрия);
- отслеживания активности головного мозга (например, больных эпилепсией);
- измерения проводимости кожи;
- мониторинга мышечной активности;
- мониторинга и анализа движений;
- неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови;
- медленного управляемого введения лекарственных средств.

Одной из наиболее успешных областей применения гибридной электроники в медицине могут стать сети нательных датчиков (body area networks, BAN), отслеживающие основные физиологические параметры жизнедеятельности организма и передающие их, например, на смартфон пациента, а затем через интернет лечащему врачу. Для обеспечения максимального комфорта

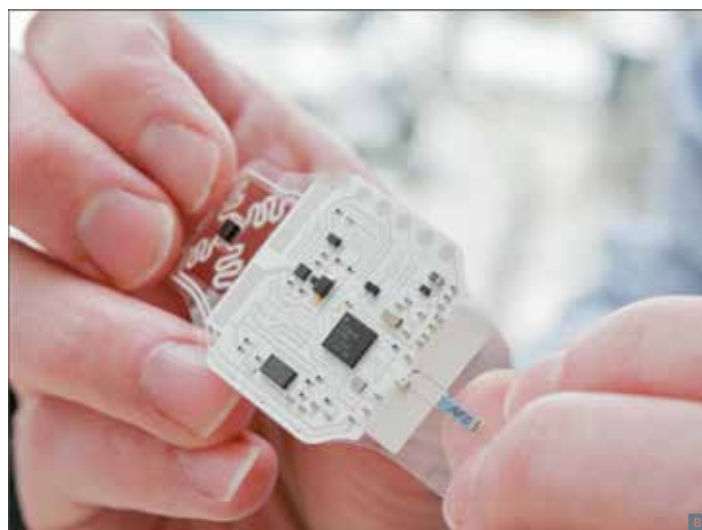


8

Выполненный по гибридной технологии браслет, измеряющий температуру, влажность, движение и сердечную активность пациента. Источник: Хольст Центр



А



Б

9 Модуль сети нательных датчиков, содержащий датчики для снятия кардиограммы, акселерометры, датчики температуры и влажности: а) в «классическом» исполнении, б) в «гибридном» исполнении. Источник: Холст Центр

пациента модули сети должны быть легкими, гибкими, растягиваемыми — всё это может быть достигнуто применением гибридной электроники: на рис 9 приведены фотографии модуля сети нательных датчиков, содержащего датчики для снятия кардиограммы, температуры и влажности, акселерометры в «классическом» и гибридном исполнении.

Схема процесса печати основания модуля сети представлена на рис 10, все слои наносятся трафаретной печатью, для токопроводящих слоев используется Ag паста.

Об «умной» упаковке для таблеток, которая фиксирует время, когда таблетка извлекается из упаковки, мы уже писали¹. В этот раз на конференции LOPE-C было представлено дальнейшее развитие идеи: «умная» часть, содержащая электронику, фиксирующую вскрытие упаковки и передающую данные на смартфон, выполнена на отдельном основании для многоразового использования и подсоединяется к одноразовому блистеру с таблетками.

Другим ярким примером гибридной электроники являются «умные» контактные линзы, прототипы которых демонстрировались компанией Google в этом году. В январе компания показала прототипы линз, определяющих уровень глюкозы в крови по омывающей глаз слезной жидкости рис 12. Здесь питание и передача результатов измерения осуществляются по беспроводному интерфейсу. Более того, в апреле компанией Google подана патентная заявка на контактную линзу с камерой². Такие линзы могут быть полезны слепым или слабовидящим людям: камера отслеживает направление взгляда человека, по беспроводному интерфейсу передает изображение на смартфон, который



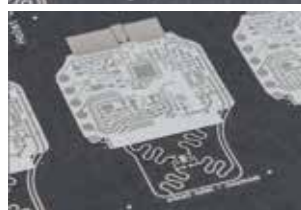
Печать слоя земли



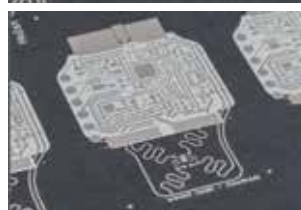
Печать диэлектрического слоя



Печать сигнального слоя



Печать диэлектрического слоя

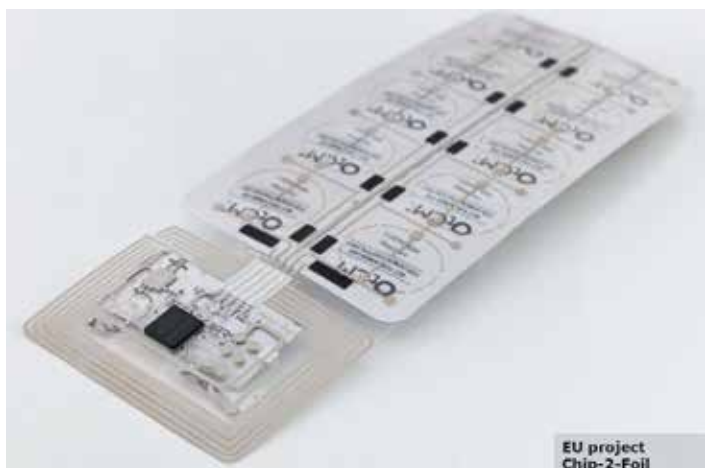


Печать сигнального слоя

10 Схема процесса печати основания для модуля сети нательных датчиков. Источник: Холст Центр

1 А. Ефремов, А. Нисан. Задельные технологии. Перспективы развития печатной электроники // Вектор высоких технологий. – 2013. – №2. – С. 4-9.

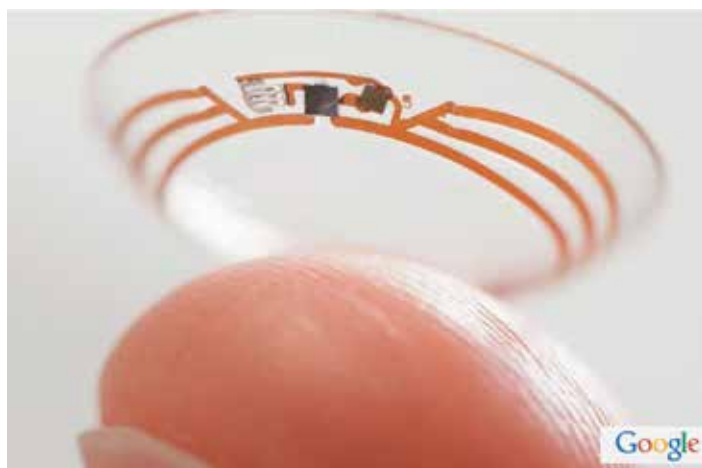
2 <http://www.wired.co.uk/news/archive/2014-04/15/google-contact-lenses-cameras>



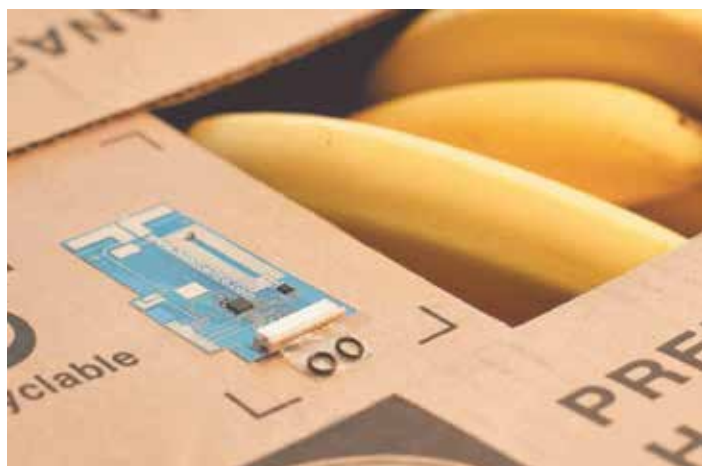
11 «Умная» упаковка таблеток, в которой электронная часть многоразовая. Источник: Хольст Центр

распознает объекты в поле зрения человека (например, лица людей, окружающие здания) и опасные ситуации (например, риск наезда автомобиля) и выдает соответствующую голосовую информацию или предупреждение пользователю.

В сельском хозяйстве и торговле широкое применение могут найти датчики свежести рыбы рис³ и мяса, а также датчики спелости овощей и фруктов. Хорошо известно, что овощи и фрукты для продажи в магазинах снимаются недозрелыми. Созревание овощей и фруктов происходит под воздействием этилена, которые сами они и выделяют, даже будучи сорванными³. А чем больше этилена выделяет плод, тем он более спелый, поэтому, измеряя концентрацию этилена рядом с плодами, можно определить их спелость рис¹³.



12 Прототип контактной линзы, измеряющей уровень глюкозы. Источник: Google



13 Датчик спелости фруктов. Источник: Хольст Центр

Гибридная электроника позволяет реализовать многие преимущества печатной, не дожидаясь, пока последняя разовьется до возможности промышленной печати активных компонентов, которые могли бы заменить классические хотя бы в простейших применениях, не требующих большой вычислительной мощности и объема памяти. Несколько удачных, на наш взгляд, идей конечных применений приведены в статье. Весьма вероятно, что и у вас зародились свежие идеи применения гибридной электроники в ваших изделиях. Мы открыты для сотрудничества по печатной и гибридной электронике и с удовольствием выслушаем ваши идеи и попробуем вместе реализовать их! 

³ Для ускорения созревания овощи и фрукты могут обрабатывать этиленом в конце транспортировки или перед выкладыванием на прилавки в магазинах.

через 10 лет интенсивной эксплуатации

антистатическая промышленная
мебель GEFESD останется
столь же надежной.

- Продуманная эргономика повышает работоспособность и снижает утомляемость.
- Конструкция, качество материалов и испытания обеспечивают надежность изделий на срок более 10 лет.
- Постоянная модернизация конструкций позволяет соответствовать современным технологическим задачам.
- Модульность и широкий ассортимент комплектующих и опций гарантируют гибкую конфигурацию рабочих мест.



Соберите рабочее место
в требуемой комплектации,
воспользовавшись онлайн
помощником на нашем сайте:
<http://www.gefesd.ru/designer>



www.gefesd.ru
8 (800) 700-14-44, бесплатный звонок
из любого региона России
+7 (495) 788-44-44
e-mail: sales@gefesd.ru

ТЕХНОЛОГИИ

HD x-ray:

Рентгеноскопия
высокой четкости

Текст: Андрей Вагин

”

В современных условиях скорость развития технологий как в бытовой, так и в промышленной электронике достигла такого уровня, что новшества не заставляют себя ждать годами, а появляются с завидной регулярностью.

Потребность в такой динамике развития диктуют рыночные условия. И в сфере производства техники специального назначения также возрастают требования к точности ответственных изделий, скорости обработки информации, работоспособности в экстремальных условиях, реализуемые только при внедрении новых технологий. Эти требования возможно выполнять за счет все большей миниатюризации компонентной базы рис 1 и усложнения радиоэлектронных изделий рис 2: габариты становятся все меньше, а внутреннее наполнение — все насыщеннее.

Контроль качества изделий в современных условиях

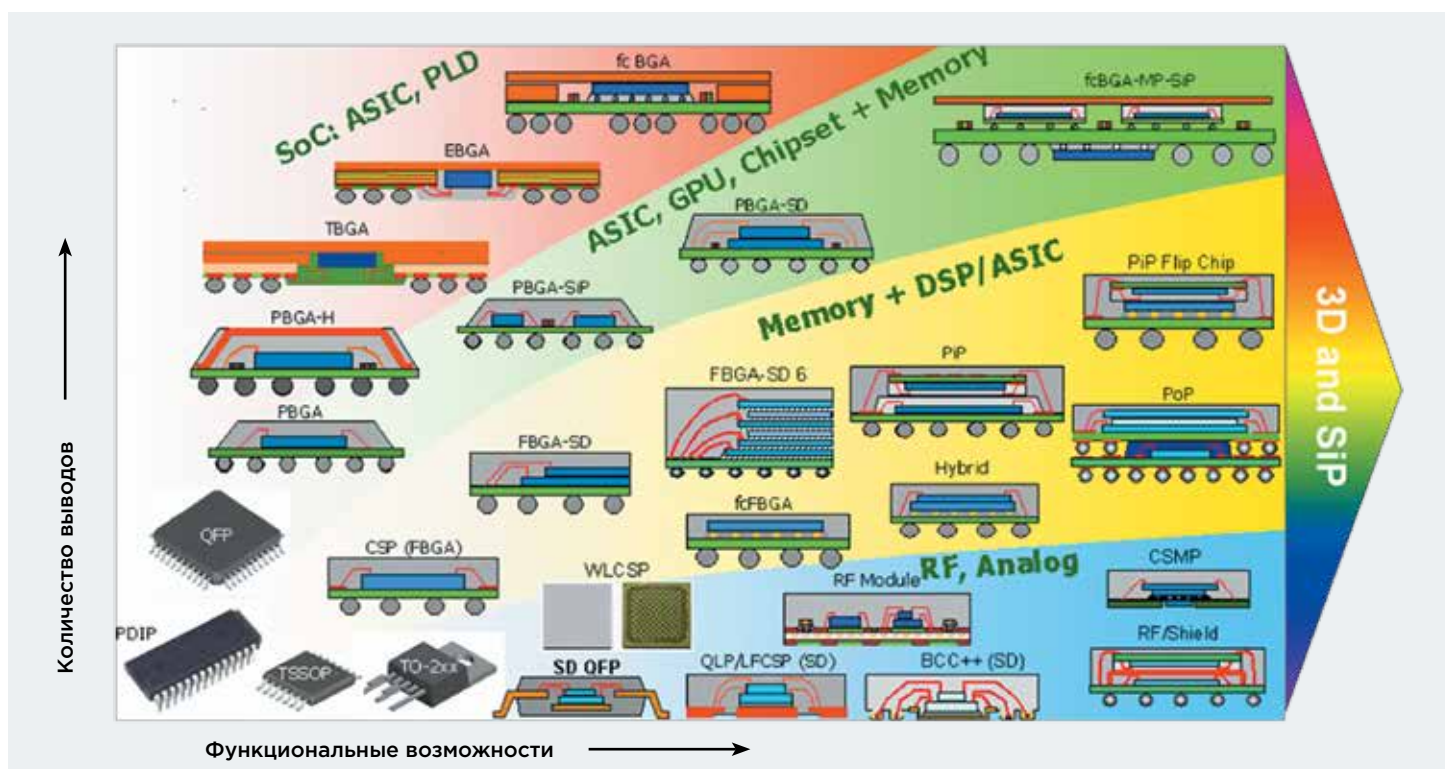
Наряду с данными тенденциями предъявляются повышенные требования и к средствам контроля, которые могут обеспечить выявление дефектов в новых условиях. Возможности современного оборудования автоматической оптической инспекции позволяют распознать дефекты нанесения паяльной пасты, установки компонентов, качества паяного соединения даже для самых миниатюрных компонентов. Но учитывая, что современные изделия уже сложно представить без использования микросхем с выводами под корпусом, таких как QFN, BGA, оптический контроль не в состоянии дать однозначный ответ о качестве паяного соединения. Также по ряду причин до сих пор не удается полностью отказаться от выводных компонентов, и остро стоит вопрос контроля заполнения припоем монтажных отверстий рис 4 и рис 3, что опять же не реализуемо с помощью оптики.

Также для автоматизированного контроля собранных печатных узлов получили широкое применение системы электрического внутрисхемного контроля, позволяющие диагностировать широкий спектр неисправностей и несоответствий, в том числе и на этапе входного контроля электронных микросхем. Диагностировать и локализовать дефект уже дорогого стоит,

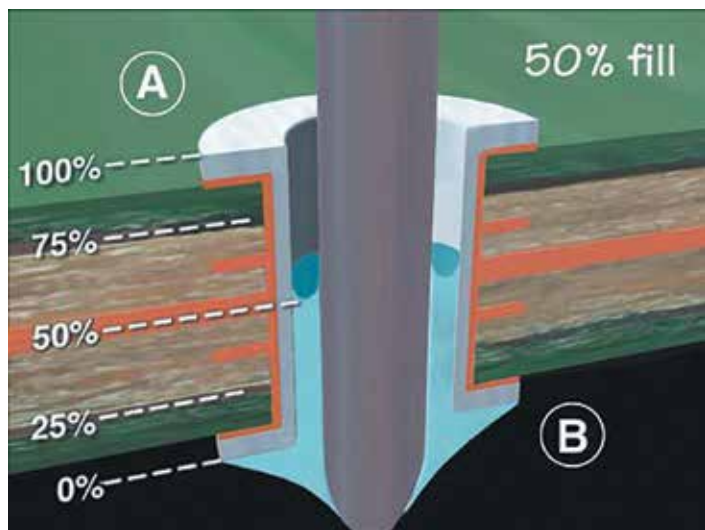
но как понять причину дефекта, как заглянуть внутрь изделия? Ведь концепция бездефектного производства должна строиться не на устранении выявленных дефектов, а на их предупреждении и своевременном внесении изменений в технологический процесс.



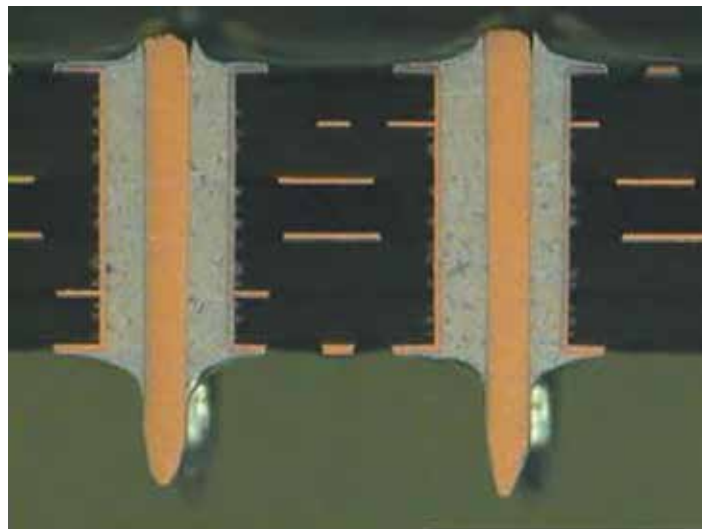
1
Компонент 03015, Размеры: L x W x T = 0.2 x 0.1 x 0.1 mm



2
Тенденция усложнения микросхем



3 По IPC-A-610: Для класса 3 вертикальное заполнение отверстий припоем не менее 75%



4 Пример правильного заполнения припоем монтажных отверстий

Входной контроль

Наряду с ростом спроса на высокотехнологичные изделия растет спрос на компоненты и современные микросхемы. В существующих условиях если есть спрос, то есть и предложение, но часть этого предложения неизбежно будет контрафактом или же просто некачественным продуктом — таковы нынешние реалии. Зачастую производители, анализируя причину серийно возникающего дефекта, ищут несоответствия в материалах, используемых для пайки, грешат на неправильно выстроенный термопрофиль, на неправильный конструктив изделия. Хотя причина гораздо проще — используемые микросхемы изначально оказываются несоответствующими оригиналу. Хуже всего, что при этом они могут быть рабочими, но не в состоянии обеспечить ожидаемые выходные характеристики. Визуально они совершенно неотличимы от оригинала, а что внутри? Да все что угодно: обрыв разварки, нарушение структуры кристалла, бывает, что кристалл просто отсутствует.

Неразрушающий контроль

Все вышеперечисленное говорит о том, что нужен инструмент, который позволял бы «показать все, что скрыто». Причем показать, не нарушая внешнюю оболочку объекта, т.е. нужен инструмент для неразрушающего контроля.

Поэтому широкое применение получили системы рентгеновского контроля, обладающие возможностями заглянуть внутрь объекта, не разрушая его структуру. Возвращаясь к вопросу о контрафакте, рассмотрим как пример рис 6, где показано изображение, полученное

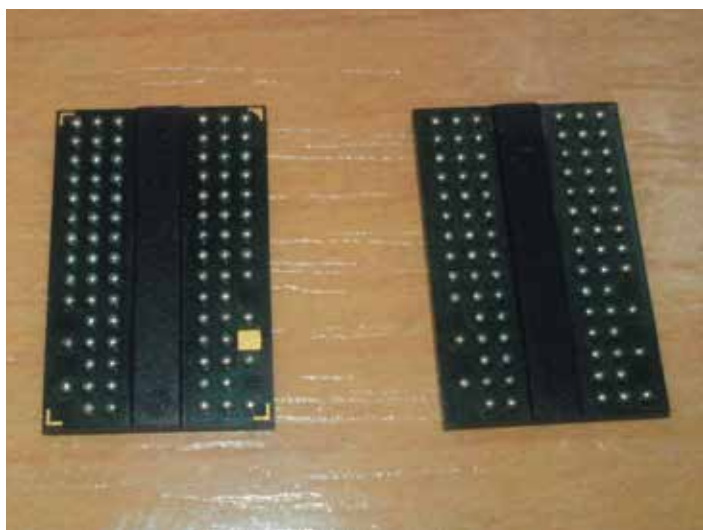
с помощью рентгеновской установки двух визуально одинаковых микросхем с идентичной маркировкой рис 5.

В процессе исследования было выявлено, что микросхемы, несмотря на одинаковую маркировку, имеют различную внутреннюю структуру — кристаллы разных размеров, разная разварка, а также разные форма и траектория внутренних дорожек в миниplate.

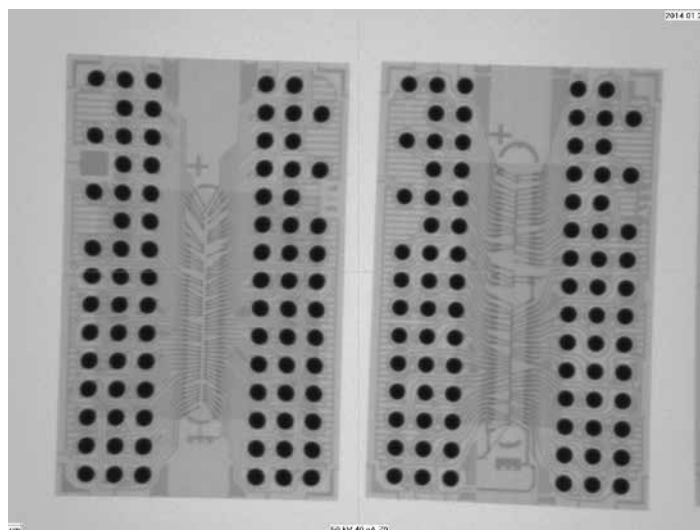
Как видно из полученных изображений, шарики на двух микросхемах не совпадают по форме рис 7. И если на одной из микросхем форма шариков обладает характерной повторяемостью, то на другой о какой-то идентичности говорить не приходится рис 8. И это на компонентах, которые не проходили процесс оплавления. Значительное отклонение размера и формы шариков у одного компонента предполагает возможный «реболинг». То есть, если у вас входной контроль компонентов ограничивается только визуальным анализом и верой в непогрешимость поставщика, будьте готовы к тому, что к конечному потребителю может уйти бракованное изделие. На выходном контроле выявить брак будет значительно сложнее, так как на начальном этапе эксплуатации и прохождении функционального контроля изделие может быть вполне рабочим.

Очевидно, что при повсеместном распространении микросхем с выводами под корпусом, при использовании дорогих микросхем рентгеновский контроль становится необходимостью. Более того, для многих читателей данная информация не нова: кто-то уже пользуется рентгеновскими установками на своем производстве, кто-то прибегает к услугам сторонних организаций.

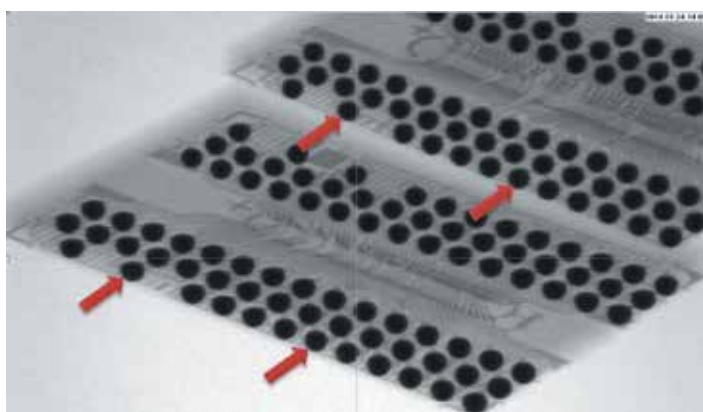
Цель данной статьи — не убедить в необходимости использования такого инструмента, а показать, насколько



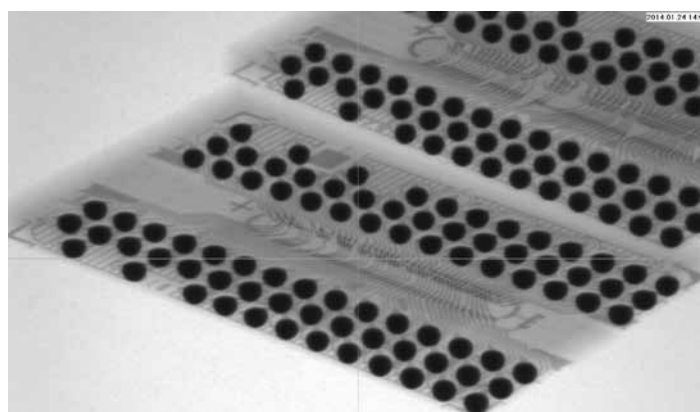
5 Внешний вид компонентов BGA снизу



6 Разная внутренняя структура компонентов BGA с одинаковой маркировкой



7 Различная форма шариков двух компонентов BGA



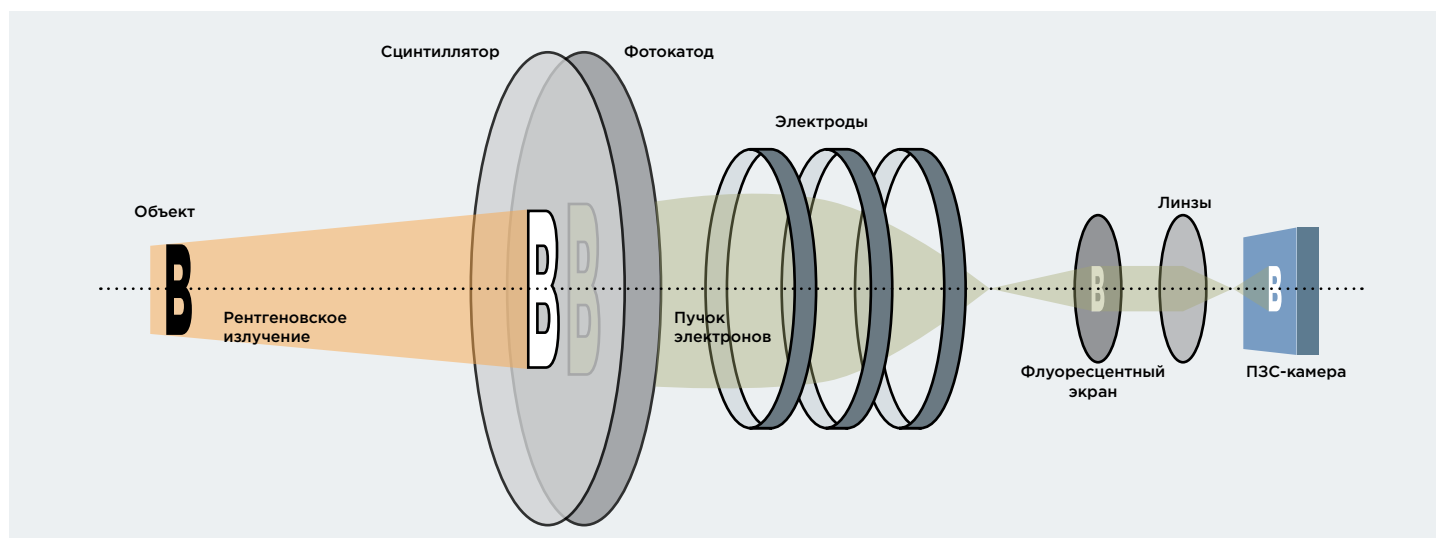
8 Различная форма шариков одного компонента BGA

ко современные рентгеновские установки соответствуют актуальным тенденциям. Ведь с миниатюризацией компонентов становятся критичными характеристики рентгеновских установок как по разрешающей способности и геометрическому увеличению, так и по четкости изображения, отсутствию шумов, стабильности картинки. Все вышеперечисленные параметры так или иначе попадают под определение HD — изображение высокой четкости (High-Definition) — это современный стандарт качества, отвечающий потребностям рынка.

И если появилось телевидение (HDTV), интерфейс передачи данных (HDMI), прочие многочисленные HD, то может ли и оборудование для рентгеновской инспекции обладать тем же стандартом четкости изображения, а, главное, соответствовать ему? Может, если за реализацию такой идеи берется общепризнанный мировой лидер в данной сфере — компания General Electric (GE) Sensing & Inspection Technologies GmbH, подразделение phoenix | x-ray.

За долгие годы сотрудничества Osteка и phoenix | x-ray, а это не много ни мало 12 лет, всеобщее признание среди конечных пользователей получила рентгеновская установка microme | x. Из более чем 80 единиц оборудования под брендом phoenix | x-ray, введенных в эксплуатацию на территории РФ, в пользу microme | x сделали свой выбор более 45 предприятий. Данная установка находится в среднем ценовом сегменте, обладает исчерпывающим программным обеспечением, имеет трубку с высоким максимальным напряжением -180 кВ, что позволяет решать широкий спектр задач неразрушающего контроля.

Разработчики GE не остановились на достигнутом и создали новую установку. Ряд передовых инженерных решений позволил получить беспрецедентные результаты по качеству изображения и спектру решаемых задач, а сама установка теперь носит оправданное название — microme | x DXR HD. Давайте рассмотрим составляющие, благодаря которым получаемое изображение обладает столь высокой четкостью.



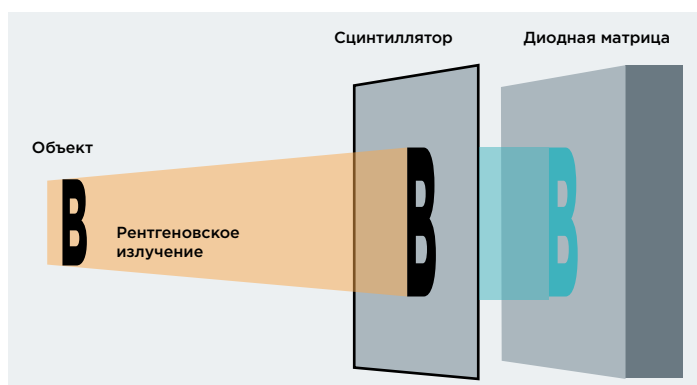
9

Усилитель изображения (Image Intensifier)

Цифровой плоскочелельный детектор DXR250RT

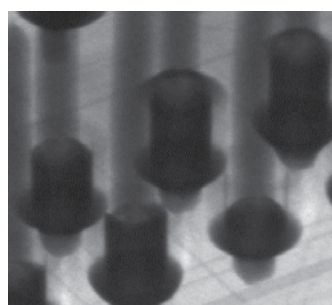
Цифровой панельный детектор в рентгеновских установках — явление давно не новое, но без этого технически сложного устройства невозможно представить действительно качественное изображение. Напомним, что существуют два основных типа электронных детекторов: это так называемый фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), в английской литературе известный как Image Intensifier (усилитель изображения), и цифровой панельный детектор. Основное отличие усилителя изображения от цифрового детектора состоит в принципиальной схеме преобразования рентгеновского излучения в регистрируемое изображение.

В фотоэлектрическом усилителе все многочисленные преобразования сигнала происходят с помощью аналоговых устройств, а для оцифровки сигнала используется цифровая ПЗС-камера [рис 9](#). Тот факт, что последняя операция происходит с помощью цифрового устройства, не дает права утверждать, что данный тип детектора цифровой. На это стоит обратить особое внимание, так как иногда недобросовестные поставщики на рынке рентгеновских установок выдают детекторы типа Image Intensifier за цифровые. В панельном цифровом детекторе [рис 10](#) рентгеновское излучение передается на сцинтиллятор, преобразуется в видимый свет, который напрямую попадает на диодную матрицу, регистрирующую изображение. Такое изображение отличается высокой контрастностью, лучшим соотношением сигнал/шум и практически мгновенной скоростью получения. А самое главное, изображения, получаемые этими способами, очень сильно различаются по динамическому диапазону. Если лучшие образцы ФЭУ обладают способностью выдавать до 200 градаций серого, то для плоскочелельных детекторов это значение может достигать и 10000.



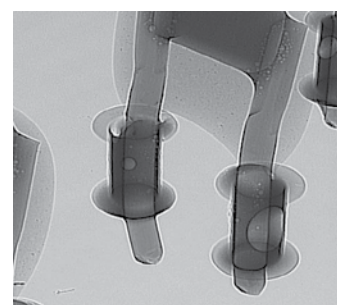
10

Цифровой плоскочелельный детектор



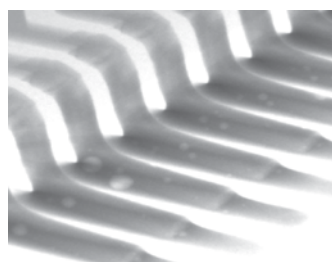
11

Изображение полученной с помощью Image Intensifier



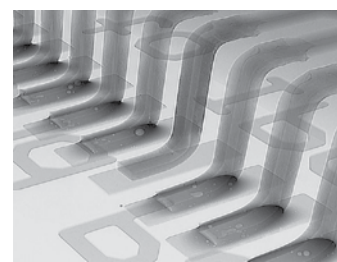
12

Изображение полученной с помощью Цифрового плоскочелельного детектора



13

Изображение полученной с помощью Image Intensifier



14

Изображение полученной с помощью Цифрового плоскочелельного детектора



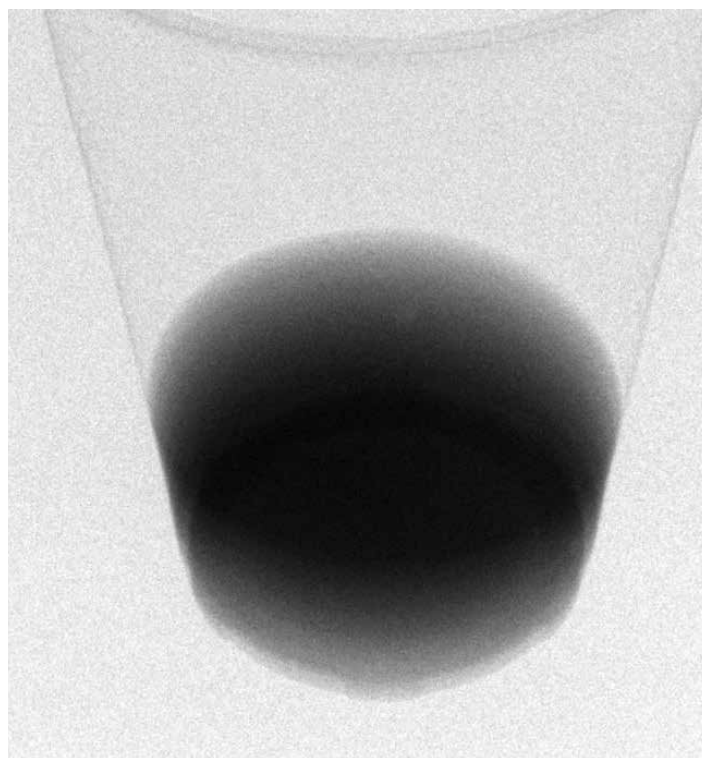
15
Цифровой плоскпанельный детектор DXR250RT

Впрочем, это именно тот случай, когда лучше посмотреть на результаты получаемого изображения, которые говорят сами за себя рис 11 и 12, 13 и 14.

Выше мы рассмотрели две принципиальные схемы преобразования рентгеновского излучения. Очевидно, что распознаваемость дефектов на рентгеновских установках с цифровыми панельными детекторами значительно лучше и по четкости, и по соотношению сигнал/шум, и по контрастности. Но и цифровые панельные детекторы, в свою очередь, у разных производителей отличаются по своим характеристикам. Рассмотрим основные параметры, характеризующие цифровые панельные детекторы, на примере DXR250RT рис 15, именно ими снабжаются рентгеновские установки производства GE.

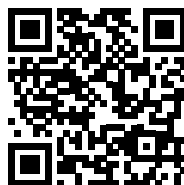
Во-первых, плоскпанельные детекторы различаются по материалу, из которого изготовлен сцинтиллятор — слой вещества, способный излучать свет при поглощении ионизирующего излучения. От этого зависит так называемая квантовая эффективность, то есть количество ионизирующего излучения, преобразованного в видимый свет. В качестве сцинтиллятора в детекторе DXR250RT выступает самое эффективное на сегодняшний день соединение — иодид цезия (CsI), позволяющее преобразовать в кванты видимого света до 80% рентгеновского излучения.

Во-вторых, DXR250RT обладает самым высоким быстродействием среди всего спектра детекторов, представленных на рынке — 30 кадров в секунду. Это позволяет быстрее получать качественное изображение.



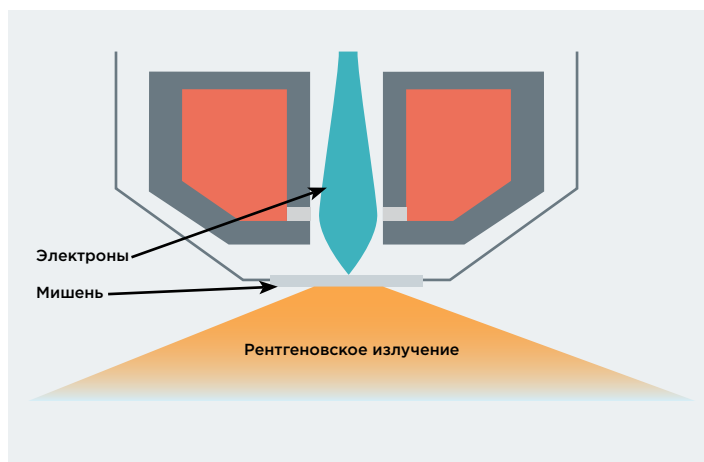
16
Пластиковый стакан с водой

Для понимания процесса можно рассмотреть небольшой эксперимент, проведенный нашими специалистами на ежегодной международной выставке ЭлектронТех-Экспо 2014. В качестве исследуемого образца был взят обычный пластиковый стакан, наполненный обычной водой и помещенный в рабочую область рентгеновской установки. Как известно, вода обладает низкой вязкостью и легко изменяет свое состояние при внешнем воздействии. Задача состояла в том, чтобы проверить способность рентгеновской установки уловить малейшие колебания жидкости при перемещении рабочего стола в режиме реального времени — и задача была выполнена. К сожалению, статичная картинка рис 16 не передает результат эксперимента, но итог эксперимента можно посмотреть, перейдя по ссылке QR-кода. На видео можно наблюдать колебания воды без всякого «затормаживания», что говорит о том, что изображение формируется мгновенно и позволяет видеть любые изменения состояния в режиме реального времени.



Проканируйте QR-код и смотрите видео фиксации изменения состояния жидкости в режиме реального времени на установке рентгеновской инспекции micromeX DXR HD

В-третьих, одними из самых важных параметров являются физические размеры матрицы детектора и каждого пикселя в отдельности. С размером самого детектора все просто — чем он больше, тем с большей площади мы сможем получить информацию. Детектор DXR250RT обладает внушительными размерами матрицы — 205x205 мм². Что касается пикселя, то казалось бы: чем меньше размер каждой дискретной составляющей, тем больше их поместится на единицу площади, и, соответственно, тем большая детализация изображения получится в итоге. Однако на практике больший размер пикселя позволяет получить более четкое изображение с лучшим соотношением сигнал/шум. Шум изображения, при прочих равных условиях, обратно пропорционален квадрату площади пикселя, то есть чем больше пиксель, тем контрастнее получаемое изображение. Поэтому важно подобрать оптимальное соотношение между детализацией и контрастностью для получения максимально качественного изображения. Инженерам GE удалось найти параметры, позволяющие получить наиболее четкое изображение при размере пикселя — 200x200 мкм².



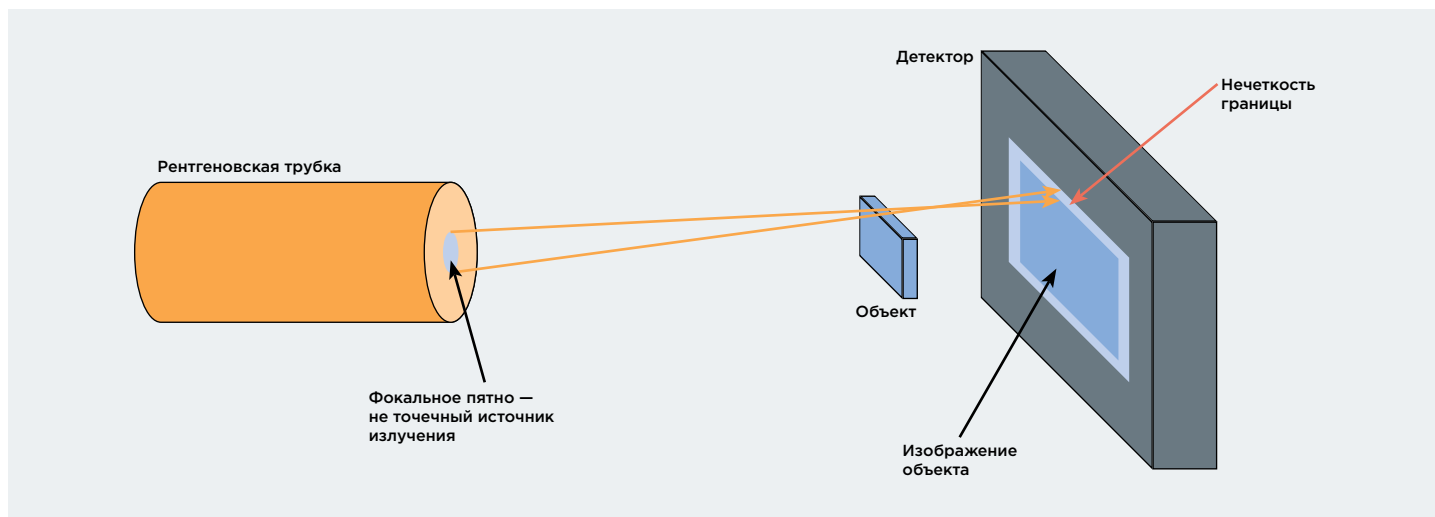
17

Принцип работы рентгеновской трубки

Прострельная мишень diamond | window

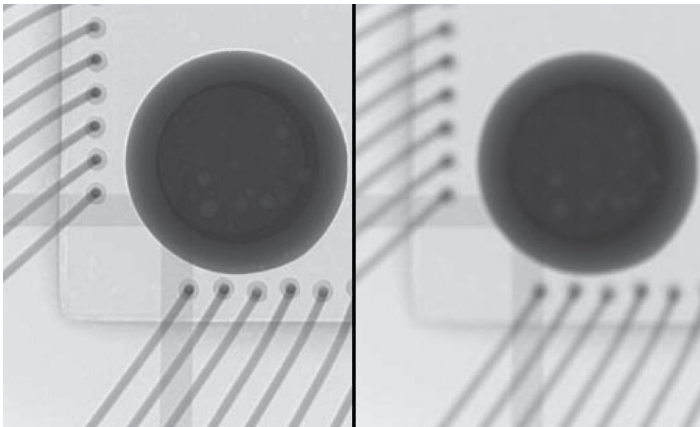
Здесь нужно сделать небольшое отступление и рассказать о принципе работы рентгеновской трубки. Рентгеновскую трубку можно представить в виде цилиндра, в котором электроны за счет ускоряющего напряжения разгоняются и бомбардируют металлическую мишень, в результате резкого торможения электронов имитируется рентгеновское излучение рис 17. Разрешающую способность установки, то есть минимально различимые элементы изображения, напрямую характеризует размер фокального пятна. Чем меньше фокальное пятно, тем, соответственно, лучше разрешающая способность и четче получаемое изображение рис 18. Но и тут не обойтись без подводных камней. При высокой мощности рентгеновского излучения фокальное пятно увеличивается для предотвращения плавления материала мишени вследствие подачи высокой плотности энергии. По этой причине исследования мелких деталей в сильно поглощающих материалах ограничены. Приходится либо снижать мощность подаваемого напряжения для сохранения малого размера фокального пятна (при этом излучение почти не проходит через образец, что ведет к созданию изображения с низким соотношением сигнал/шум), либо работать на высокой мощности, но жертвовать увеличением фокального пятна, что приведет к размытию изображения. И в том и в другом случае мы получаем ухудшение изображения, а это критично для распознавания мелких особенностей исследуемого объекта. Какой смысл в заявленных на бумаге параметрах, если в рабочих условиях их применение возможно в таком узком диапазоне?

Для решения этой проблемы phoenix | x-ray предлагает мишень diamond | window (алмазное окно), изготавливаемую по технологии CVD (химическое осаждение из паровой фазы).



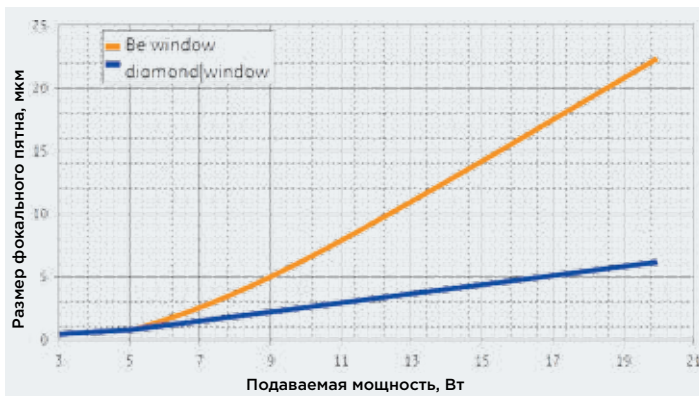
18

Зависимость нечеткости границ от размера фокального пятна



19

Результат сканирования diamond|window/Бериллиевая мишень



20

Зависимость размера фокального пятна от подаваемой мощности

В стандартных мишенях предыдущего поколения вольфрамовый слой осаждается на бериллиевую пластину, в алмазном же окне в качестве теплоотводящей подложки используется пластина из искусственного алмаза. Использование алмаза позволяет более эффективно отводить тепло и подавать большие плотности энергии на мишень.

Данный тип мишени подходит для всех трубок phoenix, оснащаемых прострельной мишенью, с ускоряющим напряжением до 180 кВ. Благодаря своей высокой теплопроводности мишень такого типа, не содержащая токсичных веществ, дает возможность получать большие мощности рентгеновского излучения при меньшем размере фокального пятна. Это позволяет достичь высокого разрешения при высокой выходной мощности трубки, а также сформировать изображение до двух раз быстрее без потери качества.

На рис. 20 представлена зависимость размера фокального пятна от мощности подаваемого напряжения для стандартной бериллиевой мишени и diamond|window. Как видно из графика при мощностях выше 5 Вт размер фокального пятна для одного и другого вида мишени сильно различается. Различимость деталей для бериллиевой мишени при мощности на трубке 20 Вт упадет с 0,5 мкм (заявленных в спецификации) до 20 мкм. Наглядно результат съемки одного и того же объекта при использовании

разных типов мишеней можно увидеть на рис. 19.

Наряду с применением цифрового плоскопанельного детектора использование мишени diamond|window значительно расширяет рабочий диапазон установки Micromex DXR HD:

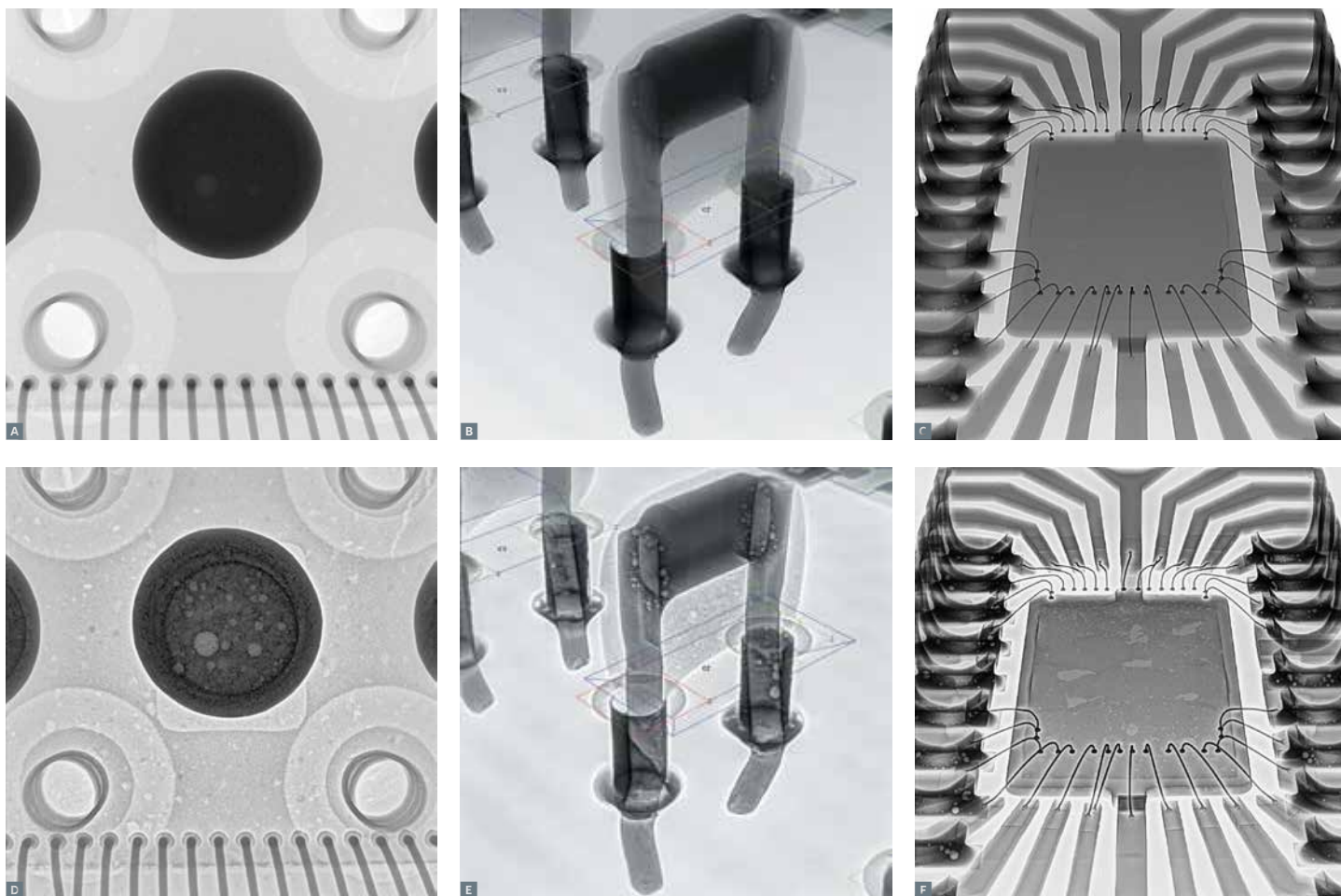
- время получения рентгеновских изображений без потери качества в два раза меньше;
- высокая выходная мощность при высоком разрешении;
- улучшенная стабильность положения фокального пятна во время длительных измерений (например, для компьютерной томографии);
- увеличенный срок службы мишени благодаря меньшей деградации при высоких подаваемых мощностях;
- алмазное окно (diamond|window) позволяет достичь мощности до 20 Вт;
- отсутствуют токсичные элементы.

Программное обеспечение x|act pro

В наше время нельзя обойтись без программного обеспечения, которое зачастую увеличивает возможности оборудования до небывалых высот. Все рентгеновские установки micromex|x DXR HD снабжены самым современным софтом x|act pro версии 9.0, возможности которого можно разделить на две составляющие. Это функционал, связанный с обработкой изображения, и опции, позволяющие автоматизировать операции инспекции изделия. Конечно, описать весь функционал программного обеспечения в рамках одной статьи не получится, поэтому остановимся на последних обновлениях.

Итак, начнем по порядку. Что касается обработки изображения, мы не будем подробно останавливаться на таких понятиях как усреднение изображения и прочие алгоритмические обработки, которые в том или ином виде используются в рентгеновских установках других производителей. Отдельно хотелось бы рассказать о новинке конца 2013 года, которая впервые была представлена на международной выставке Productronica 2013 в Мюнхене и по праву произвела фурор среди посетителей. Это новый модуль обработки изображения Flash!FiltersTM. Впрочем, и посетители московской выставки ЭТЭ2014 также могли наблюдать результаты работы этой новинки на нашем стенде.

Ни для кого не секрет, что результат двухмерной рентгеновской инспекции сильно зависит от оператора ввиду особенностей самой технологии. Может быть пропущен тот или иной дефект или присутствовать неоднозначность интерпретации результатов съемки. Обработка снимков модулем Flash!FiltersTM адаптирует изображение для восприятия человеческим глазом, что позволяет существенно повысить объективность инспекции. Дело в том, что человеческий глаз способен



21

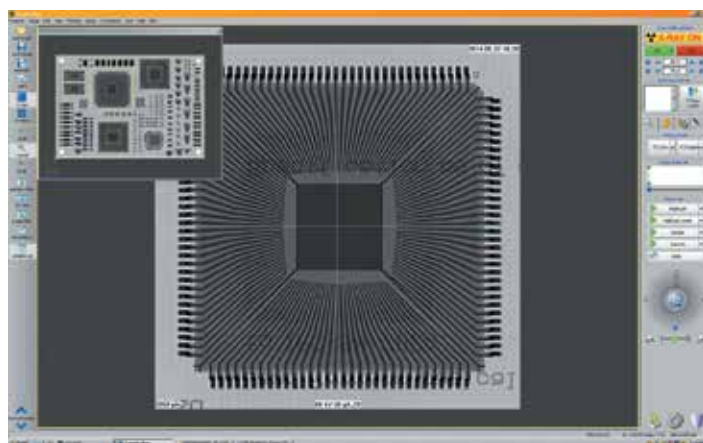
Результат применения программного модуля Flash!Filters

различать не более двух сотен уровней серого, а современные цифровые панельные детекторы способны выдать их до нескольких тысяч. И поэтому, несмотря на то, что информация о всех дефектах уже содержится на снимке, оператор просто не в состоянии увидеть их одновременно. Фильтр обрабатывает снимок, выбирая из тысяч уровней серого те, которые содержат полезную информацию, и сжимает их в те самые две сотни. Как бы вы отнеслись к тому, чтобы по одному клику исследуемая область рис 21 А В С преобразовывалась во что-то подобное рис 21 D E F.

Впечатляет, не правда ли? И это не какой-то фотомонтаж — именно так работает **Flash!Filters**.

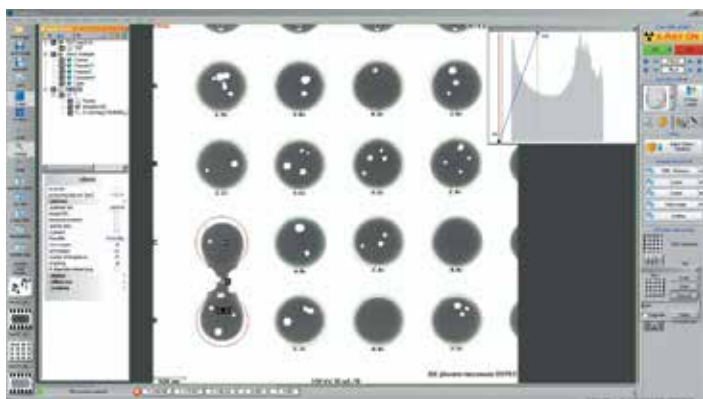
Давайте вернемся к другим возможностям программного обеспечения x|act pro, позволяющим автоматизировать инспекцию исследуемых образцов. Учитывая, что производственные предприятия, использующие рентгеновские установки, имеют потребность в инспекции серийных изделий, необходим инструмент, который позволял бы ускорить работу по распознаванию дефекта, не выбываясь из цикла сборки. Рассмотрим ситуацию, когда появляется большая серия ответственных изделий, содержащих несколько дорогостоящих компонентов BGA, и у предприятия есть потребность в 100% контроле пайки данных

микросхем. Для решения таких задач в x|act pro предусмотрена возможность создания так называемых макросов. То есть оператор на одном изделии создает карту печатного узла рис 22, привязывается к базовой точке по аналогии с реперным знаком и записывает все операции, производимые с образцом, задавая траекторию инспекции и параметры, при которых проводится анализ. Затем он сохраняет все эти действия в программу. При последующем анализе аналогичных изделий



22

Карта изделия



23
Модуль исследования микросхем BGA

требуется только сделать привязку к базовой точке и запустить созданный ранее макрос, все дальнейшие действия программа произведет сама.

Более того, для удобства исследования можно использовать предустановленные модули, которые также можно записать в макрос:

- исследование микросхем BGA;
- расчет количества пустот;
- контроль компонентов Flip-Chip;
- измерение кривизны проводников.

Возвращаясь к задаче, мы можем применить модуль исследования микросхем BGA рис 23, который позволит в автоматическом режиме определить:

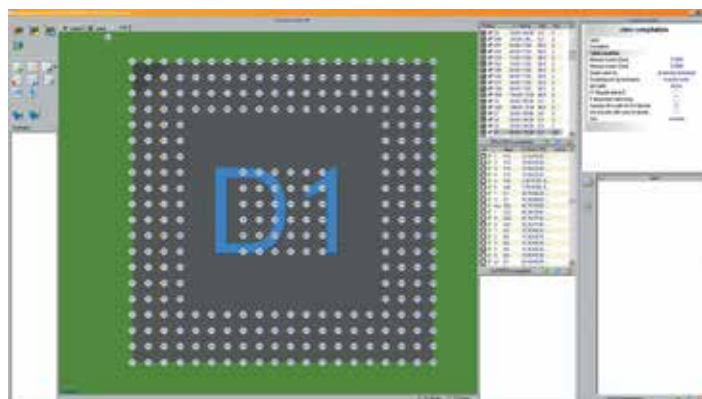
- округлость, форму;
- смещение;
- превышение и недостаточность размеров;
- наличие пустот;
- недостаточность припоя;
- короткие замыкания;
- смачивание;
- и многое другое.

Согласитесь, с таким набором возможностей наша задача не кажется такой уж долгой и сложной.

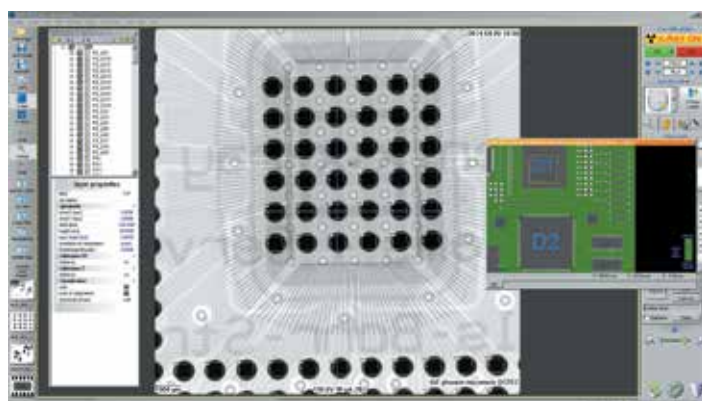
Далее рассмотрим вариант, когда система качества подразумевает 100% контроль всех компонентов каждого изделия. Даже в этом случае уникальное ПО имеет свои решения. x|act pro позволяет осуществить привязку CAD данных исследуемого образца к рабочей программе рис 24 и рис 25, что дает возможность анализировать, например, все шарики для конкретной BGA-микросхемы.

Здесь же появляется возможность применения так называемых «стратегий» по аналогии с алгоритмами, которые используются в системах для автоматической оптической инспекции (АОИ).

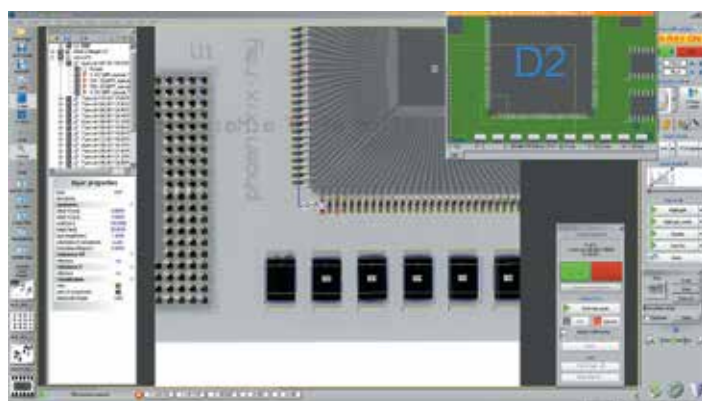
То есть мы получаем рентгеновскую установку с функционалом полноценной АОИ рис 26, но со значительно расширенным диапазоном исследуемых областей за счет возможности заглянуть внутрь объекта. Немаловажным является то обстоятельство, что наряду с предустановленными стратегиями



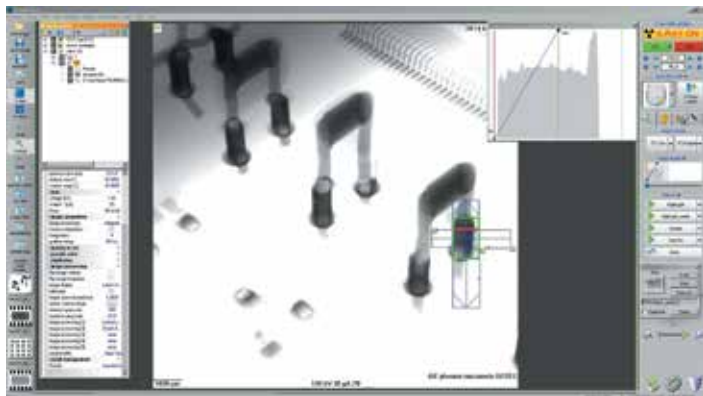
24
Рабочая программа с привязкой CAD-данных



25
Интерфейс рабочего стола программы с привязкой CAD-данных



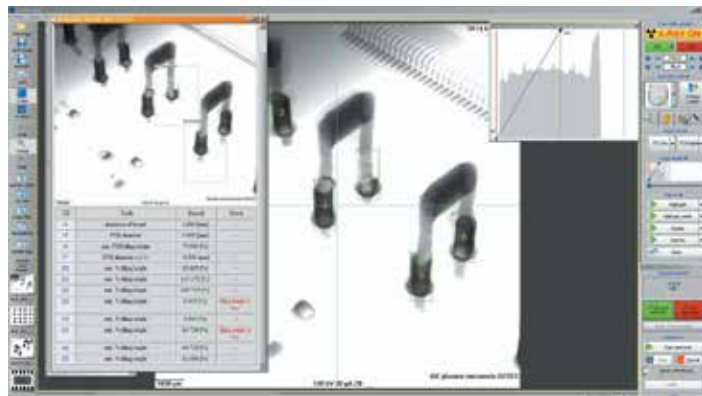
26
Пример работы стратегии для многовыводной микросхемы (красным цветом выделены пины, распознанные как дефект)



27

Пример создания алгоритма для анализа заполняемости монтажных отверстий при ТНТ-монтаже

оператор может написать собственные. Как пример, рассмотрим рентгеновское изображение монтажного отверстия, заполненного припоем **рис 27**. По аналогии с программированием алгоритмов для АОИ мы задаем параметры исследуемой области (зеленый прямоугольник на **рис 27**): координаты, угол наклона. В данном случае идеальным результатом для нас будет 100% заполнение монтажного отверстия, а, соответственно, и всей заданной прямоугольной области. Также задаем минимально допустимую высоту заполнения, например 75%, все, что ниже данного значения,

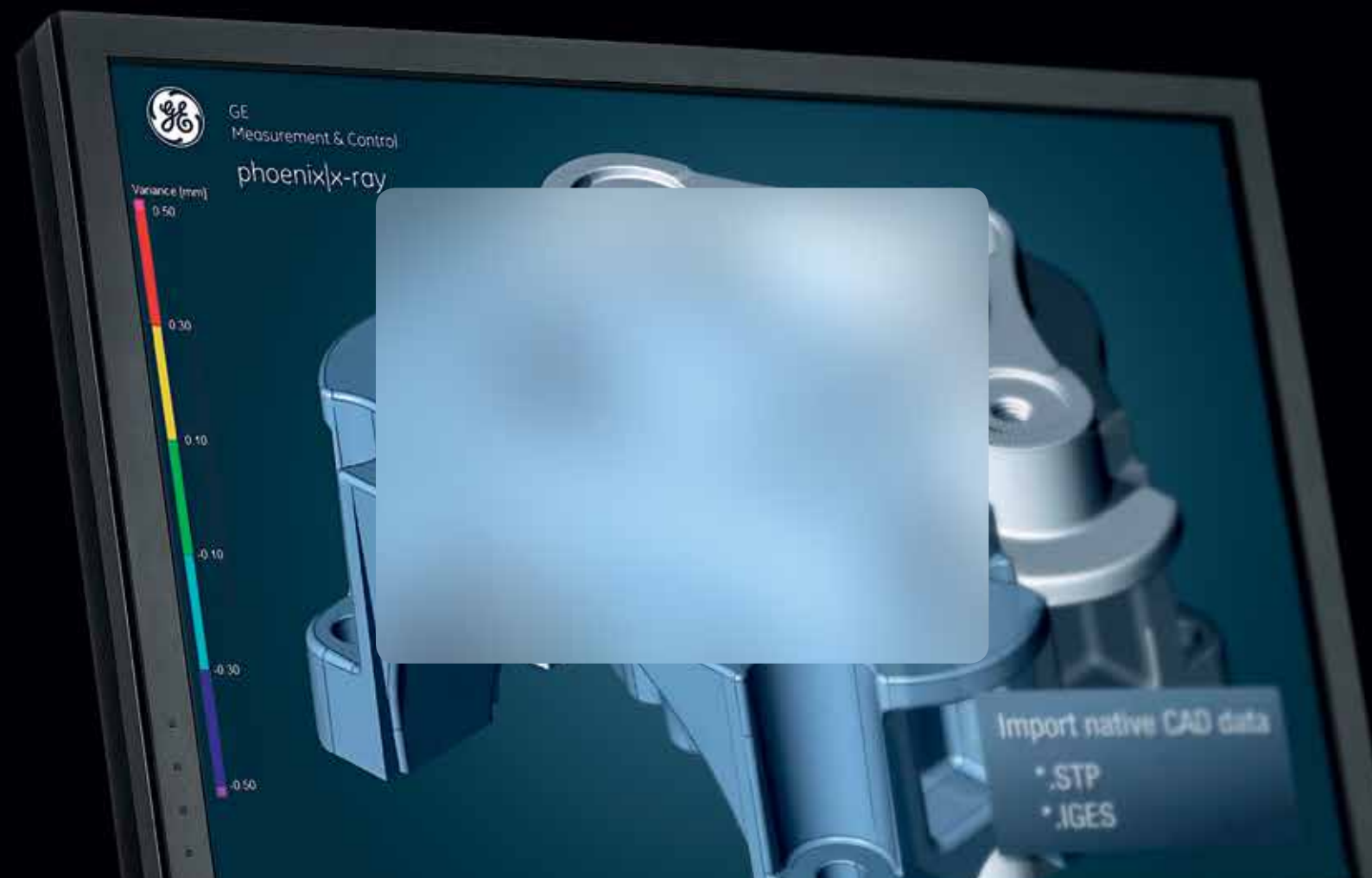


28

Результат применения стратегии с отчетом

будет считаться дефектом (красная линия на **рис 27**). Затем определяем еще ряд параметров, таких, например, как направление анализа (векторы на **рис 27**). Нам потребуется анализ и в горизонтальной области, так как помимо высоты заполнения монтажных отверстий припоем требуется контролировать и пустоты внутри него. Результат работы созданного алгоритма показан на **рис 28** с соответствующим отчетом обо всех выявленных дефектах.

Рассмотренный функционал рентгеновских установок microme | x DXR HD далеко не полный, но и этого достаточно, чтобы оправдать использование приставки «HD». Помимо изображения высочайшей четкости пользователи оборудования получают мощнейший инструмент для автоматизированного анализа изделий за счет самого современного программного обеспечения. С появлением такого функционала можно с уверенностью говорить, что охват задач полноценного контроля печатных узлов достиг своего сегодняшнего максимума. 



Видеть сегодня устройство изделий будущего невозможно, **НО ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ИХ КАЧЕСТВА — НЕОБХОДИМО**



Phoenix x-ray v|tome|x L300

Промышленный компьютерный томограф

- Поиск скрытых дефектов в изделиях, в том числе микронных размеров
- Работа с крупными заготовками с линейными размерами до 800 мм и более
- Измерение размеров внутренних полостей и толщины стенок
- Обратное проектирование: измерение всех размеров объекта с последующим построением CAD-модели

www.ostec-ct.ru
ЗАО «Остек-СМТ»
(495) 788 44 44
info@ostec-ct.ru
www.ostec-group.ru



Решения для неразрушающего контроля на основе рентгеноскопии и томографии

КАЧЕСТВО

ПРОИЗВОДСТВО,
ГДЕ НЕТ КОНТРОЛЁРОВ,
ЭТО ВОЗМОЖНО

ВИЗИТ В КОМПАНИЮ КОМАХ

Текст: **Илья Шахнович**

«КРАСОТА ЭТОЙ ВОДЫ, ЭТИХ ГОР И ЭТОГО НЕБА
В ПЕРВОЕ МГНОВЕНИЕ БУКВАЛЬНО ОСЛЕПИЛА
И ПОТЯСА МЕНЯ».

**Л.Н.ТОЛСТОЙ,
ИЗ ЗАПИСОК КНЯЗЯ Д.НЕХЛУДОВА. ЛЮЦЕРН**

«**М**ы пробовали производить наше оборудование в Китае, пробовали в Португалии. Но оказалось, что дешевле всего — в Швейцарии». Это не про часы и не про ножи — Даниэл Нуфер, директор компании Комах по продажам в Америке и странах СНГ, рассказывает о производстве широчайшего ассортимента станков для обработки кабеля. Для России, где одна из основных проблем производства — низкая рентабельность и высокие накладные расходы, подобное утверждение звучит как откровение. Ведь не раз приходилось слышать мнения достаточно авторитетных специалистов, которые объясняют неконкурентоспособность российских предприятий по сравнению с Китаем тем, что там зарплаты ниже, а климат теплее. Швейцария — это, конечно, не Арктика и даже не Сибирь, но едва ли у кого-то она ассоциируется с низкими накладными расходами или дешевой рабочей силой.

Так за счет чего производственное предприятие в Швейцарии оказывается наиболее рентабельным? Давайте все увидим своими глазами.



Даниэл Нуфер



Видимо, нам повезло — Люцерн встретил морозящим дождем. Тяжелое ватное одеяло низких облаков висело над городом, едва приоткрыв склоны окрестных гор. Лишь рано утром облака чуть рассеялись, и открылась стена Пилатуса — грандиозная и величественная даже сквозь мутную пелену. Открылась, чтобы тут же исчезнуть, как видение — мимолетное, но незабываемое в своей мимолетности.

Город, не знавший войн, природных катаклизмов и революций. Всего 60 тыс. жителей на 24 кв.км. Все здесь навеваает раздумья о вечном и неспешном. Даже мост Капельбрюкке — деревянный, построенный шесть с половиной столетий назад — и тот пересекает Ройс не по кратчайшему пути, а наискось.

Кому только не дарил этот город свое очарование и вдохновение. Иоганн Гете и Чарли Чаплин, Пабло Пикассо и Рихард Вагнер, Иван Тургенев и Федор Достоевский, Петр Чайковский и Сергей Рахманинов, Александр Бенуа и Марк Шагал, Сергей Прокофьев и Лев Толстой — ни для кого из них визит в Люцерн не прошел бесследно. Непонятно, как в Люцерне можно работать — это место для созерцания и умиротворения. Но оказывается — можно. Именно здесь, во время свадебного путешествия с Надеждой Забелой, Михаил Врубель написал панно «Полет Фауста и Мефистофеля». А Лев Толстой, не мудрствуя лукаво, — рассказ «Люцерн». Здесь же Макс Кох

почти 40 лет назад создал компанию Комах.

С дождем нам повезло, потому что целью визита был не этот чудесный город на берегу Фирвальдштетского озера, рядом со склонами гор. В пригороде Люцерна, в Дайриконе (Dierikon), расположено производство одного из ведущих в мире изготовителей оборудования для обработки проводов и кабелей — компании Комах. Оно известно в России, но незаслуженно мало. Однако нас интересовала не столько сама обработка кабелей, сколько организация производства — заметим, серьезного машиностроительного производства. И при этом высокорентабельного. Причем не где-нибудь, а в Люцерне, где и рабочая сила, и земля стоят дорого, а налоги принято платить.

Название Комах происходит от имени основателя Макса Коха (Max Koch) — «Ко — Мах». До этого М.Кох работал в фирме, которая занималась электрическим автомобильным оборудованием. В своей работе Кох постоянно сталкивался с проблемой зачистки кабелей и в итоге придумал для этого специальный станок. Станок оказался настолько удачным, что в 1975 году Кох создал свою фирму. Тогда в ней было всего три человека, два из них работают в компании Комах до сих пор. Уже в 1976 году была выпущена первая установка для резки и зачистки кабеля с шаговыми электродвигателями. В 1982 году началось производство первых в мире машин полностью автоматической опрессовки разъемов с ми-

кропроцессорным управлением. А годом раньше в США открылся первый зарубежный филиал Комах. Позднее, в 1991–95 годы, такие подразделения были созданы в Португалии, Германии, Сингапуре и Бразилии, в 2006 году — в Китае и Малайзии.

Макс Кох возглавлял Комах в качестве исполнительного директора до 1991 года, затем до 1997 был председателем совета директоров компании. В 1997 году Комах становится открытым акционерным обществом, М.Кох продает часть своих акций и фактически отходит от дел Комах. Но он остается вторым акционером по размеру пакета акций, а самая крупная доля принадлежит сотрудникам предприятия. Компания продолжает успешно развиваться, превратившись в холдинг Комах Group. Последовал ряд поглощений других фирм. Помимо обработки кабеля появляются два новых направления — оборудование для производства медицинской техники и решения для производства солнечных батарей. Однако обработка кабеля продолжает доминировать в структуре бизнеса Комах. Например, по итогам 2013 года на долю этого направления пришлось почти три четверти (74%) всех продаж, а общий объем продаж составил почти 341 млн швейцарских франков — на 18,9% больше, чем в 2012 году. И порядка 80% всего оборудования для обработки кабелей направляется предприятиям автомобильной промышленности.



Все это сделано на оборудовании Комах

Сегодня Комах производит широчайший ассортимент оборудования для обработки кабеля: станки для зачистки проводов и опрессовки разъемов, установки для мерной резки, плетения витых пар, изготовления кабельных сборок, маркировки, контроля качества и т.д. Выпускаются как настольные полуавтоматические станки (например, для обжимки разъемов), так и высокопроизводительные автоматические линии для производства кабельных сборок, включая их армирование коннекторами.

Итак, пригород Люцерн Дайрикон (Dierikon), штаб-квартира и производственный центр компании Комах. Предприятие нам показывает Даниэл Нуфер, директор Комах по продажам в Америке и странах СНГ.

Как театр начинается с вешалки, так производство — со склада комплектующих. И уже они достойны пристального внимания.

Даниэл, в чем особенность организации поставки комплектующих, как организован их входной контроль и работа отдела снабжения?

У нас нет входного контроля, как и отдела снабжения.

Комплектующие мы подразделяем на категории А, В и С. Категория А — это самые важные компоненты, мы производим их только самостоятельно. Это либо наиболее ответственные детали, где нужна высокая точность обработки, либо компоненты, в которых используются наши ноу-хау. Категория В — это компоненты, которые мы заказываем сторонним изготовителям. Это штампованные и сварные изделия, электронные модули, приводы и т.п. Наконец, класс С — это в основном расходные материалы: крепеж, прокладки и др. Соответственно, у нас три склада комплектующих.

Мы активно используем принцип поставки "точно в срок" (принцип Канбан). Скажем, мы сейчас на складе мелких расходных компонентов (категория С). Но это даже не наш склад, а одного из наших партнеров, из-





Склад расходных материалов. Лотки на электронных весах, связанных в сеть



вестной компании-поставщика Bossard. Этот склад полностью автоматизирован. На стеллажах стоят лотки с компонентами. Наши сотрудники просто забирают со склада столько расходных деталей, сколько им нужно. Каждый лоток установлен на электронных весах, подключенных к локальной сети. Менеджеры Bossard в режиме он-лайн видят, сколько компонентов осталось, и самостоятельно дважды в неделю пополняют запас. А затем Комах просто получает и оплачивает счет.

Принципиально, что здесь нет никакого входного контроля и учета — мы полностью доверяем поставщику. А ведь 15 лет назад у нас был огромный отдел, который занимался комплектованием и входным контролем. Проводилась масса проверок, существовал огромный бумагооборот. Мы устранили все эти процедуры, за счет чего сократили производственные расходы. Конечно, проблемы случаются, куда без них, но очень редко.

Заслуживает внимания и другой, автоматический склад. Когда в 1992 году Макс Кох его построил, это было самое высокое здание в Дайриконе. Все говорили — он сошел с ума. Сейчас этот склад кажется очень маленьким, он используется для компонентов категории В. Процедура комплектования изделий со склада автоматизирована, для погрузчика составляется оптимальный маршрут, погрузчиком управляет оператор.

Поставщики сами загружают комплектацию на этот склад. Для каждой детали есть строго определенное место — адрес на складе. Поставщики знают, какие места (стеллаж, уровень, номер) предназначены для их комплектующих, и самостоятельно, без участия наших операторов, ставят все куда нужно. Конечно, в случае проблем на помощь приходят сотрудники Комах.

Наши поставщики загружают компоненты либо на склад, либо непосредственно на участок монтажа. Это очень удобно, избавляет нас от необходимости содержать отдел снабжения. Однако выстроить подобную систему отношений было непросто. Мы искали надежных поставщиков по всей Швейцарии. Сейчас практически все поставщики находятся поблизости, в радиусе 25–30 км. Они знают нас, мы знаем их и доверяем друг другу.

Немаловажная деталь — обычно при транспортировке детали тщательно упаковывают, чтобы избежать повреждений. Для этого используются оберточные материалы, одноразовые коробки и т.д. Это и деньги, и время. Мы для каждой детали разрабатываем и производим многоразовую возвратную тару, где предусмотрены специальные фиксирующие элементы. Не нужно тратить время, расходовать бумагу и другие уплотнители — все предусмотрено в конструкции тары.



Автоматизированный склад комплектующих





Специальная тара, не нужна дополнительная упаковка деталей



За складом расходных материалов следит сам поставщик. А как пополняются запасы более сложных деталей?

Предприятие работает исключительно под заказ. Сначала, в 1980-е годы, мы работали "на склад", собирали оборудование партиями по 50 шт. Но заказов было так много, что порой клиенты ждали год-полтора. В результате мы изменили систему, и теперь сроки поставок, в зависимости от сложности оборудования, составляют от трех дней до трех недель.

Каждую пятницу отделом продаж планируются заказы на будущие восемь недель. Каждый понедельник отдел логистики совместно с отделом продаж обсуждает планы на следующие три недели. Такая глубина планирования связана с тем, что три недели длится производственный цикл изготовления самых сложных установок. Системы средней сложности производятся за две недели, заказы на маленькие станки выполняются от недели до трех дней. Соответственно, информация рассылается поставщикам, они знают, когда нам потребуются их комплектующие. Составляется график работы, по которому и живет производство.

Как организовано собственно производство?

У холдинга Комах есть сборочные производства в Швейцарии, США, Германии, Бразилии, Тунисе и Китае. Но все наиболее ответственные узлы и детали для оборудования обработки кабелей мы производим только здесь. Для этого предназначен цех механической обработки, оснащенный наиболее совершенными обрабатывающими центрами. Это многоосевые станки с ЧПУ, в основном фрезеровальные, позволяющие изготавливать самые сложные детали. Каждые три года парк станков меняется, сейчас мы используем обрабатывающие центры немецкой компании Heller. Изготовление одной детали может занимать несколько десятков минут, при этом до 90% исходного материала идет в отход. Стружку мы, разумеется, собираем и продаем.

Все процессы в цеху полностью автоматизированы. В соответствии с планом-графиком работы программы изготовления каждой детали автоматически загружаются в станки. Рабочим остается только установить заготовки в станок, проконтролировать загрузку про-



Механический цех, обрабатывающие центры, образцы продукции



Контроль произведенных деталей (слева), буферный склад (справа)



граммы, обслужить оборудование. Но самое важное — в задачу рабочих входит проверка готовой продукции.

Станки работают практически круглосуточно, общий простой не превышает получаса в сутки. Рабочие работают в две смены почти по 9 часов. Но в третью смену станки продолжают работать автоматически, в них на ночь загружают заготовки, а утром забирают готовые детали и проверяют.

Рабочие сами проверяют качество продукции? А что же делают контролёры?

Контролёров у нас нет — и это еще один фактор обеспечения высокой рентабельности продукции. За качество целиком и полностью отвечает работник. Это относится не только к механообработке, но и ко всем стадиям производства. Мы предоставляем работникам все необходимые средства измерений и контроля, наиболее совер-

шенное оборудование и инструменты. Используя их, они сами должны обеспечить постоянное качество.

Это возможно только при очень стабильном коллективе. Когда я начинал работать на Комах, средний возраст работников был 27 лет. Сейчас, 20 лет спустя, он составляет 44 года. Как видите, кадровый состав постоянен. И это гарантия высокого качества. Конечно, помогает и тот факт, что у нас все рабочие — акционеры.

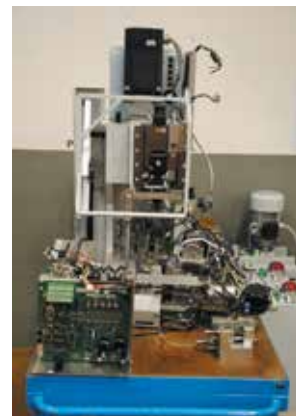
Удивительно. Что дальше происходит с готовыми и проверенными деталями?

Детали производятся как для сборки оборудования, так и в качестве запчастей. Соответственно, они попадают на разные склады. Детали для сборки поступают в накопительный склад. Поскольку все производится только под заказ, его объем невелик.

А дальше начинается собственно процесс сборки. И пер-



Сборка модулей





Модули готовы к ночному тестированию

вый этап — комплектование. В сборочном цеху собираются крупные установки. Для каждой из них выделяется отдельное место — "остров", как мы его называем. На этом острове собирается комплектация для конкретной установки. Если после сборки не остается неиспользованных компонентов, это дополнительный индикатор правильной работы.

Небольшие станки (например, машины для резки и зачистки) и отдельные модули собираются на специальном участке. Раньше маленькие станки производились на склад. Это казалось логичным — стандартное, массовое оборудование. Однако заказчики все равно просят несколько различную комплектацию даже таких станков. Приходилось переукомплектовывать отгруженные на склад изделия. Поэтому теперь мы их производим только под заказ. От получения заявки до отгрузки проходит три дня.

В чем особенность сборки небольших станков и модулей?

Наш принцип работы — один человек полностью собирает один станок или модуль и отвечает за него. Заранее подготовленная комплектация — 400–600 различных

деталей — поступает на сборку. По мере выполнения отдельных сборочных операций станок перемещается от стенда к стенду. Предусмотрена удобная оснастка. Собственно процесс сборки длится 5–6 часов, но с учетом подбора комплектации работа занимает полтора-два дня. За день собирается порядка 12–15 модулей, например электромеханических прессов для контактов. Их необходимо испытать. Но днем, в рабочее время, это очень



Производственное совещание

опасно и шумно. Поэтому их запускают на ночь, утром смотрят на результаты испытаний, если надо — устраняют проблемы, проводят наладочные работы.

Крупные установки собирают так же?

Да, принцип тот же — один человек собирает и отвечает за один станок. Для каждого станка на "острове" заранее подбирается комплектация. Сюда же поступают готовые и испытанные модули, например, прессы для обжимки, которые мы видели на предыдущем участке. В неделю собирается до 40 таких крупных установок. Операции настройки отсутствуют в принципе — механическая настройка при необходимости выполняется на этапе сборки отдельных модулей. Этим занимаются сами рабочие.

После того как установка собрана, она тестируется. Это единственный случай, где тестирование выполняет не сам сборщик, а контролёр. И не потому, что мы не доверяем работнику, — просто человеку очень сложно заметить собственную ошибку при работе со столь сложной системой. Установка запускается на тестовый прогон на 12 часов. Если во время теста обнаружится неисправность, ремонт проводит тот, кто собирал станок. В качестве контролёров работают наиболее опытные специалисты — либо бывшие сборщики, либо сотрудники сервисной службы, которым надоели постоянные разъезды.

Готовая продукция поступает на склад?

Мы делаем множество станков, больших и маленьких, а площадь склада готовой продукции очень ограничена. Поэтому для компании чрезвычайно важна работа логистов, организующих отгрузки заказов. Собственно, склад у нас совмещен с таможенной зоной, прямо на предприятии. Это важно, поскольку в Швейцарии потребляется лишь 2% нашей продукции. Здесь происходит проверка комплектности заказа, упаковка, таможенное оформление и отгрузка оборудования.

Сколько времени учатся специалисты, прежде чем вы их допускаете к сборке?

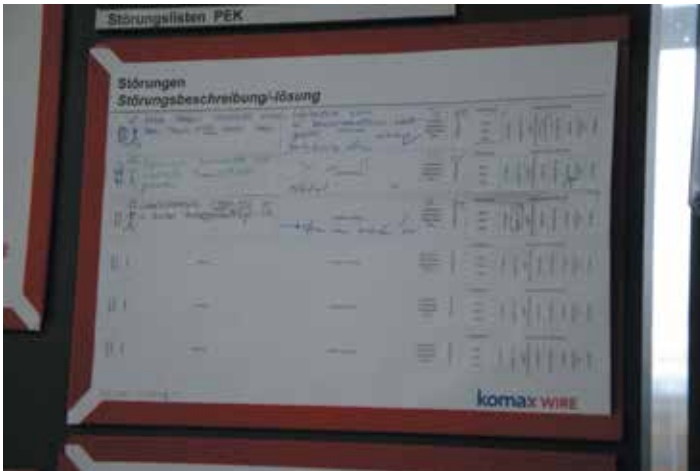
Сначала работник начинает заниматься комплектованием самого простого модуля, затем — самого простого станка. Постепенно сложность заданий растёт, и через 6–8 месяцев мы получаем квалифицированного специалиста, которого можно допускать до любых сборочных операций. На тестировании заняты опытные специалисты со стажем работы на сборке минимум 3–4 года.



Сборка крупных установок.
От станин и подготовленной комплектации — до готовых устройств



Склад готовой продукции — таможенная зона. На палетах заказы готовятся к отправке



Лист рационализаторских предложений

Даже самые ответственные операции выполняют рабочие. А чем заняты на производстве Комах инженеры?

Ничем. В Швейцарии дипломированный инженер — это очень высокое звание. Ему нечего делать на производстве. Инженеры заняты разработкой, они работают в нашем конструкторском бюро, создают новые станки, разрабатывают управляющую электронику для них, решают другие, именно инженерные задачи.

А кто руководит подразделениями?

Начальники. Но это фактически «старшие рабочие» — не инженеры. И они не только руководят, но и работают вместе со всеми. Вообще нужно сказать, что у нас на предприятии очень демократичная система управления. Все друг друга знают, все со всеми на «ты»: от директора до уборщика. И рабочие сами участвуют в управлении предприятием.

Например, каждую неделю, во вторник, все работники подразделения собираются на короткое совещание, 15 минут, и обсуждают работу за предыдущую неделю — что было хорошего, что можно улучшить.

В каждом подразделении есть специальная доска, где вывешены графики и диаграммы, отражающие эффективность нашей работы. Кроме того, там же висят специальные листы, куда любой работник может записывать свои замечания и предложения по улучшению производства. Каждую

О том, насколько важно для России оборудование обработки кабелей, в частности — продукция компании Комах, рассказывают Андрей Голубьев, генеральный директор ЗАО «Остек-ЭТК», и Роман Лыско, начальник отдела модернизации производств кабельных изделий ЗАО «Остек-ЭТК»



А. Голубьев: Сегодня в России системы мерной резки и обработки кабелей востребованы на двух основных рынках — это автопром и производство специальной техники. На российский автомобильный рынок пришли глобальные мировые

игроки, открыли в России свои предприятия. Все они оснащены современным оборудованием, их организационные и технологические процессы соответствуют мировым стандартам. Также достаточно активны и российские компании, в том числе и структуры, входящие во Всероссийское общество слепых.

Второй рынок — спецтехника. Сюда относится и продукция военного назначения, и гражданская продукция, к которой применяют повышенные требования

по качеству и надежности. Проблема в том, что при производстве спецтехники пользуются очень старой конструкторско-технологической документацией (КТД), где прописано древнее оборудование, устаревшие технологические подходы, алгоритмы работы. Доходит до смешного — сегодня порой продолжают использовать КТД, датированные 60-ми годами прошлого столетия. При этом все, от инженеров-технологов до руководителей предприятий, понимают, что такой подход устарел и необходима как технологическая модернизация производств, так и модернизация в сознании людей. Их нужно приучать к другому подходу, к повышению эффективности. Все понимают, что так должно быть. Но не знают, как реализовать.

Сложно изменить КТД, но еще сложнее внедрить новое оборудование, поскольку все к нему относится с опаской. Опасаются, поскольку никто с ним не работал. И не понимают, какие достоинства оно сулит. Поэтому сегодня одна из актуальных задач — не просто модернизация производства, но и обучение людей, чтобы они осознавали возможности, которое предоставляет новое оборудование.

Например, год назад мы защитили ОКР по внедрению



А здесь решают самые важные производственные вопросы

неделю начальник отдела обязан обработать эти предложения. И если какое-то из них сулит реальное улучшение, сделавший предложение работник получает премию — небольшую, но престижную. Более того, среди всех, кто внёс принятые предложения, проводится лотерея — можно выиграть хорошее путешествие для всей семьи.

Кроме того, на каждом этаже предприятия оборудованы кафетерии, зоны отдыха. Предусмотрены и специальные зоны отдыха во дворе, с барбекю, с запасом дров, сосисок, пива и всего необходимого. Здесь сотрудники иногда собираются после рабочего дня, жарят сосиски, пьют пиво и вино и решают много важных вопросов.

современных технологий жгутовой сборки. Так вот, по расчётам, себестоимость одного жгута может быть снижена до 30% и более только исключением невозвратных отходов. На этом предприятии, как и на многих других, провода монтируются "по месту". Для этого всегда нужно брать провод с запасом, отрезая затем лишние куски. Запас достигает 30%. Современные технологии обеспечивают экономию материалов на 30–50% — огромные показатели. Кроме того, вместо 100 человек, занятых сборкой жгутов, после внедрения новых технологий будет достаточно 20 человек. Это экономия на зарплате, на производственных площадях и т.п.



Р.Лыско: Если говорить об автоматизации процессов на жгутовом производстве, то далеко не все измеряется сугубо экономическими параметрами, такими как снижение трудоемкости и невозвратных отходов. Сегодня степень миниатю-

ризации затронула все области производства радиоэлектронного оборудования, включая кабели и провода. И зачастую жгуты уже невозможно обрабатывать



Центры разработки находятся здесь же?

Да, на верхних этажах. Здесь расположены конструкторское бюро, отдел разработки электроники, другие инженерные службы. Есть свой участок ремонта и тестирования электронных модулей. Если модули выходят из строя, нам важно понимать, что случилось.

Первый этаж занимают отделы продаж и маркетинга, сервиса, здесь проводится обучение специалистов — своих и заказчиков. У нас есть специальный отдел подготовки молодых специалистов, он работает и со студентами колледжей. Здесь же расположена служба

вручную — либо нужны монтажники высочайшей квалификации, а где их взять? И как оценить их труд? А уровень современных требований к оборудованию и кабельным сборкам таков, что в ряде случаев ручной труд в принципе неприменим.

Не менее важный аспект — человеческий фактор. Как оценить стоимость ошибки монтажа в задачах, связанных с ответственным применением? По мнению ряда экспертов, очень много аварийных отказов, в том числе весьма ответственных изделий, связано именно с ошибками в кабельных сборках. И сколь бы совершенными не были методы тестирования, не всякую ошибку можно обнаружить. Поэтому очень сложно подсчитать экономический эффект, руководствуясь только стандартными параметрами, такими как снижение трудоемкости или энергозатрат.

Сегодня внедрение современных технологий обработки кабеля, например, продукции компании Комах как мирового лидера в данной области, — не просто вопрос экономии, но и абсолютная, безальтернативная необходимость. Ручной труд и устаревшие методы сборки — это уже не просто неэффективно, это неприемлемо.



Обучение молодых сотрудников



В учебном центре

технических консультаций — наши высококвалифицированные специалисты по телефону могут помочь решить проблему с оборудованием.

В основном сотрудники работают по два человека в стандартных офисах площадью 25 м². Бизнес развивается, и нам уже тесно в здании — ведь всего на предприятии в Дайриконе работают 320 человек. Поэтому мы построили второй комплекс в 7 км поблизости.

Швейцария — не самая дешевая страна Европы. Однако Комах — один из лидеров в своей области. Как удается обеспечить конкурентную цену на продукцию?

Самое главное — это высокоэффективное, оптимизированное производство. А основа эффективности — это гибкость. Причем важны и гибкость производства, и гибкость персонала. Люди получают зарплату за реальное рабочее время. Если много работы, коллектив работает. Если работы мало, все сидят дома. Так мы сокращаем издержки. Но поскольку все — акционеры, то заинтересованы в прибыли, никто не жалуется.

Конечно, важен и тот факт, что Комах — крупный производитель, и компоненты нам поставляют с большой скидкой. Кроме того, основной наш конкурент — это немецко-швейцарская компания. Мы работаем в равных условиях, поэтому конкурировать проще. Но это уже вторичные факторы.

Почему вы не размещаете производство в Китае?

Мы пробовали — не получилось. У нас ведь и сейчас есть сборочное производство в Шанхае, работающее на китайский рынок. Мы пытались запустить в Китае производство маленьких станков. Но там рабочие не мо-

гут гарантировать постоянное качество. У нас здесь ведь нет системы тотальных проверок — рабочие сами себя контролируют. А там после каждой операции нужно ставить контролёра. В конце концов мы поняли, что самая низкая себестоимость достигается, только если все производить в Швейцарии.

Итак, визит завершен. Что удивило — это рабочие. Люди заняты делом, которое им нравится. Видно, что они довольны и компетентны. Согласитесь, сочетание редкое, особенно если речь идет о рабочих. Не менее удивительно — непосредственно на производстве не задействованы инженеры. Это, конечно, правильно, так и должно быть — но часто ли в России станки с ЧПУ доверяют людям без высшего образования? У нас скорее ситуация обратная — на многих производствах вообще только инженеры и трудятся.

Казалось бы, секрет Комах прост — доверяй рабочим и поставщикам, заинтересуй в стабильном результате всех, от директора до уборщика, построй правильную систему внутренней и внешней логистики — и получится высокоэффективное производство. Вопрос только, можно ли подобную схему реализовать, скажем, в России? Чтобы не нужно было закрывать чайные комнаты на ключ, контролировать походы в курилки, чтобы система менеджмента качества не требовала контролёров? Чтобы основополагающим принципом организации производства было доверие — к сотрудникам, к начальникам, к поставщикам?

Практика показывает, что можно. Элементы — только элементы — подобного подхода мы встречали на тех, увы, немногочисленных российских предприятиях, в основном — частных, которые производят реальную, конкурентоспособную продукцию. Но, к сожалению, мало, очень мало у нас таких предприятий. 



Видеть сегодня будущее производства невозможно, но систему управления его процессами — необходимо

СМАРТ — инновационный комплекс управления производством. Он создан на базе одного из крупнейших продуктов iTAC.MES.Suite, имеющего несколько сотен установок по всему миру. СМАРТ снижает расходы, повышает эффективность, оптимизирует процессы.

- Прослеживаемость в реальном времени
- Продвинутое планирование и логистика
- Анализ и управление качеством
- Интеграция с ERP и «облачное» использование
- Отчетность в соответствии со стандартами вашего предприятия



будущее
создается

www.ostec-soft.ru
ЗАО «Остек-СМТ»
(495) 788 44 44
info@ostec-smt.ru
www.ostec-group.ru



Технологические решения для производства радиоэлектронной аппаратуры

ОПТИМИЗАЦИЯ

Цифровая система управления приборным производством. Автоматизация планирования

Текст: **Станислав Гафт**
Олег Смагин

”

Одной из особенностей радиоэлектронного производства с точки зрения организации бизнеса является высокая стоимость компонентов (как правило, около 70%) в структуре себестоимости выпускаемой продукции. Поэтому радиоэлектронное производство — это скрытая перепродажа компонентов. Именно поэтому вопросам планирования производства и организации закупок компонентов, комплектующих и материалов нужно уделять особое внимание.

«ВЕСНОЙ ПЫШНО ЦВЕТУТ ВИШНИ, А ИВЫ ПОКРЫВАЮТСЯ ЯРКОЙ ЗЕЛЕНЬЮ. ВЕСНА ПРОХОДИТ, А С НЕЙ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ СПОР МЕЖДУ ДВУМЯ ДЕРЕВЬЯМИ. ЗАТЕМ НАСТУПАЕТ ЛЕТО. ОСЕНЬЮ ЛИСТЬЯ КЛЕНА КРАСНЕЮТ, СЛОВНО ОТ СТЫДА ЗА ТО, ЧТО СКОРО ОПАДУТ. ОНИ ШЕЛЕСТЯТ ПОД ОСЕННИМ ДОЖДЕМ, И К ЗИМЕ ИХ НЕ ОСТАЕТСЯ НИ ОДНОГО. И ТОГДА ПРОЯВЛЯЕТ СЕБЯ ВЕЧНЫЙ И НЕИЗМЕННЫЙ ЦВЕТ СОСНЫ. ТО ЖЕ ПРОИСХОДИТ И СРЕДИ ЛЮДЕЙ»

СИНГЭН ТАКЭДА

Возможно ли эффективное производство без эффективного управления? Представим картину производства: серьезный объем инвестиций, завод, построенный практически с нуля, просторные цеха заполнены передовым оборудованием. Высочайший уровень автоматизации производства. Все технологические процессы отлажены. Квалификация исполняющего персонала не вызывает ни малейших сомнений, а производственная дисциплина на высоте. Кажется, что такому предприятию обеспечены успех и завоевание рынка. Ничего подобного! Без четко очерченных целей и планов по их достижению производство парализовано. Каждому уровню управления соответствует своя задача **рис 1**.

Технология разработки плана производства является традиционной и может быть представлена следующей последовательностью действий. Сначала коммерческий директор представляет прогнозный план продаж на будущий год, из которого вырисовывается график поступления финансовых средств от клиентов. Если представленный прогноз поступления денег соответствует представлениям генерального директора, он, как правило, задаёт следующий вопрос: «Какие ресурсы нужны для реализации данного плана?». С учетом профессионального опыта коммерческого директора, выражающегося, как правило, в корректном подборе коэффициента «Проси больше, всё равно срежут», хорошем сочетании наглости, учёта настроения руководителя в данный момент времени и реальными потребностями,



вопрос с ресурсами для обеспечения продаж решается достаточно быстро. Любой руководитель понимает, что он является заложником правил бизнеса: если не давать требуемые ресурсы, то это весомый повод для срыва плана поступления денег. Поэтому директор, как правило, слабо сопротивлявшись, соглашается. Следующий на очереди — начальник производства. С ним разговор простой и конкретный: «Что тебе нужно для того, чтобы обеспечить план продаж?». Начальник производства, кроме оборотных средств на закупку компонентов, комплектующих и материалов, также попросит ресурсы на модернизацию оборудования, ремонт помещения, расширение штатов. Приведенное описание, возможно, несколько грубовато, но справедливо для большинства производственных предприятий.

С учетом профессионального опыта коммерческого директора, выражающегося, как правило, в корректном подборе коэффициента «Проси больше, всё равно срежут», хорошем сочетании наглости, учёта настроения руководителя в данный момент времени и реальными потребностями, вопрос с ресурсами для обеспечения продаж решается достаточно быстро

Дирекция	ЦЕЛЬ
Заводоуправление	МАРШРУТ
Цеховой уровень	СРЕДСТВА

Реализация задачи перспективного планирования

Давайте ещё раз сформулируем цели и задачи.

- Цель: разработать перспективный план производства на год.
- Разработанный план будет служить основой для разработки и первоочередного исполнения плана закупок компонентов, комплектующих и материалов. На план-графике производства показана очередь наряд-заказов с указанием наименования изделия, планируемой даты и времени начала и окончания их обработки.
- В соответствии с изменениями текущей ситуации в целом, на рынке или с конкретным заказчиком план производства может и должен модифицироваться. Процесс модификации плана производства в соответствии с динамикой реальной ситуации называется оперативным планированием. Пример: заказчик прислал письмо с изменением объёма заказа и/или даты его отгрузки, в связи с чем необходимо пересмотреть планы по срокам, объемам и очередности запуска партий.
- В соответствии с модификацией планов производства будет изменяться и план закупок.
- При оперативном управлении производством очередь наряд-заказов постоянно отслеживается по критерию возможности начала обработки следующего наряд-заказа (наличие компонентов, комплектующих и материалов на складе, готовность производства — окончание технологической подготовки; готовность конструкторской документации — окончание проведения всех изменений в соответствии с последними извещениями). При этом любая из указанных выше причин должна отложить запуск наряд-заказа и осуществить перестановку его в очереди.

Ничего принципиально нового: знакомая большинству руководителей нервная, кропотливая и объемная работа. Традиционно результатом этого труда были десятки квадратных метров таблиц и графиков формата А1-А0, которыми завешивались стены рабочих кабинетов. Зачастую целые отделы занимались их регулярной переделкой, следя за изменением ситуации. При этом удобство пользования подобным планом весьма ограничено, информативность невелика, а возможности поиска информации, оперативного обновления и временного масштабирования, без которых управление современным радиоэлектронным производством представляется практически невозможным, отсутствуют по определению!

Стояла задача создать универсальную программу автоматизированного сбора, анализа и вывода информации, позволяющую производить перспективное планирование производства с учетом закладываемых параметров и выводить результат в числовом и графическом вариантах. А также снабдить данную программу



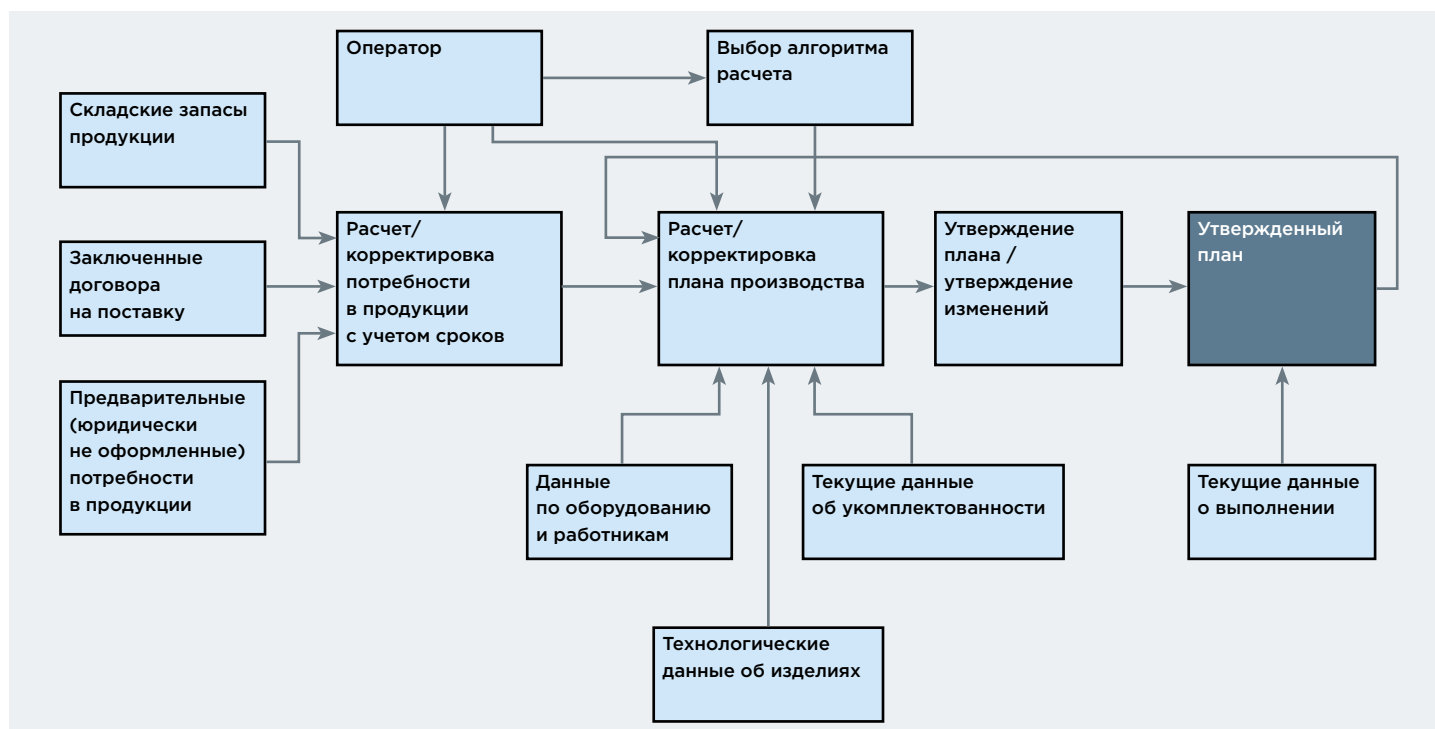
удобным, привычным и хорошо читаемым интерфейсом. Приложение получило рабочее название «Автопланировщик». Универсальность приложения выражается в возможности работы с различными программными продуктами, встречающимися на производствах — 1С, Excel и другие.

Планирование производства

Последовательность действий **рис 2** при разработке план-графика производства в процессе перспективного планирования следующий:

- *Сбор данных о планируемых заказах.* На этом этапе собирается вся информация о планируемых заказах с достоверностью, по крайней мере, на уровне прогнозов. Например, потребность на определённый период (обычно это следующий год) от заказчиков.
- *Обработка данных.* На этом этапе данные ранжируются по важности и/или срочности изготовления. Например, чаще всего нельзя ни при каких обстоятельствах перенести сроки изготовления приборов по ГОЗ, соответственно, наряд-заказам на изготовление этих приборов присваивается наивысший приоритет.
- *Определение срока готовности заказов.* Срок готовности — «окончания обработки» по этапам техпроцесса — наряд-заказов определяется как дата отгрузки со склада готовой продукции. При этом необходимо учесть некоторый временной запас, определяемый обычно как «время пролёживания готовой продукции» на складе. Этот период должен учитывать объективное время:
 - на оформление документов при передаче готовой продукции на склад из цеха;
 - выдачу её со склада готовой продукции заказчику.

Кроме того, опытный плановик включит допол-



2

Структурная схема работы приложения автоматического планирования

нительное время на компенсацию «непредвиденных» задержек. Нужно отметить, что при перспективном планировании наряд-заказы с наивысшим приоритетом планируются ретроспективно — «с конца» именно для обеспечения их готовности в установленный срок.

- **Разбиение на наряд-заказы.** Как правило, в договорах на поставку фигурирует объём поставки и дата отгрузки. Этих данных достаточно, чтобы сформировать наряд-заказ:

- наименование изделия и его десятичный номер;
- количество изделий;
- дата отгрузки (со склада готовой продукции).

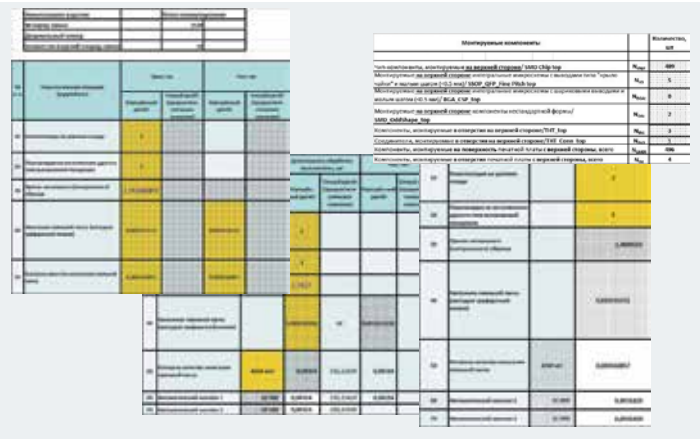
По этим данным можно рассчитать время, необходимое на обработку наряд-заказа **рис 3**. Для этого запускается специальная программа математического моделирования, использующая среднестатистические данные для серийной продукции (т.н. методика точного расчёта) или вычисляемые значения для новых изделий. Программа, расчетная математическая модель, настраивается:

- на конкретное производство, раздел «Конфигурация оборудования»;
- на конкретное изделие, раздел «Характеристики изделия»;
- на технологию изготовления данного изделия, раздел «Технологический процесс»;
- на наряд-заказ, раздел «Наряд-заказ».

Система также позволяет:

- разбивать партию на отдельные наряд-заказы. Используется для больших партий изделий;
- «склеивать» два наряд-заказа. Данный прием используется в процессе оптимизации, чтобы уменьшить суммарное для двух наряд-заказов подготовительно-заключительное время;
- вести «регулярный заказ». Например, ежемесячно в течение года (до 30 числа) со склада готовой продукции обеспечивать отгрузку 200 единиц продукции;
- поддерживать неснижаемый остаток на складе готовой продукции. То же самое, что и «регулярный заказ», но не по одному, а по номенклатуре (группе) изделий.

- **Разработка технологии.** При подготовке технологии с помощью программы моделирования можно использовать как уже существующие, предварительно разработанные типовые технологические процессы, так и разработки новых. Также может применяться методика использования существующего типового технологического процесса в качестве шаблона с последующей его модификацией.
- **Расчёт времени обработки заказа.** Расчёт времени обработки заказа выполняется программой математического моделирования при условии корректного ввода исходных данных. Результатом работы являются данные для размещения наряд-заказа во временном поле план-графика производства **рис 4**.



3 Ввод параметров изделий и техпроцесса

Отметим, что предлагаемый программный продукт выдает не просто усредненные данные для ориентировочного вычисления загрузки оборудования и персонала, а «осмысленные» цифры, учитывающие такие параметры, как:

- время заполнения магазина;
- время межоперационного пролёживания;
- время ожидания и т.д.

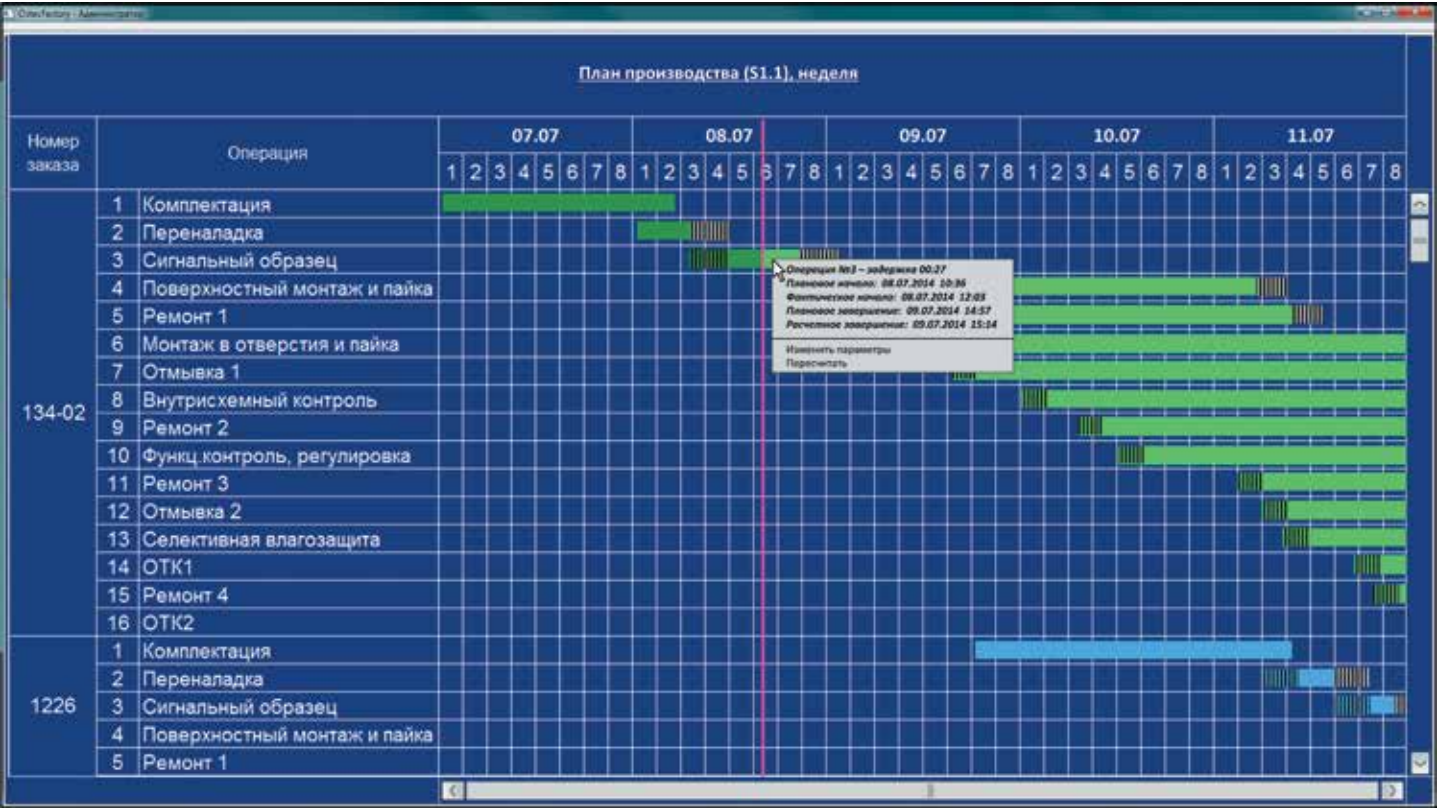
Предлагаемая технология максимально учитывает обоснованные расчётами (а для серийных изделий и подтверждённые практикой) временные интервалы и нормативы, необходимые для проведения основных

технологических и подготовительно-заключительных операций. А также позволяет провести оптимизацию процесса по критериям:

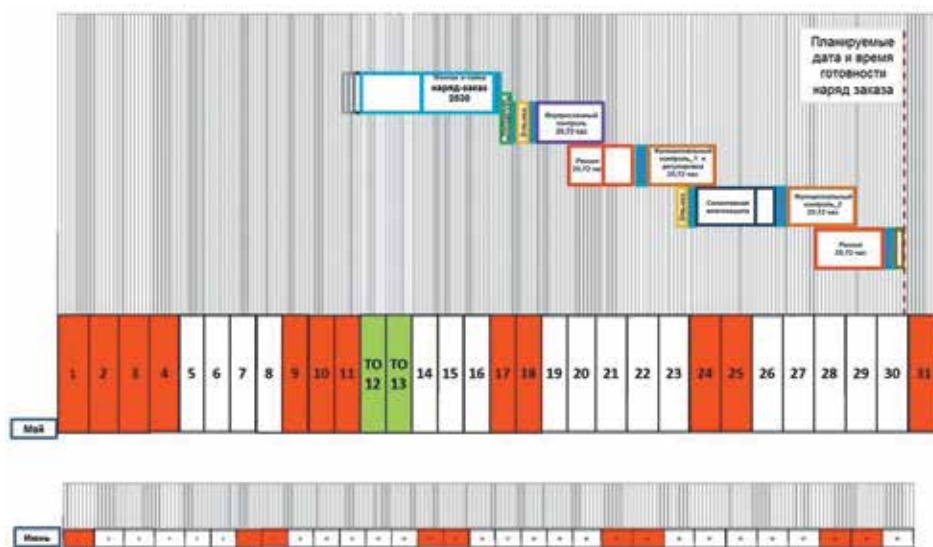
- загрузка оборудования;
- загрузка персонала;
- снижение непроизводительных простоев;
- оптимизация рабочего времени и т.д.

Система учитывает, что одновременно в цеху идёт обработка нескольких наряд-заказов. Что, с одной стороны, делает невозможным одновременное использование одного и того же основного технологического оборудования, определённого в разделе «Конфигурация оборудования», для обработки различных наряд-заказов. С другой стороны, учитывает возможность передачи на следующую технологическую операцию части наряд-заказа с точностью до заполненного магазина, не дожидаясь окончания обработки всей партии.

- *Размещение заказа во временном поле.* После окончания работы программы математического моделирования процесса обработки наряд-заказа, можно отобразить её на плане-графике **рис 5**.
- *Оптимизация размещения заказа во временном поле.* Отражённый на плане-графике процесс обработки наряд-заказа размещается при первом проходе (на первом этапе) во временном поле с минимальными ограничениями:
 - при непрерывном цикле работы (7 дней в неделю 24 часа в сутки);

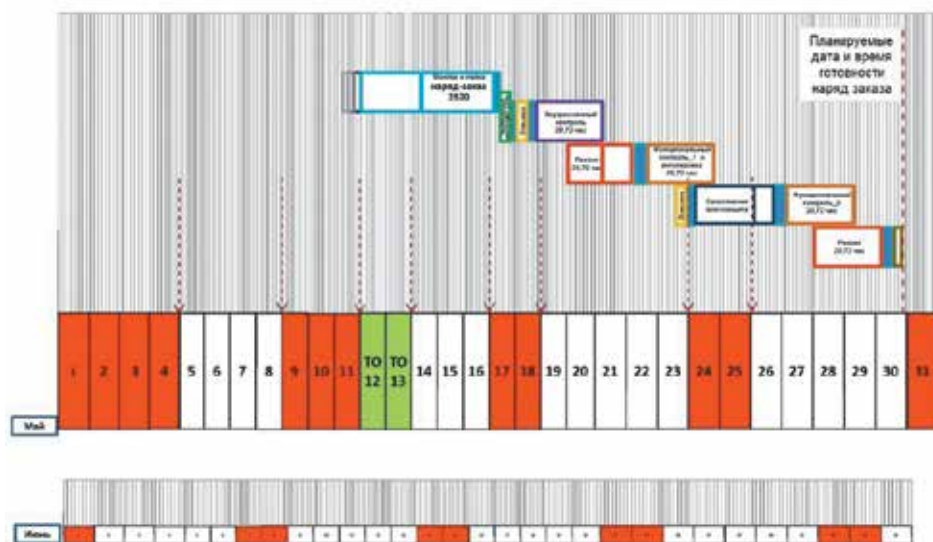


4 Мониторинг выполнения наряд заказов по операциям



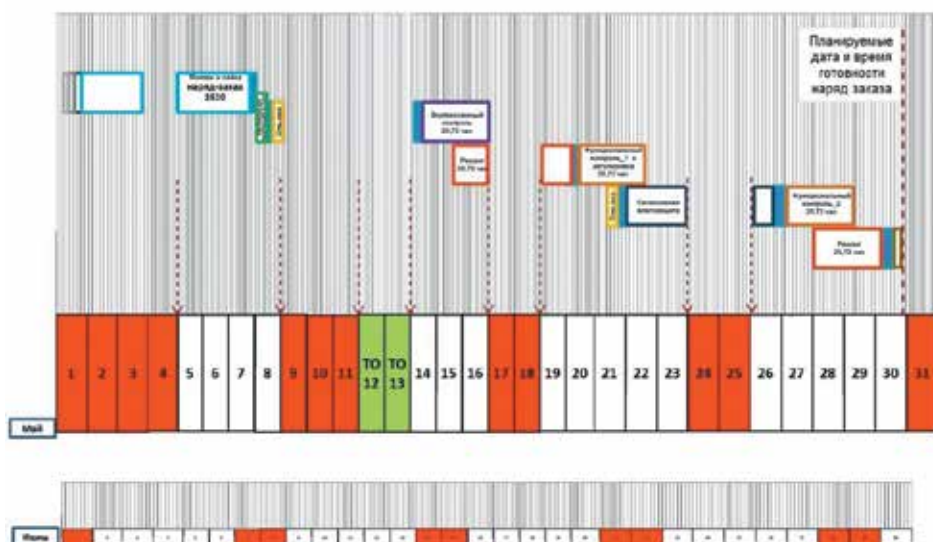
5

План-график расчета времени выполнения заказа. 1 этап



6

План-график расчета времени выполнения заказа. 2 этап



7

План-график расчета времени выполнения заказа. 3-й этап

- без учёта выходных и праздничных дней;
- без учёта времени (в том числе и запланированного на проведение планового технического обслуживания).

Перед вторым проходом (в процессе оптимизации размещения наряд-заказа во временном поле) программа попросит подтверждения пользователя по следующим вопросам:

- сменность работы;
- продолжительность смены;
- возможность переноса сроков окончания обработки наряд-заказа.

Результат работы программы оптимизации размещения наряд-заказа во временном поле отражает ситуацию для односменной работы, 8-часового рабочего дня, 5-дневной рабочей недели и проведения планового технического обслуживания **рис 6**.

- *Групповая оптимизация размещения наряд-заказов во временном поле.* В процессе перспективного планирования, как правило, трудно добиться загрузки производства на оптимальную (70%) величину. Это связано с большой неопределённостью объёмов производства и сроков их исполнения. Но, не имея такого, казалось бы, весьма далёкого от реальности плана производства, работать ещё сложнее:

- невозможно планировать закупки комплектующих, компонентов и материалов;
- можно планировать только небольшое количество подтверждённых заказов, но их объём, как правило, не превышает 20...30% и предназначен, в основном, для обеспечения зарплатой рабочих и оплаты коммунальных платежей;
- невозможно планировать развитие производства:
 - непонятны «узкие места» в технологической цепочке;
 - непонятны количество и квалификация персонала, необходимого для обеспечения технологического процесса;
 - непонятно обеспечение требований к технологическим помещениям (поддержание необходимого технологическим процессом класса чистоты зависит, как известно, от количества и мощности основного технологического оборудования и количества персонала);
 - непонятно количество вспомогательных помещений (раздевалок, душевых, туалетов).

После окончания разработки перспективный план согласовывается всеми заинтересованными сторонами и утверждается генеральным директором. В дальнейшем он становится основой для разработки плана закупок компонентов, комплектующих и материалов и оперативного планирования **рис 7**.

Оперативное планирование

Перспективный план производства подвергается модификации, как правило, в следующих случаях:

- заказчик прислал договор (заказ в рамках договора) с изменениями (по отношению к прогнозам/потребностям, по которым рассчитывался перспективный план);
- заказчик прислал новый договор на новую (серийную) продукцию;
- заказчик предложил к рассмотрению и постановке на производство новую (серийную) продукцию;
- коммерческий отдел предприятия нашёл нового заказчика с новой перспективной непрофильной продукцией. Необходимо проведение технологической подготовки производства и включение нового изделия в план;
- коммерческий отдел нашёл нового заказчика на контрактную сборку (дополнительная загрузка производства для отдельных цехов/участков).

Любой из указанных случаев может являться причиной для изменения перспективного плана. Для принятия решения об изменении плана производства генеральный директор должен получить обоснованные предложения по его модификации. Этот процесс (модификации перспективного плана производства в соответствии с изменяющимися реальными условиями) обеспечивает программа оперативного планирования. При этом каждый раз план может быть пересчитан, в том числе и с заданием локальных и/или глобальных критериев оптимизации:

- Сменность работы по всему предприятию в целом или по отдельному производственному участку. Чаще всего это необходимо при обнаружении системой «узкого места» или «бутылочного горла» в технологической цепочке.
- Возможность работы в выходные дни. Для всего предприятия в целом это редко бывает эффективно, но для отдельных технологических операций, например, селективной пайки и/или электротермостратирования, может оказаться весьма полезным.
- Перенос сроков проведения планового технического обслуживания (в том числе, с организацией работы во внеурочное время и/или выходные дни). Указанные мероприятия помогают повысить эффективность работы предприятия по таким критериям, как:
 - объём производства;
 - объём выработки;
 - коэффициент загрузки оборудования;
 - коэффициент загрузки персонала.

Стоит отметить важный момент: чем эффективнее работает процесс оперативного планирования, тем меньше изменений нужно будет вносить в оперативное управление

№ п. п.	№ наряд-заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов									
				Начало				Окончание				Выполнение	
				план		факт		план		факт			
				дата	время	дата	время	дата	время	дата	время		%
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013									
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013									
3	2521	Базовая станция	20										
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013									
5	2523	Датчик движения	50										

№ п. п.	№ наряд-заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов									
				Начало				Окончание				Выполнение	
				план		факт		план		факт			
				дата	время	дата	время	дата	время	дата	время		%
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013									
3	2521	Базовая станция	20										
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013									
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013									
5	2523	Датчик движения	50										

№ п. п.	№ наряд-заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов									
				Начало				Окончание				Выполнение	
				план		факт		план		факт			
				дата	время	дата	время	дата	время	дата	время		%
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013	08:00	02.02.2013	08:20	04.02.2013	12:00	04.02.2013	11:50	100	выполнен
3	2521	Базовая станция	20			04.02.2013	12:00	06.02.2013	16:00	06.02.2013	15:30	100	выполнен
5	2523	Датчик движения	50			08.02.2013	09:00	13.02.2013	17:00			35	
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013	12:00			06.02.2013	17:00				Отложен
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013	09:00								Отложен

8

Этапы формирования очереди наряд-заказов

8

Этапы формирования очереди наряд-заказов

очередью наряд-заказов. А, как известно, любые срочные изменения в плане производства:

- нарушают ритмичность работы предприятия;
- увеличивают непроизводительные простои;
- снижают качество и надёжность выпускаемой продукции;
- увеличивают дополнительные затраты.

Оперативное управление очередью заказов

Решение о запуске очередного наряд-заказа можно доверить системе управления, точнее, задаче оперативного управления очередью заказов. Перед запуском необходимо проверить готовность производства, включая:

- конструкторскую документацию с учётом изменений, проведенных в соответствии с последними извещениями;
- комплектное завершение технологической подготовки производства, включая готовность:
 - технологической оснастки;
 - управляющих программ для всего участвующего в процессе обработки наряд-заказа автоматического технологического, контрольного, инспекционного и испытательного оборудования;
 - технологической документации.
- наличие на центральном заводском складе всех компонентов, комплектующих и материалов для исполнения наряд-заказа.

Система заблокирует запуск очередного наряд-заказа, например, за сутки (период предварительной готовности настраивается в разделе «Конфигурация оборудования»), если нет готовности хотя бы по одной из указанных позиций. При этом будет автоматически откорректирована очередь наряд-заказов **рис 8**.

Заключение

Одним из главных преимуществ данных приложений является высокий уровень адаптивности и совместимости с большинством существующих систем учета. Даже если на вашем предприятии нет полной системы цифрового управления, разработанной Группой компаний Остек, данное приложение может быть установлено на персональный компьютер директора или начальника ПЭО и работать, опираясь на данные существующего учета.

Использование программного обеспечения автоматического планирования позволит:

- наладить ритмичную работу предприятия;
- обеспечить запланированный уровень качества и надёжности выпускаемой продукции;
- сократить непроизводственные издержки;
- снизить себестоимости выпускаемой продукции;
- увеличить прибыль.

Программа не является панацеей, она не может и не призвана исключить человека из процесса управления производством. Как появление удобных устройств и программ спутниковой навигации не уничтожило институт штурманов, так и «Автопланировщик» не заменит работу отдела планирования. Это инструмент, позволяющий сделать планирование более быстрым, точным, качественным, в большем объеме и с меньшими затратами. Поэтому иллюстрацией к заключению статьи прекрасно подойдет фраза Адриано Челентано из к/ф «Укрощение строптивого»:

- Нет, мне нужна другая машина.
- Какая же?

- Электронный калькулятор. Он будет работать за троих бухгалтеров и в три раза быстрее. 

Современные технологии хранения:

от микрокомпонентов
до листового проката



Текст: **Андрей Мазалов**

”

Восприятие складского хозяйства как второстепенного, затратного и не требующего особого внимания приводит к серьезным последствиям — нарушениям сроков поставок и изготовления, срывам контрактов и штрафным санкциям, потерянной репутации и нервам. На логистику и склады начинают обращать внимание только тогда, когда затраты на доставку, хранение и обработку товарных потоков превышают 50% стоимости продукции, и возникают риски серьезных финансовых потерь. Давайте разберемся в ситуации и попробуем ее изменить. Прежде чем обсуждать технологические решения, начнем с вечных вопросов: Кто виноват и что делать? В чем основные причины сложившейся ситуации?

1
Общий вид системы хранения
Stortec systems



Планирование: сколько вешать в граммах?

Серьезное отставание в экономике, переход взаимоотношений с плановых на рыночные приводят к невозможности точного прогнозирования объемов «производство/продажа» и, как следствие, к отсутствию информации о материальных остатках и необходимых для их хранения площадях. Нет понимания, сколько изделий нужно произвести, с какой скоростью должен работать склад, чтобы своевременно и в полном объеме обеспечить производство.

Вывод только один: считать и еще раз считать, прогнозировать и рассчитывать. Без понимания того, сколько необходимо произвести и за какой период, моделирование по логистике и складскому хозяйству невозможны или напоминают гадание, а не экономически обоснованные расчеты. Пусть не всегда прогнозы точны, бывают ошибки в расчетах, но обязательно должны быть данные, позволяющие принимать объективные решения.

Финансы: дорого или дешево?

Составили прогноз и предварительный расчет, и сразу возникает вопрос финансирования: сколько это стоит, какое оборудование выбрать, какое решение лучше, каковы сроки окупаемости, затраты на покупку и эксплуатацию, себестоимость комплектования? На практике, если предложить заказчику несколько вариантов, он выбирает менее затратное решение, забывая обо всем остальном. Сразу вспоминаются слова профессора Александра Максимовского: «Склад — это не здание, а станок по переработке товарных потоков». Пора начинать воспринимать склад как такой же полноценный участок производства, как механообработка, гальваника и прочие, обеспечивающие необходимый объем производства. Нужен эффективный станок — изучите методологию его работы (в случае со складом: изучите, как будут двигаться товарные потоки), рассчитайте его производительность и сразу вопрос экономики станет понятен и прозрачен, и предложение «купить сейчас за недорого» отпадет само собой.

Технологии: а как это будет работать?

Производственное отставание российских предприятий в области складской логистики как технологии, если не назвать критическим, то можно отметить десятки лет в минус по сравнению с международным опытом. Причина проста — экономика. Стоимость рабочей силы за рубежом и, следовательно, производственных издержек, а также требования, предъявляемые к квалификации специалистов, существенно выше, чем в России. Руководители отечественных предприятий, осуществляя модернизацию, планируют производство по современным технологиям и увиденному за рубежом передовому опыту (все восхищаются японским «Kanban», забывая «Систему непрерывного оперативно-производственного планирования»), планируя на 5-10 лет вперед и не учитывая текущие российские реалии и существенное отставание сопутствующих отраслей. На отдельно по-



2
Соты ячеек системы хранения Stortec systems

строенном предприятии все современно и образцово, а как у остальных: поставщиков, партнеров, заказчиков?

Поэтому возникают две типичные ситуации, которые можно наблюдать на любом участке производства: сейчас купим все «самое-самое», а кто и как будет работать, сколько времени потребует обучение\внедрение, решим потом; или берем «старый склад» со всеми его плюсами\минусами и размещаем на больших площадях по принципу «работает же». И первое, и второе решение ошибочное, ведь остановить прогресс невозможно. И то, что было эффективно десятки лет назад, сейчас морально устарело, компаниям необходимо делать ставку на инновации, знания и интеллект, рассчитывать необходимые ресурсы.

Нужно детально прорабатывать предлагаемые решения, создавать поэтапную программу реализации, иметь поставщика с «положительным портфелем» внедрений на отечественных предприятиях. Поставка адаптированных комплексных «решений под ключ» — еще один вариант выхода из сложной ситуации. В применении к складу это может быть адаптированная автоматизированная система управления — WMS решение — на базе российского программного обеспечения (наиболее распространены решения на базе 1С) и полный спектр складского оборудования: от пластиковых контейнеров и стеллажных конструкций до полностью автоматизированных накопительных систем, взаимодействующих и управляемых программно-аппаратным комплексом.

Обозначив три основные проблемы склада — Планирование, Финансы и Технологии, рассмотрим современные решения, предлагаемые для хранения и комплектации. Найти универсального поставщика, предлагающего технологии «на высшем уровне», невозможно; в каждой нише найдется наиболее удачное или более изящное технологическое решение, поставляемое «другой компанией». Все рассматриваемое оборудование будет работать по принципу «товар к человеку / goods to men» и обеспечивать максимальную эргономичность предлагаемых решений.

От микроэлемента до винтика: технологии мелкоштучного хранения

Может ли один оператор подобрать 1000 элементов размером от 1,5 до 10 сантиметров меньше чем за час, обеспечив их сохранность и оперативный учет и не совершив при этом ошибок? Может и больше, например, швейцарская система «сейфового типа» Storetec Systems обеспечивает до 1500 подборов рис 1. Компоненты для подбора размещаются в ячейках барабана как пчелиные соты, количество и размеры ячеек подбираются под размеры хранимого товара или контейнеров для хранения рис 2. Доступ к ячейкам осуществляется с помощью персонального идентификатора, что обеспечивает дополнительную безопасность и контроль работы оператора. Учет материальных ценностей ведется с помощью программного обеспечения (далее ПО), позволяющего интегрировать его с системами управления предприятия (ERP систем). Идентификация изделий производится

3 Система ACS 2000 внешний вид





4
Лотки со штрихкодом

путем штрихкодирования и привязки изделия к ячейке при укладке и заборе. Габариты системы ограничены несколькими типами размеров и не превышают в высоту двух метров, т.к. необходим ручной доступ к ячейкам. Система является полуавтоматической — сейфовые дверки открываются компьютерной программой, а забор и идентификацию товара осуществляет человек. Система поставляется в виде готового решения, не требующего дополнительных монтажных и подготовительных работ. Преимущества системы в высокой производительности, возможности интеграция с ERP системами предприятия и простоте эксплуатации персоналом склада. Минусом системы можно назвать ее строго заданные габариты и невозможность максимально использовать свободную высоту помещений.

Наиболее интересное и передовое решение по идентификации и подбору микроэлементов, катушек с компонентами и мелкогабаритных изделий представляет итальянская фирма Storagesolutions. В ее автоматизированных шкафах ACS серии 1100 и 2000 рис 3 ТМЦ размещаются в специализированных лотках поштучно или в упаковке с нанесенным идентификатором — штрихкодом рис 4. Затем лотки помещают в окно «загрузки/выдачи», и система самостоятельно распределяет их в зонах хранения рис 5, производя автоматическое считывание штрихкодов с упаковки или лотка, идентифицируя и присваивая ячейку для хранения рис 6. Система является полностью автоматизированной: сама находит и идентифицирует лотки в шкафу и выдает их в виде «сложенной стопки», облегчая и ускоряя процесс комплектации

Для хранения мелкогабаритных одностипных элементов в большом количестве (например, элементов крепежа) используется технология контейнерного хранения.



5
Система ACS 2000: внутри, расположение лотков



6
Загрузка компонентов в систему ACS 2000

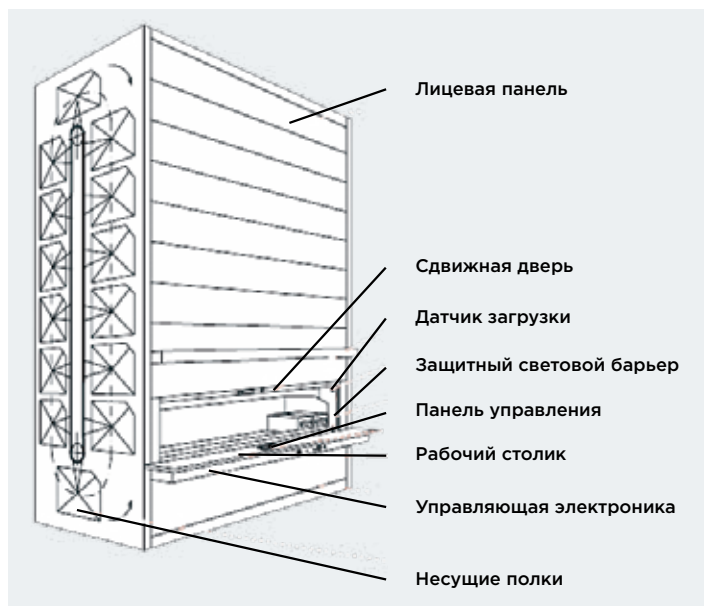


7

Система ICAM: Multiplo для работы с пластиковым контейнером

В качестве единицы хранения для одного вида продукции применяются пластиковые контейнеры разного размера, размещаемые в автоматизированных системах рис 7. Исходя из нужной скорости подбора, используются несколько типов систем:

карусельные — контейнеры крутятся в системе по замкнутому вертикальному или горизонтальному кругу или карусели рис 8;



8

Структура систем карусельного типа

лифтовые — контейнеры перемещаются между ячейками хранения вертикально и горизонтально при помощи лифта рис 9;

конвейерные — перемещение контейнеров между местами хранения происходит при помощи конвейерной ленты.

В качестве идентификатора во всех перечисленных системах выступает контейнер с нанесенным на него штрихкодом и пояснительными надписями. Подбор необходимого количества единиц проводится оператором вручную поштучно или путем взвешивания необходимого количества на специальных автоматизированных весах. Все подобные системы являются сборными конструкциями различного форм-фактора, они адаптируемы под задачи и помещения заказчика, требуют проведения монтажных и пусконаладочных работ, управляются с помощью специализированного ПО и имеют разные возможности интеграции. Плюсы данных систем в их гибкой настройке под задачи заказчика, это своего рода «Лего-конструкторы» для складов, позволяющие создавать полностью автоматизированные складские системы или отдельные складские участки рис 10 и рис 11. Внедрение подобных решений требует существенных временных и финансовых затрат, тщательной инженерной проработки проекта, его технологической части (несущие нагрузки помещений, энергопотребление и прочее), его логистической составляющей (производительность системы, массогабаритные характеристики хранимых грузов).



9
Структура систем лифтового типа

Тонна, две или три? Хранение тяжеловесных и негабаритных грузов

Как хранить металлопрокат, негабаритные, длинномерные и тяжелые изделия, можно ли оптимизировать полезные площади для их хранения, автоматизировать учет и выдачу, какие существуют типовые решения? «Земли не становится больше», также как и свободных площадей для хранения на предприятиях. Оптимизация полезных площадей — это одна из основных задач, решаемых с помощью внедрения автоматизированных систем хранения на складах.

Для хранения металлопроката и тяжеловесных грузов существуют типовые специализированные решения. Листы металлопроката размером от 1,5*3 м до 2,5*6 можно компактно расположить в специализированных системах, обеспечив их поштучную выдачу без дополнительных трудозатрат и погрузочной техники. Лист или заготовка размещаются на специальной палете с защитными барьерами-разделителями (там же можно хранить технологические остатки различной конфигурации и размера) с последующим размещением в стеллажной конструкции системы [рис 12](#). При загрузке/выдаче палета автоматически подается со стеллажа в зону выдачи, где лист поднимается над палетой специальными экстракторами и перемещается на конвейер или транспортер с помощью вспомогательных средств, также возможна полная выдача палеты для последу-



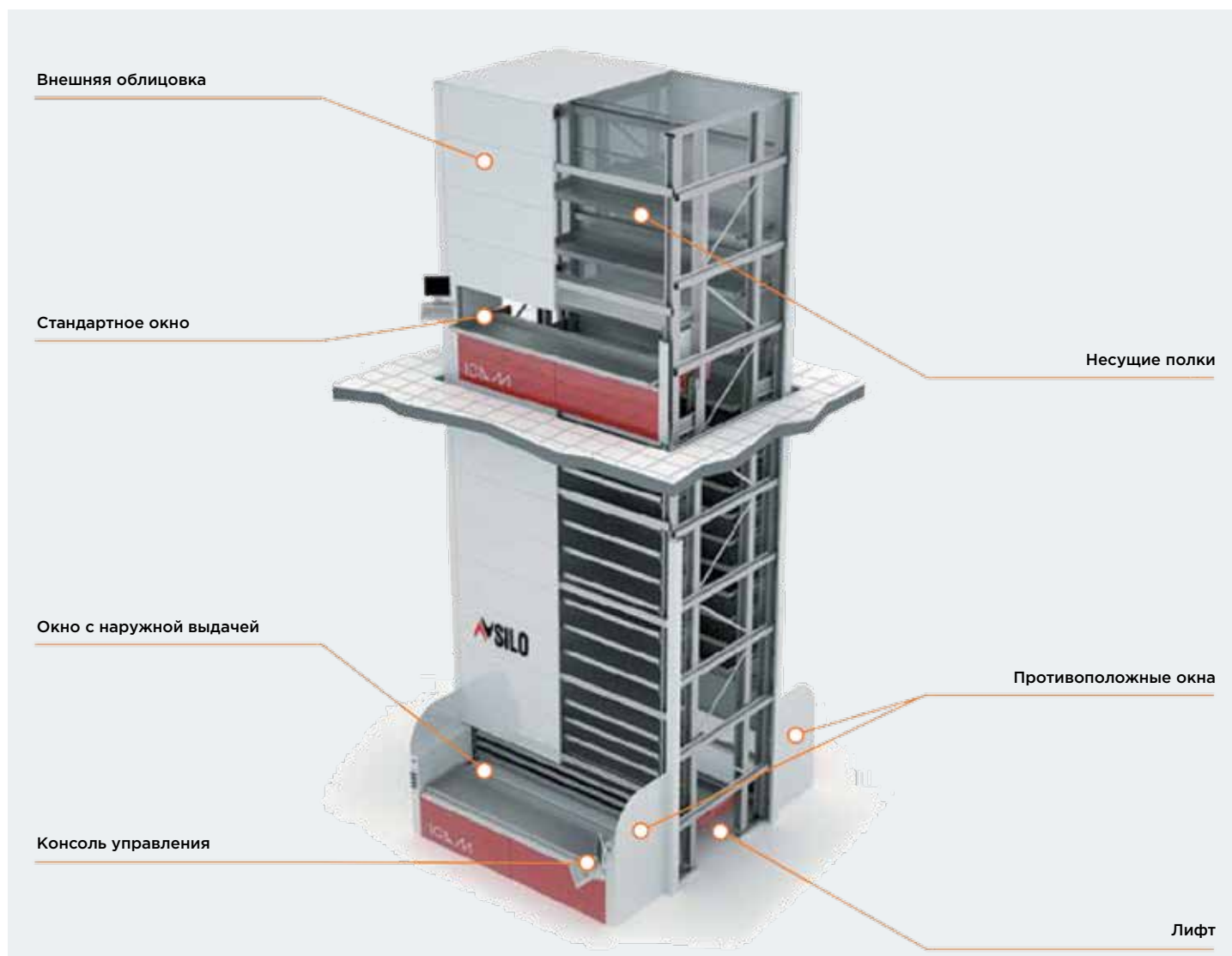
10
Система карусельного типа ICAM: Rotar с пластиковыми контейнерами



11
Лоток ICAM: Silo2 для хранения отдельной группы товаров



12
Структура системы для хранения листового металла



13

Структура системы ICAM: Silo L для хранения длинномеров и тяжелых грузов



14

ICAM: Silo L. Варианты установки, полностью выдвижная полка

ющей ее транспортировки. Наиболее часто подобные решения встраивают в технологический процесс производства изделий: прокат из систем хранения напрямую поступает на резку и дальше в виде заготовок для изделий движется по конвейеру. Учет ведется с помощью маркировки самого металлопроката, штрихкодирование наносится лазером или с помощью наклеек, прикрепляемых специализированным клеевым составом.

Металлический прут, трубы, длинномерные и тяжелые изделия длиной до 8 метров можно удобно и компактно хранить в специальных системах хранения лифтового типа рис 13. Изделия раскладываются на усиленных полках, которые автоматически размещаются в местах хранения в системе. Возможна полная выдача полки для удобства ее загрузки и транспортировки рис 14.



15 Система мобильных оснований для стеллажного палетного хранения



16 Система мобильных оснований для хранения длинномеров



17 Система мобильных оснований для хранения проката и заготовок

Отдельное место занимает технология мобильных оснований и ее применение для хранения длинномерной продукции. Принцип технологии — в размещении стеллажных конструкций надвигающихся мобильных основаниях, позволяющих передвигать стеллажи как вагоны по рельсам и создавать необходимую плотность установки за счет перемещения рис 15. Применяемые специализированные стеллажные конструкции рис 16 и рис 17 могут быть различными и проектироваться под задачи заказчиков. Особенность автоматизированных систем хранения для тяжеловесной продукции заключается в повышенных нагрузках на сам конструктив системы и ее оснований, в ряде случаев вес систем может превышать сотню тонн. ▢

ТЕХПОДДЕРЖКА

Академия
Zestron:6 актуальных
вопросов
об отмывке

Текст: Александр Савельев

”

Отмывка печатных узлов — один из важнейших этапов технологического процесса при производстве радиоэлектронных устройств специального назначения. Несмотря на серьезный опыт у предприятий России при реализации процессов отмывки печатных узлов после пайки до сих пор возникают и требуют уточнения конкретные вопросы и особенности данного процесса. В статье мы собрали шесть наиболее интересных и часто задаваемых вопросов.



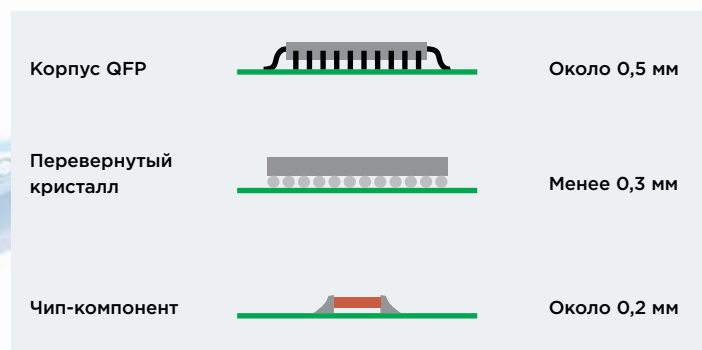
Многие производители электроники не имеют возможности проводить масштабные исследования процесса отмывки и при организации данного процесса руководствуются знаниями, полученными из профессионального опыта и общедоступной литературы. Однако опыт не всегда позволяет системно и разносторонне оценить технологическую задачу и, как следствие, принять правильное решение:

1. Какой способ агитации и тип процесса являются наиболее эффективными?
2. Как влияют тип и свойства отмывочной жидкости на результаты отмывки?
3. Как может влиять зазор под компонентами на результаты отмывки?
4. Какое влияние могут оказывать увеличение температуры и продолжительности отмывки на эффективность процесса?
5. Существует ли зависимость качества отмывки от конфигурации и размера компонента?
6. Достаточно ли использовать только воду для отмывки водосмываемых материалов?

Чтобы ответить на эти вопросы компания Zestron провела исследование.

Для имитации малого зазора между компонентом и подложкой рис 1 были изготовлены специальные тестовые подложки рис 2. Для максимальной идентичности механических барьеров, создаваемых выводами компонентов BGA, стеклянные пластины были установлены и припаяны к шариковым выводам в шаблоне компонента CSP рис 3. На поверхность платы были нанесены паяльная паста и флюс, затем установлены и припаяны стеклянные пластинки с зазором 50, 100

и 150 мкм. Отмывочные жидкости (Zestron FA+ и Vigon A250) и оборудование комбинировались на основе технологической совместимости Т 1. Оценка качества отмывки проводилась по оптическим, ионным и диэлектрическим характеристикам рис 4 печатного узла. Измерение содержания ионных загрязнений происходило в соответствии со стандартом IPC 650 «Руководство по проведению испытаний».



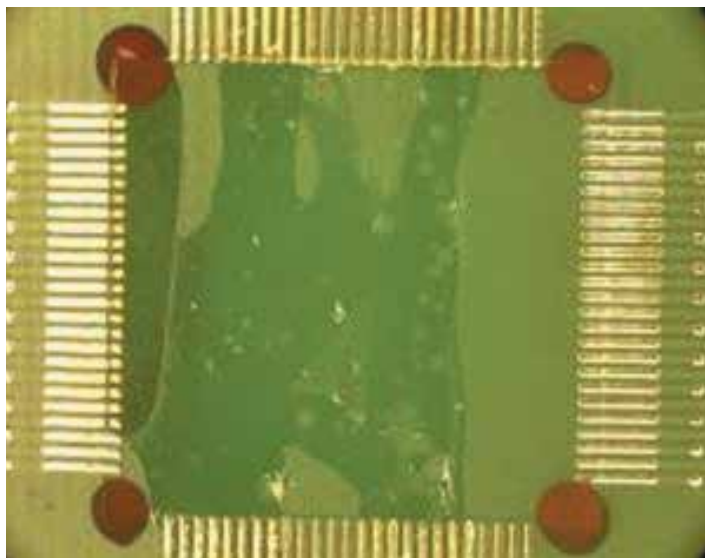
1

Сравнение зазора между печатной платой и компонентами различных типов

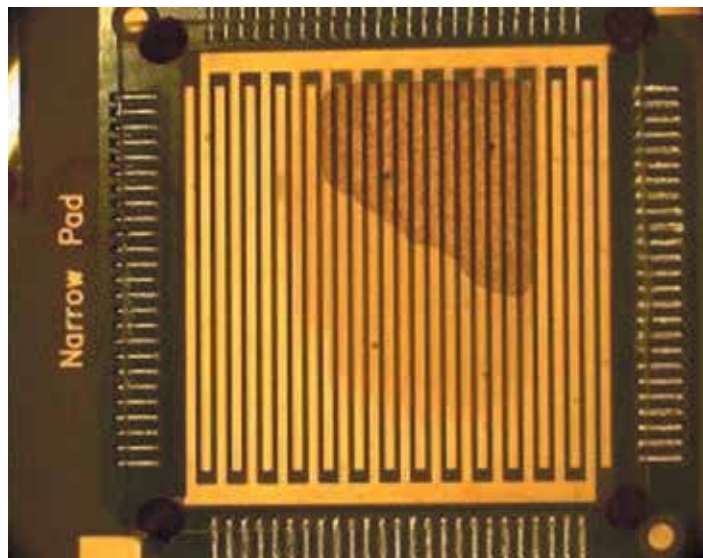
Т 1

Матрица тестов

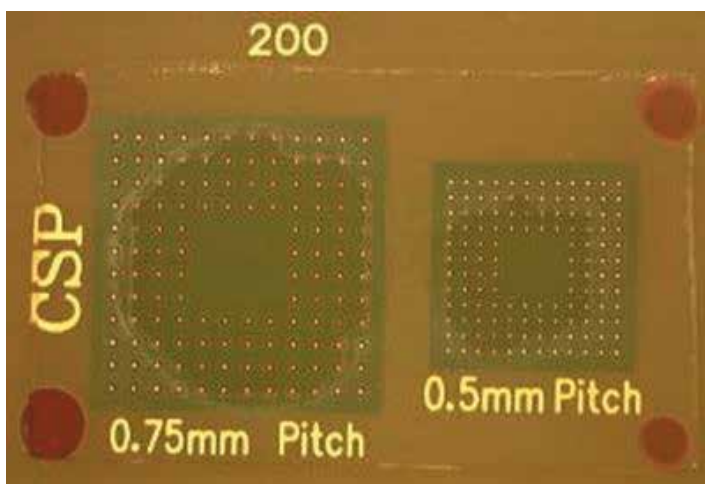
Процесс	Чистящее средство	
	На основе растворителя Zestron FA+	MPC на водной основе (Vigon A250)
Отмывка погружением в ультразвуковую (УЗ) ванну	+	+
Струйная отмывка при погружении в ванну	+	+
Струйная отмывка в воздухе	не применимо	+
Конвейерная струйная отмывка под высоким давлением	не применимо	+
Однокамерная отмывка в растворителе	+	не применимо
Струйная отмывка в оборудовании для очистки трафаретов	+	+



2
Тестовая подложка для имитации зазора 50 мкм между компонентом и подложкой



4
Тестовая плата для анализа поверхностного сопротивления изоляции согласно IPC-CC 24B



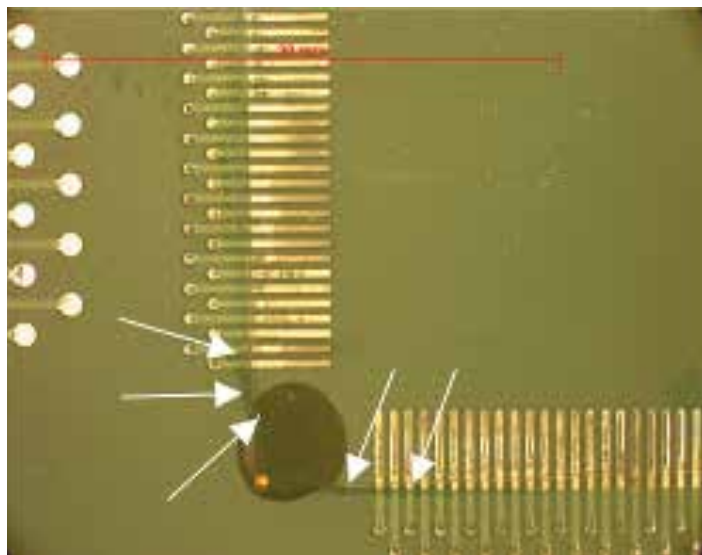
3
Имитация компонента CSP (шаг 0,5 мм, 0,75 мм)

Влияние типа технологического процесса на результаты отмывки

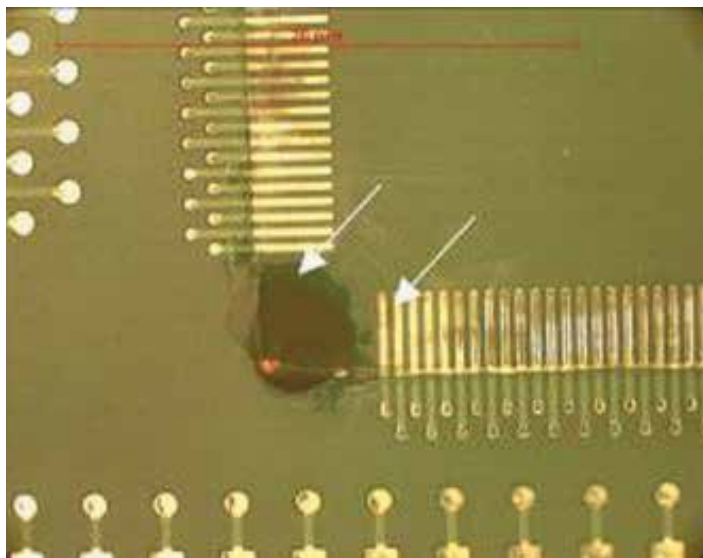
Один из часто возникающих у производителей электроники вопросов — это выбор оборудования и способа агитации. Не секрет, что наиболее эффективными считаются ультразвуковые и струйные системы отмывки. Так ли это на самом деле?

По результатам эксперимента лучшие результаты показали групповая и конвейерная струйная отмывки, а также ультразвуковая отмывка, что, в принципе, подтвердило существующее мнение о данных процессах. Если говорить о струйной отмывке с погружением, то после этого процесса на границах имитационных пластинок оставались загрязнения **рис 5**.

Важный факт, подтвержденный экспериментом: при расположении печатного узла в оборудовании, струи в котором ориентированы в неблагоприятном направлении (перпендикулярно поверхности подложки), качество отмывки определяется исключительно характеристиками капиллярного проникновения и текучестью чистящего средства. В результате по углам стеклянных пластинок внутри и вокруг точек адгезива оставались ясно видимые остатки загрязнений **рис 6**. При использовании несовместимых чистящих средств можно ожидать, что значительная доля загрязнений останется под стеклянными пластинками (в реальном процессе — под компонентами).



5
Результаты отмывки распылением с погружением. Зазор 50 мкм. Под стеклянной пластинкой изолированные следы загрязнений наблюдаются в граничных зонах



6 Результат отмывки распылением в воздухе. Зазор 50 мкм. Значительные остатки загрязнений наблюдаются внутри и вокруг адгезивов

Эксперимент показал, что качество отмывки было лучше там, где отмывочная жидкость имела больше возможностей в достаточном количестве проникнуть в пространство под компонентом. Это значит, что большое внимание нужно уделять расположению плат в оборудовании относительно друг друга и источника агитации. Расположение платы должно быть таким, чтобы струи жидкости (УЗ волны) направлены проникали под компоненты, а направление потоков жидкости — беспрепятственно проходить под корпусами. Таким образом можно снизить вероятность появления теневых зон и повысить качество отмывки.

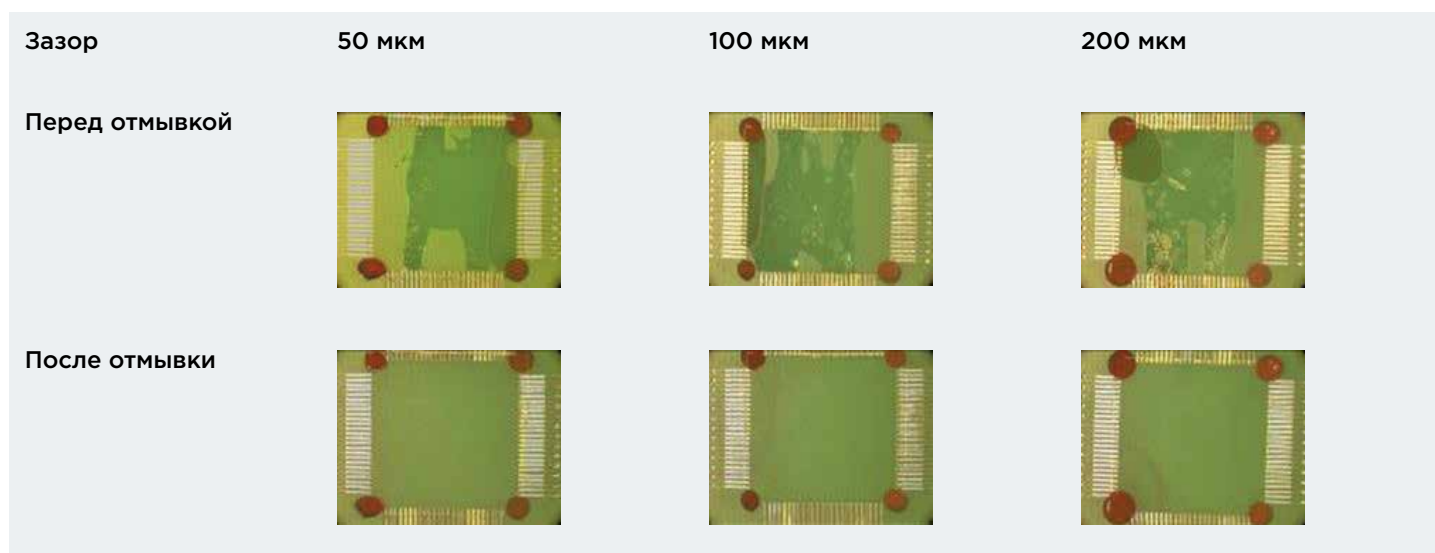
Влияние толщины зазора на качество отмывки

Часто приходится слышать мнение, что эффективность отмывки прямо пропорциональна величине зазора между компонентом и печатной платой. Это можно объяснить логичным заключением, что чем меньше зазор, тем хуже в него проникнет жидкость. Справедливо ли это?

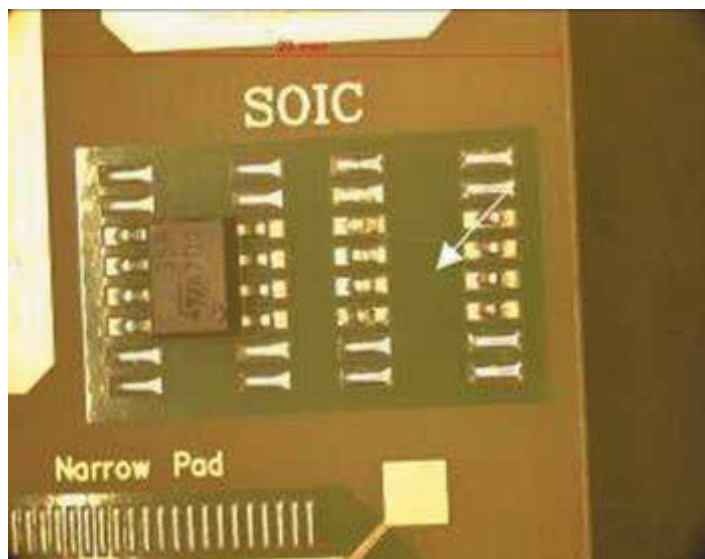
Эксперимент показал, что качество отмывки пространства с малым (0,05 мм) и большим (0,2 мм) зазорами незначительно отличается от качества отмывки пространства с зазором 0,1 мм. Ни улучшения качества отмывки при увеличении толщины зазора, ни ухудшения качества отмывки при уменьшении толщины зазора не наблюдалось **рис 7**.

Проникновение незагрязненного чистящего средства в капиллярное пространство между компонентом и подложкой не стало большой проблемой. Интересно отметить, что данное исследование показало изменение ополаскивающей способности чистящего средства под компонентами преимущественно из-за ухудшения его проникающей способности. Это позволяет сделать весьма важный вывод о том, что эффективное ополаскивание — операция, которой часто не уделяют особого внимания, — имеет особое значение для общего качества процесса отмывки.

Также можно сделать вывод, что проникающая способность современных средств для отмывки ПУ и системы агитации обладают достаточной эффективностью для удаления загрязнений из-под большинства современных корпусов. Однако если мы говорим о зазоре менее 50 мкм, то здесь большую роль играют именно капиллярные возможности отмывочной жидкости и механическое воздействие на загрязнение.



7 Тестовые подложки с разными зазорами до и после отмывки



8

Результаты отмывки под компонентом SOIC. Загрязнения отсутствуют



9

Результаты отмывки под керамическим конденсатором 0402. Загрязнения отсутствуют

Зависимость качества отмывки от времени и температуры процесса

Распространенное мнение «Если плата не отмывается — её нужно мыть дольше и при более высокой температуре» часто используется как догма. Такие выводы обычно возникают неосознанно, опираясь на примеры из быта. Так ли это?

По результатам эксперимента видно, что увеличение температуры вело к значительному ускорению отмывки, а увеличение времени цикла оказывало лишь минимальное влияние на результаты. Важно отметить, что температура влияла не на результат (т.е. возможность удаления определенного загрязнения), а исключительно на скорость отмывки. Объяснение тому: снижение вязкости жидкости, вызванное температурой и, как следствие — высокая проникающая способность.

Однако повышение температуры не может продолжаться бесконечно, обычно рабочая температура жидкости находится в диапазоне от 30-60°C. Часто это связано с повышенной испаряемостью жидкости, ограничениями печатного узла и пожарной безопасностью. Некоторые отмывочные жидкости при чрезмерно высокой температуре могут расслаиваться на фракции, при этом эффективность отмывки будет снижаться.

Жидкости, обладающие высокой проникающей способностью, уже при 40 градусах могут быть хорошим компромиссом там, где имеются ограничения по температуре. Примером такой жидкости может служить Vigon A250. Раствор этого моющего средства даже при комнатной температуре обладает малым поверхностным натяжением (около 25 мН/м), сравнимым с ацетоном, что обуславливает высокую проникающую способность под корпуса компонентов.

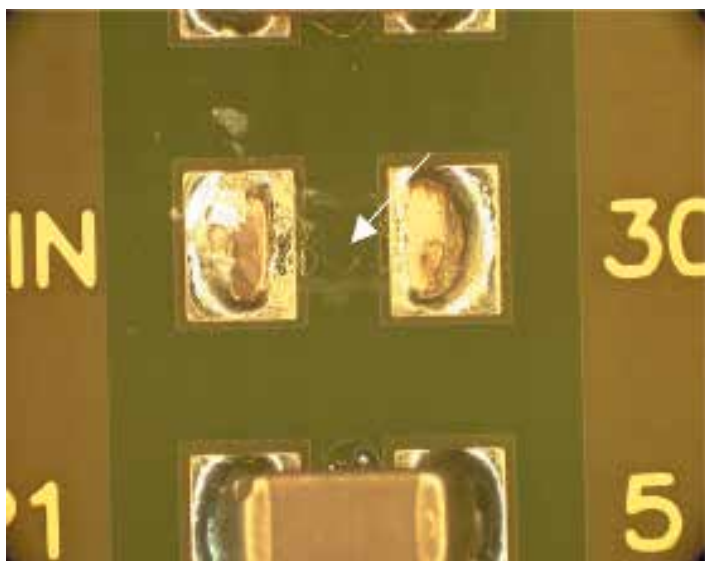
Значит, повышение температуры может увеличить

эффективность отмывки, однако верхняя граница температуры должна быть не выше рекомендованных производителем жидкости значений. Увеличение времени в большинстве случаев не вносит значительных изменений в качество и эффективность отмывки. Кроме того, избыточное время снижает производительность процесса и может привести к повреждению элементов ПУ, имеющих ограниченную устойчивость к воздействию отмывочной жидкости. Технологический процесс проще оптимизировать, регулируя его температуру, а не продолжительность цикла.

Зависимость качества отмывки от размера и конфигурации компонентов

Считается, что чем больше размер и сложнее конфигурация компонента (форма корпуса, количество и форма выводов), тем сложнее удалять остатки паяльных материалов из-под него. Насколько это справедливо?

В экспериментах Zestron использовались компоненты SOIC и керамические конденсаторы типа 1206, 0805, 0603 и 0402. Зазор под компонентами SOIC и конденсаторами 0603 и 0402 не был трудностью для большинства чистящих средств и технологических процессов [рис 8](#) и [рис 9](#). Однако под керамическими конденсаторами 1206 и 0805 были замечены явные следы флюса и паяльной пасты [рис 10](#). Это частично объясняется меньшим зазором (< 50 мкм), по сравнению с компонентами типа Flip-Chip (перевернутый кристалл) и микро-BGA, и также большей площадью поверхности под компонентами 1206 и 0805 по сравнению с площадью под корпусами 0603 и 0402.



10
Результаты отмывки под конденсатором 1206.
Видны следы загрязнений

Также обнаружена критическая связь между размерами компонента и величиной зазора под ним. Капиллярные силы чистящего средства в большинстве случаев оказываются недостаточными для надлежащей отмывки пространства под компонентом. Стандартный процесс отмывки достигает технологического предела, что и наблюдалось в случае конденсаторов 1206 и 0805, и требует тщательной оптимизации.

Важно также учитывать, что выводы, расположенные под компонентами (BGA, микро-BGA, CSP), являются механическими преградами, дополнительно усложняющими задачу удаления остатков паяльных материалов. Они затрудняют капиллярное проникновение отмывочных жидкостей под корпусы компонентов. Кроме того, далеко не каждая отмывочная жидкость может хорошо смачивать поверхности компонентов и печатной платы.

Эксперимент Zestron показал, что компоненты BGA, микро-BGA и CSP, которые часто считаются наиболее сложными для отмывки, в действительности не вызывают особых проблем. С другой стороны, керамические конденсаторы типа 1206 и 0805, из-за специфичных капиллярных свойств, представляют собой компоненты критического размера. Наличие механических барьеров

оказывает незначительное влияние, значение имеет только общая форма капиллярных пространств.

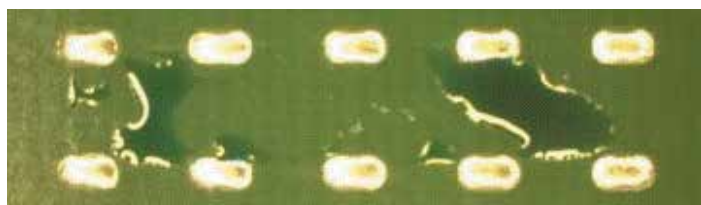
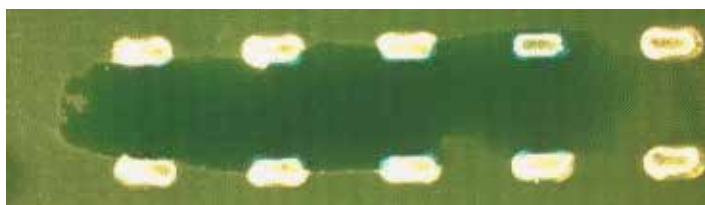
Общий вывод эксперимента: можно утверждать, что размер и конфигурация компонентов не всегда оказывают прямое влияние на сложность удаления загрязнений. Проникающая способность жидкости и отсутствие теневых эффектов является более весомым фактором. Для отмывки сложных печатных узлов нужно выбирать жидкости с минимальным поверхностным натяжением. Разумеется, внимание нужно обращать и на расположение плат в камере отмывки. На этапах конструирования полезно обеспечивать возможность максимально эффективного проникновения отмывочной жидкости под компоненты ПУ.

Отмывка водосмываемых материалов

Существует распространенное мнение, что для отмывки водосмываемых остатков флюса достаточно использовать подогретую воду и эффективное оборудование, однако далеко не все учитывают, что «обычная» вода недостаточно смачивает поверхность и компоненты ПУ. Из-за этого она не всегда хорошо проникает в узкие зазоры, в том числе под компоненты, и в результате в ряде случаев загрязнения не могут быть полностью удалены. Проникающая способность жидкости тем выше, чем выше смачиваемость.

Одним из основных критериев оценки качества смачивания поверхности является определение угла смачивания. На рис. 11 показаны примеры хорошего и плохого смачивания. Смачиваемость — величина, напрямую связанная с поверхностным натяжением. Чем меньше поверхностное натяжение, тем лучше смачивание и, следовательно, проникающая способность отмывочной жидкости. Если отмывочная жидкость или просто вода не имеют высокой проникающей способности, то говорить о хороших результатах отмывки невозможно.

Эксперимент подтвердил, что если добавить в воду даже 3-5% Vigon A250, поверхностное натяжение воды (раствора) может снизиться с привычных 72 мН/м до ≈ 35 мН/м. Это изменение существенно повышает проникающую способность раствора и увеличивает эффективность удаления остатков. Такая практика уже давно используется ведущими мировыми производителями электроники.



11
Хорошее (слева) и плохое (справа) смачивание поверхности

Насколько велико влияние отмывочной жидкости на результат отмывки?

Известно, что отделение или растворение загрязнения происходит, прежде всего, за счет химических свойств используемого чистящего средства, которое и определяет наиболее подходящий процесс отмывки. При прочих равных условиях существенным фактором, влияющим на качество отмывки, является именно отмывочная жидкость. Хорошая химия способна обеспечить отличную отмывку в самых сложных случаях, даже если механическая составляющая процесса не может гарантировать превосходного результата.

Современные отмывочные жидкости на основе МРС-технологии превосходят ПАВ (поверхностно-активные вещества) не только по проникающей способности, но и по целому ряду параметров, таких как: время жизни раствора в ванне, возможность работы при низких температурах, экологичность, безопасность.

Отмывочную жидкость следует выбирать, исходя из используемых технологических материалов, характеристик компонентов и их совместимости с процессом отмывки. Выбор чистящего средства должен осуществляться на начальной стадии технологического процесса (до или одновременно с покупкой оборудования) во избежание непри-

ятных сюрпризов на дальнейших этапах.

Практика работы на российском рынке показывает, что часто о вопросе отмывки ПУ задумываются только на этапе старта производства и без проведения заблаговременных испытаний. При этом существенно повышаются риски некачественной отмывки технологических материалов и других загрязнений, риски повреждения компонентов из-за особенностей их конструктива и материала изготовления. В ряде случаев химия может наносить вред компонентам, который проявит себя только в процессе эксплуатации изделия.

Именно поэтому выбор жидкости имеет существенное влияние не только на качество удаления загрязнений, но и на сохранность свойств печатного узла и компонентов, на сохранность и долговечность работы оборудования для отмывки. Выбирать отмывочную жидкость нужно как можно раньше и именно на основании проведенных испытаний и анализа совместимости жидкости и печатного узла с компонентами. Данные о совместимости отмывочных жидкостей с полимерами и другими материалами обязан предоставить производитель отмывочной жидкости.

Качественная отмывка — исключительно важный фактор для долговечной и безотказной работы аппаратуры, работающей в жестких климатических условиях или выполняющей особо ответственные функции. А получить стабильный и качественный процесс отмывки можно только с учетом всех влияющих факторов и правильной их комбинации: жидкость для отмывки, оборудование, параметры технологического процесса, конструктив печатного узла, компоненты. Также не следует упускать из виду такие факторы, как стабильность процесса отмывки (долговременная повторяемость результатов) и непосредственный контроль результатов.

Компания Остек предлагает своим клиентам широкий спектр отмывочных жидкостей, средств и методик их контроля, а также поддержку в процессе выбора, испытаний и отладки технологического процесса для получения эффективного и перспективного решения. Если перед вами стоит задача внедрения или оптимизации процесса отмывки, мы готовы оказать помощь в анализе существующего процесса и поиске эффективных улучшений. ▢



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





**Новый технологический уклад
в производстве электроники.
Как слияние промышленных и
информационных технологий
меняет принципы организации
производства?**

Сегодня мало владеть новейшими технологиями. Необходимо знать, как применять их на практике.

В программе доклады на темы:

Индустрия 4.0: кибер-физические системы, разумное окружение, Интернет вещей
Индустрия 4.0 - M2M взаимодействие в современном производстве
Кибер-физические системы, их применение в современных производствах
Инновационное производство: Концепция «Умная фабрика»
Система цифрового управления приборным производством
Реализация массового производства по индивидуальным заказам с помощью промышленных 3D-принтеров
Автоматизированный склад – инструмент повышения эффективности
Безошибочное производство жгутов проводов и внутриблочных соединений

22–23
октября, Москва

За обновлением программы
и новостями вы можете
следить на сайте:
www.asold.ru