

03 (32) апрель 2017

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал



КАЧЕСТВО

Андрей Насонов

14

ВЕРИФИКАЦИЯ ЗАКУПЛЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДЫ
КОНТРОЛЯ



ОПТИМИЗАЦИЯ

Василий Афанасьев

30

ЭВОЛЮЦИЯ СБОРОЧНО-
МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
“УМНАЯ ЛИНИЯ”



ТЕХПОДДЕРЖКА

Кирилл Шелешков

44

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ
ПРОВЕДЕНИЯ ЦЭО
МАГИСТРАЛЬНЫХ
И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
ВОДЯНЫХ СЕТЕЙ



Экономичность

До 5 раз дольше по сравнению с другими отмывочными жидкостями работают жидкости Zestron, производимые по запатентованной MPC-технологии и обладающие уникальным составом.

Подтвержденное качество

Более 10 лет жидкости Zestron успешно применяются в отечественном производстве РЭА ответственного и военного назначения, обеспечивая высокое качество отмывки и надежный результат.

Максимальная совместимость

Уникальный состав обеспечивает максимальную совместимость жидкостей со всеми узлами и деталями оборудования для отмывки, способствуя продолжительному сроку службы оборудования и минимизируя расходы на обслуживание и простои.

Контроль и стабильность

Только Zestron предлагает специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора отмывочных жидкостей для своевременной корректировки концентрации и состояния раствора, обеспечивая максимальную стабильность и надежность процесса отмывки.

Эффективность и универсальность

Жидкости Zestron гарантированно и качественно удаляют более 500 видов материалов для пайки.

ZESTRON
High Precision Cleaning



Никаких полумер. Вся полнота преимуществ

Оригинальные отмывочные жидкости Zestron гарантируют непревзойденное качество отмывки и стабильность результата. Широкий ассортиментный ряд позволяет подобрать отмывочную жидкость для конкретной задачи: в соответствии с типом оборудования и процесса, характером загрязнений, индивидуальными требованиями.

Отличительной особенностью отмывочных жидкостей Zestron является высокая эффективность: качественная отмывка, совместимость с оборудованием и компонентами, экономичность. Жидкости Zestron успешно зарекомендовали себя на ведущих отечественных производствах РЭА.

Официальный эксклюзивный дистрибьютор Zestron Группа компаний Остек обеспечивает высококвалифицированную техническую и технологическую поддержку, поставку со склада и оперативную доставку по всей России с соблюдением всех условий транспортировки и хранения.



будущее
создается

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



**Уважаемые коллеги!**

Каждая компания должна отвечать требованиям своей отрасли, приспосабливаться и менять стратегические приоритеты, быстро принимать правильные решения для сокращения неизбежно возникающих разрывов между существующей бизнес-моделью и требованиями рынка. Для этого нужно получить ответы на непростые вопросы: необходимо ли перепрыгнуть технологический уровень конкурента или нужно пытаться его догнать? Сколько мы должны инвестировать, чтобы удовлетворить новым потребительским предпочтениям? Как мы можем реагировать на изменения в цепочке создания ценности?

Изменения на рынке и в технологиях происходят быстрее, чем к ним успевают адаптироваться компании. Так, в актуальной на настоящий момент «Технологической дорожной карте ИРС» 2016 года упоминаются следующие тенденции:

- Продолжающаяся миниатюризация. Для многих устройств она ограничивается уже не столько технологическими возможностями, сколько эргономикой.
- Многофункциональность. Конвергенция функций и объединение нескольких устройств в одном.
- Вседоступность. Обмен с помощью электронных устройств публичными и персональными данными независимо от их местоположения, развитие облачных вычислений.

- Автономность. Увеличение количества и типов автономных устройств, выполняющих определенные функции без какого-либо непосредственного контроля со стороны человека.
- Функциональность. В стоимости электронного изделия все больше начинает превалировать не столько стоимость электронных комплектующих, сколько стоимость функций изделия, чаще всего реализуемых с помощью программного обеспечения.
- Улучшенное управление энергопотреблением. Сниженное и сбалансированное энергопотребление, новые способы распределения энергии там, где это необходимо и т. д.
- Управление ресурсами. Учет при разработке устройств законов и актов, связанных с экологией и ресурсосбережением.

Чтобы находиться в синхронизации с отраслью, необходимо внимательно следить за технологическими тенденциями. Выставки – это один из лучших источников информации.

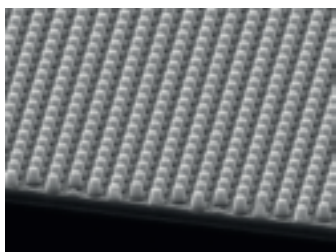
Надеемся, что посещение ЭлектронТехЭкспо 2017 и других специализированных выставок будет способствовать вашему успешному развитию!

Антон Большаков, директор по маркетингу

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- | | |
|---|---|
| <p>4 СТАРТ ПРОДАЖ УСТАНОВКИ
МИКРОАБРАЗИВНОГО УДАЛЕНИЯ
ВЛАГОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ «БОРЕЙ»</p> <p>4 НОВАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ
ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ
УСТАНОВОК ДИСКОВОЙ РЕЗКИ</p> <p>5 ОБУЧАЮЩИЕ ТРЕНИНГИ
ПО СТАНДАРТАМ IPC В ОСТЕКЕ</p> <p>6 ОПЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ
ИНТЕРФЕЙС CAO ОТ КОМПАНИИ ARTOS
ENGINEERING</p> | <p>6 ОСТЕК ПРЕДСТАВЛЯЕТ
КНИГУ РОССИЙСКОГО АВТОРА
ОБ ИНДУСТРИИ 4.0</p> <p>7 МИРОВОЙ РЫНОК
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ
ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ДОСТИГНЕТ 54,2 МЛРД ДОЛЛ. США
К 2021 ГОДУ</p> <p>7 ВЫСТАВКИ, В КОТОРЫХ ПРИМЕТ
УЧАСТИЕ ГК ОСТЕК В 2017 ГОДУ</p> |
|---|---|

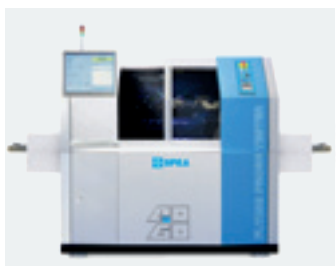


ТЕХНОЛОГИИ стр. 8

ТЕХНОЛОГИИ

НАНОИМПРИНТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ 8

Автор: Александр Скупов



КАЧЕСТВО стр. 14

КАЧЕСТВО

ВЕРИФИКАЦИЯ ЗАКУПЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ 14

Автор: Андрей Насонов

РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ 20

Автор: Алексей Белоусов

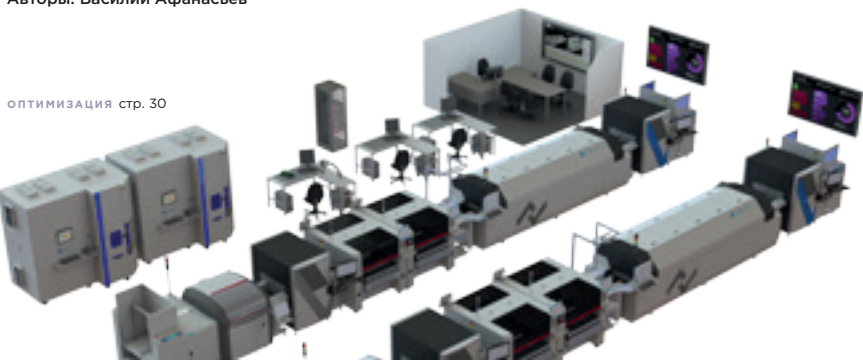
«КОМБИНАЦИЯ» CERT – ФОРСАЖ ОТКАЗОВ В ПОЛЯХ ИСПЫТАНИЙ 24

Авторы: Анатолий Лютов, Иван Суходольский

ОПТИМИЗАЦИЯ

ЭВОЛЮЦИЯ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА. «УМНАЯ ЛИНИЯ» 30

Авторы: Василий Афанасьев



оптимизация стр. 30



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 40

ТЕХПОДДЕРЖКА

ВЕКОВОЙ ОПЫТ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 40

Автор: Роман Лыско

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ЦЭО МАГИСТРАЛЬНЫХ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВОДЯНЫХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ . . . 44

Автор: Кирилл Шелешков

ФИНИШНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОД ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ 50

Автор: Светлана Шкундина

АВТОРЫ НОМЕРА

Александр Скупов

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

Андрей Насонов

Технический директор
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru

Алексей Белоусов

Главный специалист отдела
метрологического обеспечения
измерений геометрических величин
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru

Анатолий Лютов

Старший специалист
по развитию и маркетингу
ООО «Остек-Тест»
test@ostec-group.ru

Иван Суходольский

Инженер поддержки продаж
ООО «Остек-Тест»
test@ostec-group.ru

Василий Афанасьев

Директор по развитию
ООО «Остек-СМТ»
info@ostec-group.ru

Роман Лыско

Заместитель коммерческого директора
по маркетингу ООО «Остек-ЭТК»
etc@ostec-group.ru

Кирилл Шелешков

Начальник отдела энергоконсалтинга
Направления энергоэффективности
ООО «Остек-СМТ»
energo@ostec-group.ru

Светлана Шкундина

Заместитель начальника
отдела главного технолога
ООО «Остек-СТ»
ost@ostec-group.ru

НОВОСТИ

СТАРТ ПРОДАЖ УСТАНОВКИ МИКРОАБРАЗИВНОГО УДАЛЕНИЯ ВЛАГОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ «БОРЕЙ»

Группа компаний Остек представляет «Борей» — первую отечественную установку микроабразивного удаления влагозащитных покрытий с поверхности печатных узлов.

Установка предназначена для эффективного безопасного удаления отвержденных влагозащитных покрытий — УР-231, ЭП-20, Э-30, ЭП-9114, HumiSeal, парилен и др. — с поверхности печатного узла без использования растворителей и режущих инструментов.

Особенности установки:

- высокая скорость удаления покрытия (от 30 секунд на плату);
- сменные сопла различного диаметра (от 0,8 до 1,14 мм) в сочетании с мелкодисперсным абразивом (от 110 до 160 микрон), позволяющие снимать покрытия локально даже с миниатюрных компонентов и выводов (например, 01005);
- возможность переключения между ультрафиолетовым и белым спектрами подсветки, обеспечивающая улучшенный контроль процесса удаления покрытий;
- интегрированная антистатическая защита и специальный абразив на основе пшеничного крахмала, исключающие появление статического напряжения в процессе удаления покрытия;



- компактный размер, система регулировки по высоте и эргономичный дизайн, обеспечивающие удобство при транспортировке и работе, снижающие утомляемость специалиста.

Установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей» специально разработана и сертифицирована для применения в электронике и успешно прошла испытания на действующем производстве. 

За более подробной информацией, а также по вопросам испытаний обращайтесь по электронной почте materials@ostec-group.ru или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра».

НОВАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ УСТАНОВОК ДИСКОВОЙ РЕЗКИ

Компания ADT выпустила новую установку фильтрации охлаждающей жидкости, подаваемой в рабочую зону установок прецизионной дисковой резки полупроводниковых пластин и подложек.



ОБУЧАЮЩИЕ ТРЕНИНГИ ПО СТАНДАРТАМ IPC В ГК ОСТЕК

Новая установка – ADT927 – выпущена взамен предыдущей, хорошо зарекомендовавшей себя модели ADT921. Основное назначение новой машины – снижение потребления деионизованной воды, используемой при дисковой резке для охлаждения режущего диска и удаления продуктов резания из рабочей зоны, что позволяет повысить качество резания полупроводниковых материалов. В системе ADT927 используется замкнутый контур, в котором вода подвергается фильтрации и поддерживается ее заданная температура. Дополнительно в системе присутствует функция добавления различных присадок в охлаждающую воду и система УФ-очистки для предотвращения появления бактерий в трубопроводах. Важно отметить, что фильтровальный модуль установки имеет функцию самоочистки, что значительно продлевает срок его службы. Производительности установки ADT927 хватает для одновременной работы с тремя системами дисковой резки серии. Установка обладает простым и наглядным интерфейсом и удобным доступом для обслуживания. 

С октября 2016 года Группа компаний Остек проводит обучающие тренинги по стандартам IPC на регулярной основе. В настоящее время доступно обучение по стандарту IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок». Уже организовано и проведено четыре тренинга, в том числе один из них – на территории заказчика, 36 человек стали сертифицированными специалистами по стандарту с подтверждающими сертификатами организации IPC. Осенью 2017 года планируется запустить цикл тренингов по стандарту IPC 7711 «Восстановление, модификация и ремонт электронныхборок».

Тренинги организованы, в первую очередь, для специалистов, непосредственно участвующих в процессе сборки и ремонта печатных узлов. Основная задача обучения – в сжатые сроки и максимально эффективно изучить современные критерии качества в соответствии с IPC, научить корректно применять приобретённые знания в отечественном производстве, во время восстановления, модификации электронныхборок, правильно выявлять дефекты печатных узлов для



всех классов оборудования после основных операций сборки, при диагностике и выполнении ремонта.

Практические занятия проводятся под руководством сертифицированного тренера IPC с использованием лучших единиц современного оборудования и образцов печатных узлов, содержащих различные дефекты. Участникам предоставляется возможность привезти с собой печатные узлы для работы во время тренинга.

В процессе обучения участники ежедневно выполняют задания, а после окончания каждого модуля сдают экзамены.

Участникам, успешно сдавшим экзамены, выдается международный сертификат специалиста по стандарту IPC сроком действия 2 года. 

Подробную информацию о предстоящих тренингах и условиях участия можно получить:

- по электронной почте: materials@ostec-group.ru
- по телефону: 8 (495) 788-44-44.

ОПЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС CAO ОТ КОМПАНИИ ARTOS ENGINEERING



Компания Artos Engineering, производитель оборудования для обработки провода, предлагает опциональный программный интерфейс CAO (Cutting Area Optimization – оптимизация линий резки) для автоматических линий обработки провода Cr.11 и Cr.22.

Разработчиком программного обеспечения CAO является компания DiIT, Германия (www.diit.de), ведущий разработчик программных продуктов, используемых для оптимизации производства жгутов проводов. Система может управлять участками обработки проводов от 2 до 200 станков.

«Мы ответили на запросы клиентов и рады предложить интерфейс с CAO, – говорит Джон Олсен II, президент компании Artos Engineering – Программное решение CAO является гибким, масштабируемым и эффективным. Решение модульное, поэтому его могут использовать как небольшие, так и более крупные компании».

«Интерфейсы CAO, установленные на системах Artos CR.11 и CR.22, помогают заказчикам значительно повысить свою эффективность в настройке, использовании оборудования, контроле качества, планировании, снижении трудозатрат и контроле запасов, – говорит Олаф Герман из DiIT AG. – Мы с нетерпением ждем результатов совместной работы с компанией Artos, поскольку помогаем заказчикам оптимизировать производственные процессы».

Компании Artos и DiIT будут предоставлять заказчикам обновление программного обеспечения CAO на постоянной основе. 

**О сотрудничестве ГК Остек и
компаний Artos Engineering
читайте на стр 40.**

ОСТЕК ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ РОССИЙСКОГО АВТОРА ОБ ИНДУСТРИИ 4.0



На выставке ЭлектронТехЭкспо представлена книга генерального директора ООО «Остек-СМТ» Евгения Липкина «Индустрия 4.0 – ключевой элемент в промышленной конкуренции».

Уникальность издания в том, что это первая книга российского автора об Индустрии 4.0, грядущих изменениях в промышленности и влиянии умных технологий на конкурентную среду.

Книга ориентирована, в первую очередь, на представителей высшего и технического руководства предприятий, производящих высокотехнологичную продукцию в области машиностроения и приборостроения.

Издание выпускается ограниченным тиражом. В ближайшее время книга будет доступна только по индивидуальным заявкам: book@ostec-group.ru. 

МИРОВОЙ РЫНОК ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДОСТИГНЕТ 54,2 МЛРД ДОЛЛ. США К 2021 ГОДУ

Согласно недавнему обзору, опубликованному Lucintel, будущее мирового рынка электротехнических компонентов для автотранспортных средств выглядит многообещающе благодаря возможностям, открывающимся для производителей и поставщиков электротехнических компонентов для легковых и грузовых автомобилей. Ожидается, что мировой рынок этой продукции достигнет прогнозного показателя в 54,2 миллиарда долларов США к 2021 году. По данным, приведенным в обзоре, в течение 2016 – 2021 гг. совокупный среднегодовой темп роста мирового рынка электротехнических компонентов для автотранспортных средств будет составлять 6,3%. Основными драйверами роста станут расширяющиеся объемы производства легковых и грузовых автомобилей и растущее количество электронных компонентов, устанавливаемых в них.

Предполагается, что сегмент медной продукции останется самым крупным в рамках мирового рынка электротехнических компонентов для автотранспортных средств. Увеличение спроса на гибридные и электрические автомобили – ключевой фактор, который будет стимулировать рост данного сегмента в течение прогнозируемого периода.

По мнению авторов обзора, страны Азиатско-Тихоокеанского региона останутся крупнейшим регионом для рассматриваемого рынка



благодаря расширяющимся объемам производства автотранспортных средств и растущему количеству правительственных распоряжений в сфере обеспечения безопасности данных средств. В обзоре также сделано предположение, что Азиатско-Тихоокеанский регион и весь остальной мир станут свидетелями значительного роста в течение прогнозируемого периода, который будет обусловлен увеличивающимся количеством алюминиевой электропроводки, используемой в автомобилях в развивающихся странах для исполнения правительственных постановлений о сокращении выбросов углерода и повышении топливной эффективности.

К появляющимся тенденциям, непосредственно влияющим на динамику отрасли, можно отнести внедрение высоковольтных электротехнических систем для электромобилей и развитие технологий переработки систем. В состав основных поставщиков продукции на мировом рынке электротехнических изделий для автотранспортных средств входят следующие компании: Yazaki Corporation, Sumito Electric Industries Ltd., Delphi Corporation, Leoni Group и Lear Corporation. В настоящее время некоторые компании стремятся к заключению сделок по корпоративным слияниям и поглощениям, рассматриваемым ими в качестве стратегических инициатив для управления ростом. 

ВЫСТАВКИ, В КОТОРЫХ ГРУППА КОМПАНИЙ ОСТЕК ПРИМЕТ УЧАСТИЕ В 2017 ГОДУ

- **15-19 мая**
Металлообработка 2017
(Экспоцентр)
- **7-8 июня**
Semiexpo (Экспоцентр)
- **20-22 июня**
Росмолд (Крокус)
- **15-20 августа**
МАКС 2017 (Жуковский)
- **22-27 августа**
Армия 2016
(Кубинка, Патриот)
- **24-26 октября**
Aerospace
Testing & Industrial Control
(КрокусЭкспо)
- **24-26 октября**
ExpoCoating (КрокусЭкспо)
- **21-23 ноября**
РадЭл (С-Петербург, СКК)

ТЕХНОЛОГИИ

Нано- импринтная литография. Материалы и технологии



Текст: Александр Скупов



Наноимпринтная литография (НИЛ) – один из наиболее перспективных альтернативных методов формирования наноструктур. В данной статье мы рассмотрим основные материалы и технологии, используемые при таком процессе наноструктурирования, и представим преимущества этого вида литографии относительно традиционных способов.

В настоящее время размеры наименьших элементов в интегральных микросхемах составляют несколько десятков нанометров. Создание столь малых структур стало возможным, благодаря разработке методов электронной и оптической литографии в глубоком ультрафиолете. Электронная литография используется для производства фотошаблонов, поскольку её производительность очень низка, а для группового производства микросхем – оптическая литография через ранее созданный шаблон. Во время проектирования топологии микросхем для литографии в глубоком ультрафиолете приходится применять сложные методы оптической коррекции (коррекция близости, сдвиг фаз проходящей волны). В результате фотошаблоны становятся дорогими и сложными.

Производительность наиболее совершенных установок оптической литографии на данный момент составляет свыше 100 пластин диаметром 300 мм в час. Такое оборудование имеет очень высокую стоимость. Например, установка для экспонирования на эксимерном лазере ArF, которая позволяет получить линии шириной 22 нм, может стоить несколько десятков миллионов долларов. Установки для оптической литографии следующего поколения (сверхглубокий ультрафиолет – Extreme UltraViolet – EUV) стоят ещё дороже. Стоимость литографического процесса достигает 30 % от всех производственных расходов при изготовлении прогрессивных современных микросхем.

Очевидно, что для создания в будущем более производительных и дешёвых микросхем требуется снижение стоимости литографического процесса. Одной из многообещающих технологий для микроэлектроники является наноимпринтная литография.

Общая характеристика метода

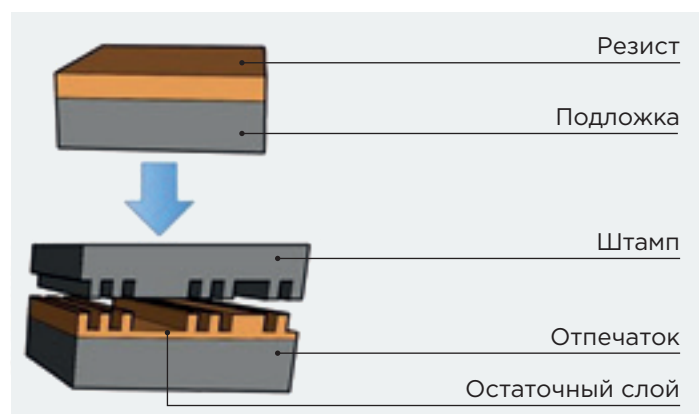
Термин «наноимпринтная литография» впервые появился в литературе в 90-е годы XX века. Ещё раньше были описаны те же самые по сути процессы, но под названием «горячее тиснение» (англ. Hot embossing)¹. Общая идея НИЛ – прямое воздействие т. н. штампа на специальный резист для получения в нём рельефа для дальнейшего переноса на полупроводниковую пластину (рис. 1).

В отличие от других способов литографии в микроэлектронике НИЛ не требует сложных и дорогостоящих оптических или электронно-лучевых систем. С помощью прямого воздействия можно создавать элементы шириной в единицы нанометров². Такое же разрешение пока возможно только с использованием электронной либо рентгеновской литографии на очень дорогостоящих инструментах. Кроме того, электронная литогра-

фия – это медленный процесс, а НИЛ позволяет формировать отпечатки от кристалла к кристаллу или сразу на всей поверхности пластины, т. е. это высокопроизводительный процесс, сравнимый по скорости с оптической литографией. Таким образом, главными преимуществами НИЛ являются низкая стоимость, простота, возможность достижения высокого разрешения (ширина элемента ≤ 10 нм) и высокая производительность.

Существуют два основных метода НИЛ: термическая и ультрафиолетовая (УФ). В первом методе штамп вдавливается в полимер, нагретый выше температуры стеклования, затем происходит его охлаждение и извлечение штампа. Во втором случае штамп из УФ прозрачного материала погружается в жидкий полимер, который отверждается под действием ультрафиолета, после чего происходит извлечение штампа.

Штамп для термической НИЛ обычно изготавливается из металла (например, никеля) или кремния. Для УФ НИЛ применяют кварц, полимеры (PDMS, силиконы). Для изготовления штампов используется электронная литография. Во многом этот процесс сходен с изготовлением фотошаблонов для оптической литографии. Отличием является только необходимость формирования глубокого (0,1–2 мкм) рельефа на поверхности подложки. На рынке есть ряд компаний, которые изготавливают такие штампы³. К штампу предъявляются повышенные требования по плоскопараллельности и бездефектности. В отличие от оптической литографии высокого разрешения, где на подложке формируется уменьшенное в несколько раз изображение фотошаблона, печать выполняется в масштабе 1:1. Это означает, что на штампе практически должны отсутствовать дефекты. Перед проведением процесса НИЛ штамп покрывается специальным антиадгезионным покрытием. Это позволяет избежать прилипания резиста к штампу при его отделении от подложки.



1

Общий принцип наноимпринтной литографии

¹ T. Nielsen, Nanoimprint lithography, Technical University of Denmark, 2003

² S.Y. Chou and co-authors, Nanoimprint Lithography, J. Vac. Sci. Technol. B 14(6), 1996

³ <http://www.nilt.com/542/stamps,-molds,-masters,-templates-and-shims>

Как при термической, так и при УФ НИЛ при создании отпечатка очень сложно обеспечить полный контакт поверхности подложки и выступающей площади штампа. После печати неизбежно остаётся тонкий остаточный слой резиста, который удаляют с помощью плазменного травления. Эта операция во многом сходна с удалением остатков фоторезиста из очень узких проявленных областей.

К недостаткам способа относятся сложности совмещения штампа с уже существующей топологией на пластине (overlay), необходимость частой очистки штампа и нанесения антиадгезионного слоя, повышенные требования к качеству штампа.

Тем не менее, промышленными и научно-исследовательскими организациями ведётся непрерывная работа по преодолению этих недостатков. Наряду с улучшением оборудования разрабатываются и новые материалы, совершенствуются подходы к осуществлению процесса. Далее рассмотрим более подробно основные методы НИЛ.

Термическая наноимпринтная литография

Технологический процесс термической НИЛ представлен на рис. 2. Он состоит из следующих этапов:

- нанесение резиста;
- нагрев и вдавливание штампа;
- охлаждение и отделение штампа;
- травление остаточного слоя

Для нанесения резиста в НИЛ в основном используется центрифугирование, иногда возможно использование спрея.

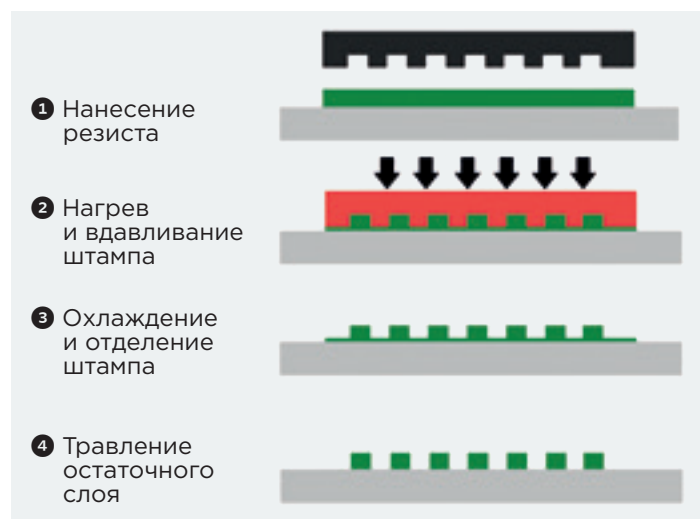
Нагрев штампа происходит до температуры, превышающей температуру стеклования резиста на 10 °С. Для получения высокой точности воспроизведения топологии при печати подложка и штамп должны быть нагреты до одинаковой температуры; распределение тепла по площади подложки и штампа – максимально однородным. Штамп вдавливается в резист под давлением 10-40 бар. Для однородности приложения давления верхняя и нижняя поверхности штампа должны быть параллельны, а при вдавливании необходимо использовать систему клиновой компенсации, не допускающей перекоса штампа.

На настоящий момент существуют коммерчески

доступные материалы для термической НИЛ. В качестве примера рассмотрим продукты фирмы Microresist Technology. Основные свойства этих материалов представлены в Т 1.

Материалы mr-I 7000, 8000 и 9000 являются импринтными резистами общего назначения. Они обладают высокой текучестью выше температуры стеклования, что позволяет им быстро растекаться по площади штампа, и образуют тонкий остаточный слой, который легко удаляется в плазме кислорода. Также данные материалы обладают высокой устойчивостью к фтор- и хлорсодержащей плазме, что позволяет проводить дальнейшие процессы формирования наноструктур (травление Si, GaAs, Al₂O₃ и проч.). Резисты mr-I 7000 и 8000 содержат специальные фторсодержащие присадки, существенно снижающие силу извлечения штампа и предотвращающие прилипание резиста (рис. 3)⁴. Резисты серии mr-I 9000 сшиваются при нагреве, поэтому при дальнейшей обработке сохраняют форму рельефа вплоть до 250 °С⁵.

Резисты серии mr-I T-85 были разработаны для использования в качестве постоянных слоёв в устройствах микрофлюидики и микрооптики. Этот материал после печати становится стойким к воздействию кислот и органических растворителей⁶.



2
Процесс термической наноимпринтной литографии

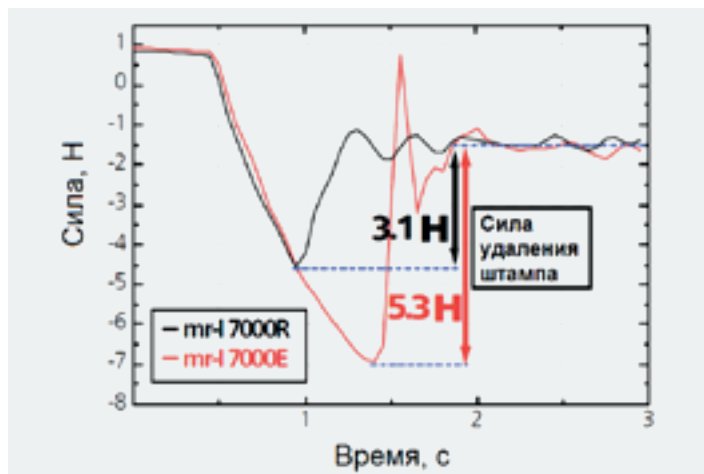
Т 1

Материалы для термической наноимпринтной литографии производства Microresist Technology

РЕЗИСТ	ТОЛЩИНА СЛОЯ, НМ	ТЕМПЕРАТУРА СТЕКЛОВАНИЯ T _g , °C	ТЕМПЕРАТУРА ВДАВЛИВАНИЯ ШТАМПА, °C	ДАВЛЕНИЕ ПРИЖИМА ШТАМПА, БАР	ТЕМПЕРАТУРА ОТДЕЛЕНИЯ ШТАМПА
mr-I 7000R	100-300	55	120-140	20-40	30-50
mr-I 8000R	100-300	105	150-180	20-40	80-100
mr-I 9000M	100-1000	35	90-140	20-40	90-140
mr-I T-85	300-5000	85	130-150	5-20	60-80
SIPOL	60-200	63	120		30-50

⁴ Microresist Technologies, mr-I 7000 and 8000, Product data

⁵ Microresist Technologies, mr-I 9000M, Product data



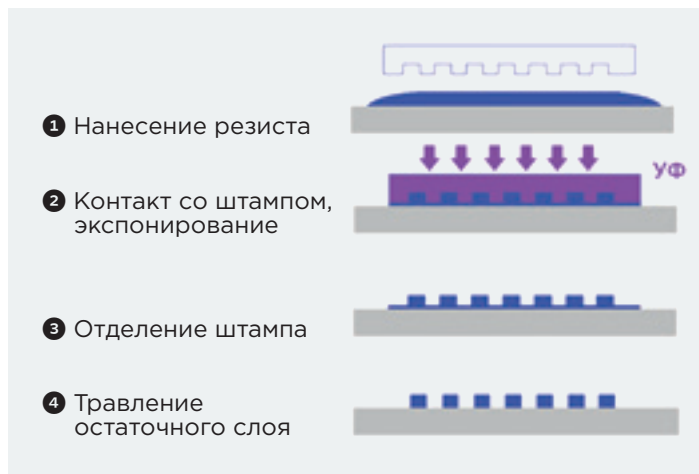
3

Снижение силы извлечения штампа после модификации резистов mr-I 7000 (Microresist Technologies) фторсодержащей присадкой

Резист SIPOL был разработан для применений, где требуется высокая устойчивость при плазменном травлении, например при формировании рельефа в пластинах сапфира перед эпитаксией слоёв для светодиодов высокой яркости (patterned sapphire structures – PSS)⁷. Для достижения столь высокой устойчивости к плазме, в состав материала включены кремний-органические соединения. Это вызывает сложности при снятии такого резиста, поэтому для переноса изображения в подложку рекомендуется использовать промежуточный слой.

Ультрафиолетовая наноимпринтная литография

Технологический процесс НИЛ с использованием УФ отверждаемых полимеров отличается от вышеописанного отсутствием процессов нагрева-охлаждения, а также специфическим оборудованием для печати (рис. 4). Здесь вместо прессы с нагревом используется пресс с источником УФ-излучения и прозрачный штамп. Усилия вдавливания штампа УФ НИЛ намного ниже, чем в термической НИЛ. Для проведения процесса может применяться обычная установка контактной литографии в режиме жёсткого контакта маски и подложки, снабжённая



4

Процесс УФ наноимпринтной литографии

специальной оснасткой. В таком случае все требования к равномерности приложения давления и засветки удовлетворяются автоматически при наличии качественного штампа и откалиброванной УФ-лампы.

Как и в случае термической НИЛ рассмотрим в качестве примера продукты фирмы Microresist Technology (1, 2).

Резист mr-NIL210 разработан для решения задач, где требуется высокая устойчивость к плазменному травлению. При травлении сапфира он демонстрирует меньшую скорость травления по сравнению с часто используемым для этих целей фоторезистом Microposit SPR 955⁸. Пример использования mr-NIL210 представлен на рис. 5.

Главная особенность mr-UVCur21 – высокая чувствительность к УФ, что позволяет увеличивать производительность⁹. mr-UVCur21 имеет в своём составе фторированный полимер, что уменьшает адгезию штампа и позволяет увеличить количество бездефектных отпечатков до очистки штампа¹⁰.

Резист mr-UVCur26SF не содержит растворителя, обладает низкой вязкостью (15 мПа*с), что позволяет наносить его на подложку различными методами: центрифугированием, дозированием или струйной печатью (рис. 6). Этот материал был разработан для НИЛ на подложках большого размера.

Т 2

Материалы для ультрафиолетовой наноимпринтной литографии производства Microresist Technology

РЕЗИСТ	ТОЛЩИНА, НМ	ДАВЛЕНИЕ ПРИ ПЕЧАТИ, БАР	ДЛИНА ВОЛНЫ ЭКСПОНИРОВАНИЯ, НМ	ДОЗА ЭКСПОНИРОВАНИЯ, МДЖ/СМ²
mr-NIL210	100-500	>0,1	320-420	1000
mr-UVCur21	100-1600	>0,1	320-420	?
mr-XNIL26	100-4800	0,1-10	320-420	>220
mr-UVCur26SF		>0,1	320-420	>500

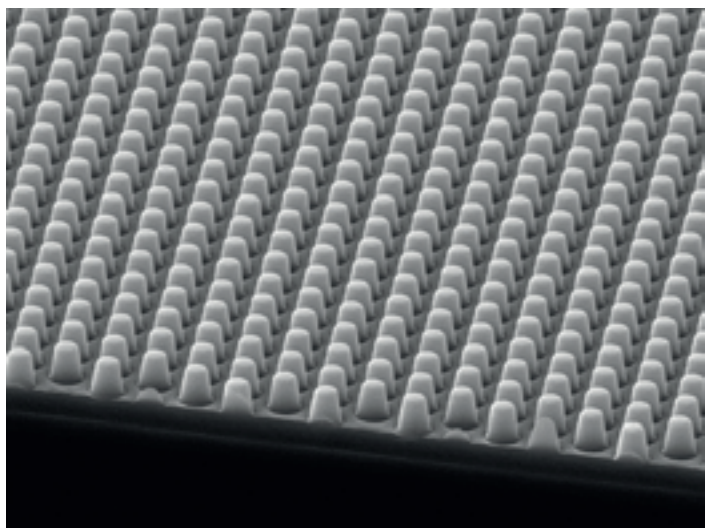
⁶ Microresist Technologies, mr-I T-85, Product data

⁷ Microresist Technologies, SIPOL, Product data

⁸ Microresist Technologies, mr-NIL210, Product data

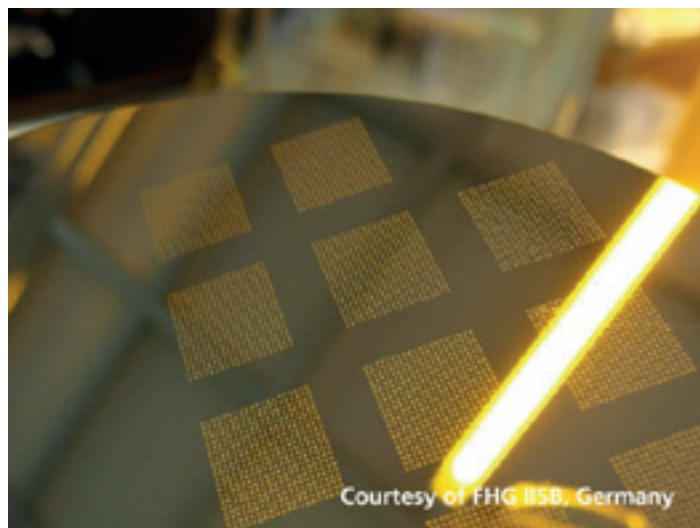
⁹ Microresist Technologies, UVCur21, Product data

¹⁰ Microresist Technologies, mr-UVCur26SF, Product data



5

Столбики диаметром 100 нм, сформированные в резисте mr-NIL210 производства Microresit Technologies



6

Квадраты, полученные с помощью струйной печати резистом mr-UVCur26SF (Microresit Technologies), предназначенные для дальнейшей НИЛ на стекле

Заключение

Долгое время единственным методом массового производства низкоразмерных структур являлась оптическая литография. Но с уменьшением размеров этих структур до десятков нанометров оборудование для литографии стало очень сложным и, как следствие, дорогим. Одним из альтернативных методов по отношению к оптической литографии стала наноимпринтная. Существуют два основных метода такого технологического процесса: термическая НИЛ и УФ НИЛ. Для каждого из них применяется своё специфическое оборудование и материалы.

Преимущества наноимпринтной литографии:

- низкая стоимость оборудования;
- простота процесса;
- возможность достижения низких топологических норм (менее 30 нм);
- высокая производительность.

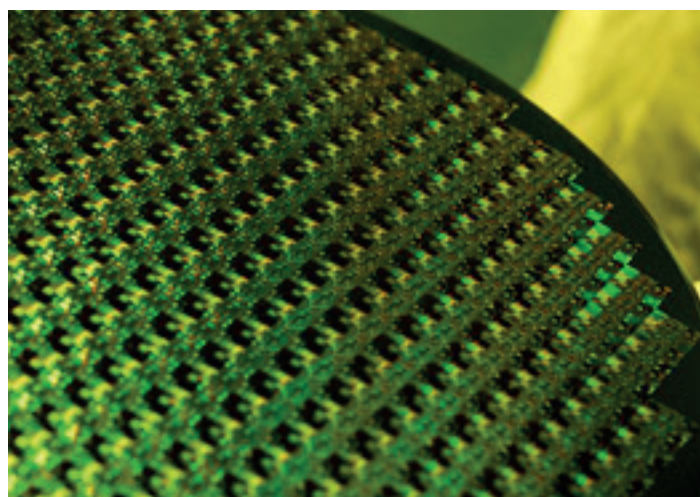
Недостатки наноимпринтной литографии:

- сложность совмещения штампа с нижележащим слоем;
- высокие требования, предъявляемые к качеству штампа;
- необходимость частого обслуживания штампа.

Перечисленные недостатки в настоящий момент решаются ведущими научно-исследовательскими и промышленными организациями, уже была продемонстрирована возможность промышленного применения НИЛ. На рис. 7 представлена фотография пластины, топология на которой была сформирована с помощью пошаговой НИЛ каждого кристалла.

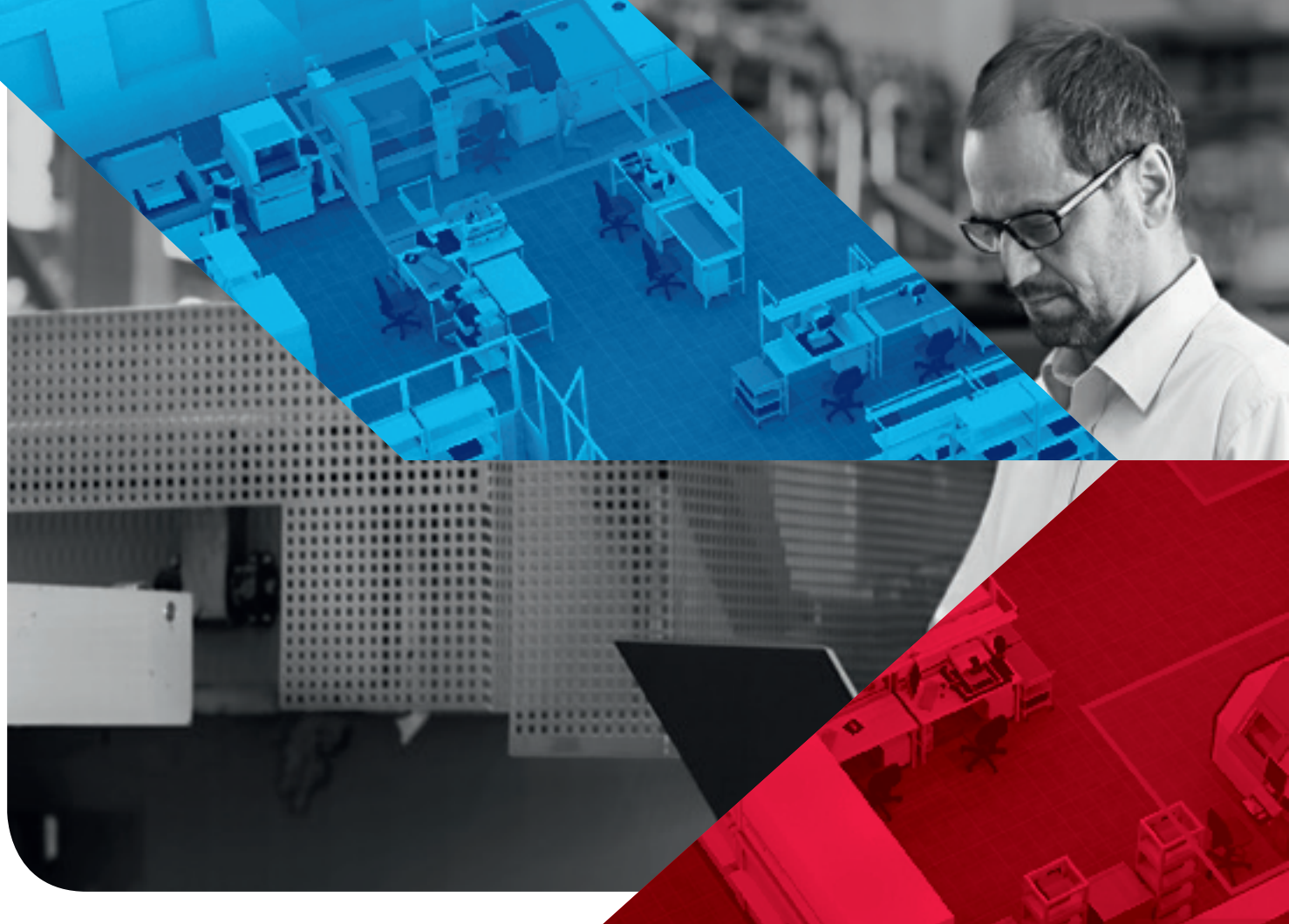
Большой потенциал НИЛ подтверждается также активной разработкой коммерческих материалов для данного процесса. Одним из лидеров в их создании является компания Microresit Technologies, продукты которой были рассмотрены в данной статье.

Группа компаний Остек тесно взаимодействует с производителями оборудования и материалов для описанного процесса. При необходимости специалисты компании могут оказать технологическую поддержку при освоении нового для отечественных предприятий процесса НИЛ, совместно с производителями материалов и оборудования провести исследования и тесты. 



7

Фрагмент пластины диаметром 200 мм с топологией, полученной методом наноимпринтной литографии



Новый язык управления производством

LOGOS

Цифровая
система
управления



Система LOGOS разработана специалистами Группы компаний Остек для управления производственными процессами на современных российских предприятиях. Система открывает новые возможности по сбору и обработке информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

Протестируйте систему бесплатно!*

Преимущества системы

- исчерпывающая и объективная картина производства для руководителя предприятия;
- прозрачность производственных процессов на всех уровнях;
- прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу;
- оперативное и перспективное планирование на основе точных данных;
- диагностика и предупреждение отклонений по качеству, срокам и эффективности;
- сокращение издержек за счет оптимизации ресурсов и снижения доли незавершенного производства.

* Для получения бесплатной 30-дневной полнофункциональной версии системы обращайтесь по тел.: (495) 788-44-44.



будущее
создается

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



КАЧЕСТВО

Верификация закупленной продукции.

Организация проведения и методы контроля



Текст: Андрей Насонов

”

Заголовок этой статьи – ничто иное как название межгосударственного стандарта ГОСТ 24297-2013. Он введен в действие с 01.01.2014 взамен ГОСТ 24297-87, который назывался «Входной контроль продукции. Основные положения». Казалось бы, раз есть стандарт, то проблем с организацией входного контроля быть не должно. К сожалению, это совсем не так. На восьми страницах этого документа по сути очерчены основные рамки процесса и более-менее предметно определены формы результирующих документов. Что же касается основного вопроса – что и как проверять, есть недвусмысленное указание: «5.13 Решение о необходимости введения, ужесточения, ослабления или отмены верификации закупленной продукции принимает потребитель на основании особенности, характера и назначения продукции или результатов верификации данной или аналогичной продукции за прошедший период времени, или результатов использования готовой продукции у потребителя».

Все просто, когда есть однозначное требование заказчика, например: «Для электрорадиоизделий с индексом «ОС» обязателен сплошной входной контроль». Если же свобода выбора остается, то появляется соблазн минимизировать затраты на входной контроль. Ну в самом деле, зачем проверять все компоненты заранее? Все равно собранное изделие будет подвергнуто проверке на соответствие ТУ, там все и выяснится.

Говорить про порочность такого подхода подробно наверное не стоит. Достаточно того, что изделие вполне может пройти все проверки и испытания, имея в своем составе как откровенно контрафактные компоненты, так и компоненты просто не того номинала. То есть изделие не соответствует КД, а ведь это основной критерий его качества.

Тут надо понять, какой смысл вкладывается в понятие «верификация». Это не только проверка компонентов на соответствие по техническим характеристикам. Довольно часто достоверно это сделать просто невозможно. Конечно, можно проверить какую-то микросхему на функционирование и некоторые характеристики. Но такая проверка позволит выявить откровенный брак и при этом не определит контрафакт, так как значительная доля контрафактных изделий часто соответствует заявленным характеристикам оригинала. Только вот параметры надежности никто гарантировать не сможет. Таким образом, одна из основных задач при организации входного контроля – найти способы подтверждения подлинности происхождения компонентов. Тогда в полной мере можно рассчитывать на систему качества предприятия-производителя. Но сделать это непросто. Безусловно, надо проверять сопроводительную документацию и контролировать внешний вид, хотя поддельные документы могут быть весьма высокого качества, а внешний вид не отличаться от оригинала. Для микросхем наилучший результат достигается при использовании технологии распознавания контрафакта по не-

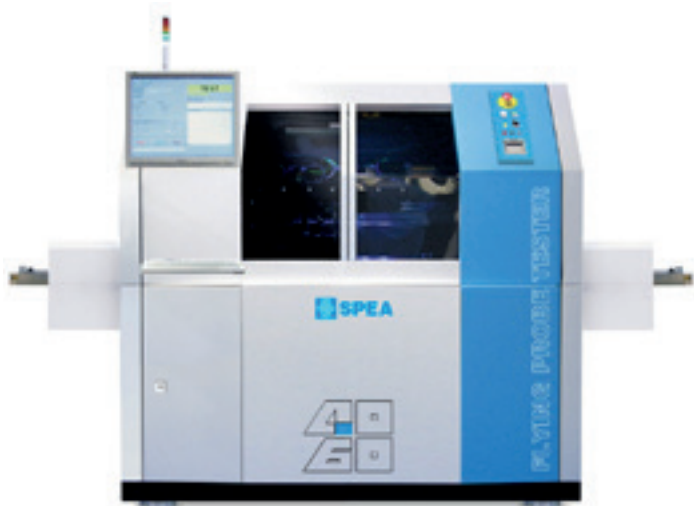
документированным параметрам, применяя тестеры с летающими пробниками семейства SPEA40XX (рис. 1). Однако это оборудование весьма недешево, а более бюджетные варианты не располагают такими возможностями. Но данное оборудование в России работает и, разумеется, там, где оно есть, надо его использовать.

Конечно, и более простые проверки имеют смысл, если они верно организованы. Прежде всего, это обоснованные методики и правильно организованные рабочие места. Большое значение имеет наличие специализированных адаптерных устройств. Должна быть уверенность, что не будут внесены дополнительные погрешности при измерениях и не произойдет повреждение компонентов.

Тут на первое место выходит проблема, порожденная технологией производства современных изделий электронной техники. В основном это поверхностный монтаж, т.е. соответствующие компоненты в ленте и автоматы-установщики, которые рассчитаны на использование элементов в технологической упаковке. Распаковывать, проверять и упаковывать снова в принципе возможно, но дорого, и возникает значительный риск повреждения. Вот тут и надо принимать решение индивидуально по каждому компоненту, исходя из всех обстоятельств, как предписывает стандарт. Но уж выборочный контроль проводить надо обязательно.

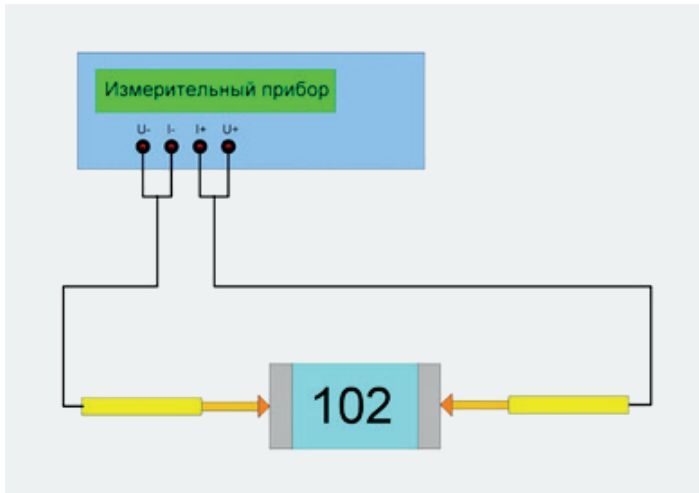
Предположим, что принято решение делать входной контроль танталовых SMD-конденсаторов. Первый вопрос: какие параметры будем проверять? Очевидно, что надо мерить емкость, раз это конденсаторы, и так как решение о входном контроле принято в связи с частыми случаями их пробоя, то первое, что приходит в голову – это проверка на способность выдержать номинальное напряжение. И если этим ограничиться, то эффективность такого контроля будет незначительной. Основной характеристикой качества электролитического конденсатора является величина эквивалентного последовательного сопротивления (ЭПС) или на английский манер Equivalent Series Resistance (ESR). Именно повышенное значение ESR часто приводит к неудовлетворительным характеристикам устройства и является причиной выхода из строя в процессе эксплуатации самого конденсатора. И хотя практически все измерители RCL способны мерить ESR, совсем не факт, что это у вас получится. Тут на первый план выходит проблема адаптеров. Дело в том, что практические значения ESR лежат в области десятых и сотых долей Ома и, соответственно, могут быть измерены корректно только при использовании Кельвиновского четырехпроводного подключения. То же самое требуется и при точных измерениях номиналов резисторов, а также в других задачах.

Строго говоря, возможны три варианта, представленные на рис. 2, 3 и 4.



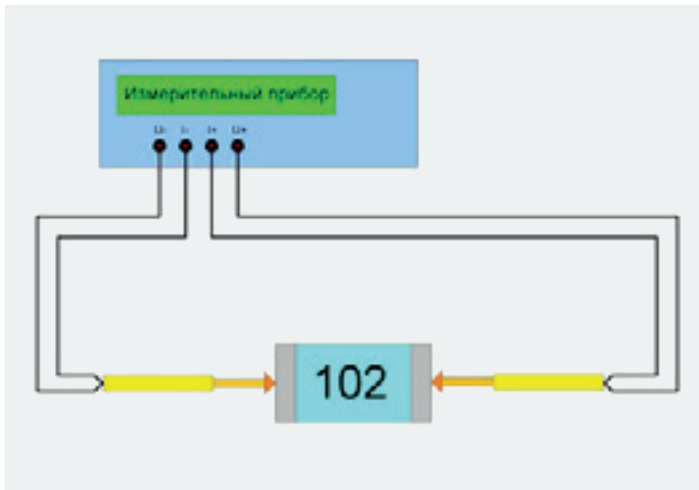
1

Тестер с летающими пробниками SPEA4060



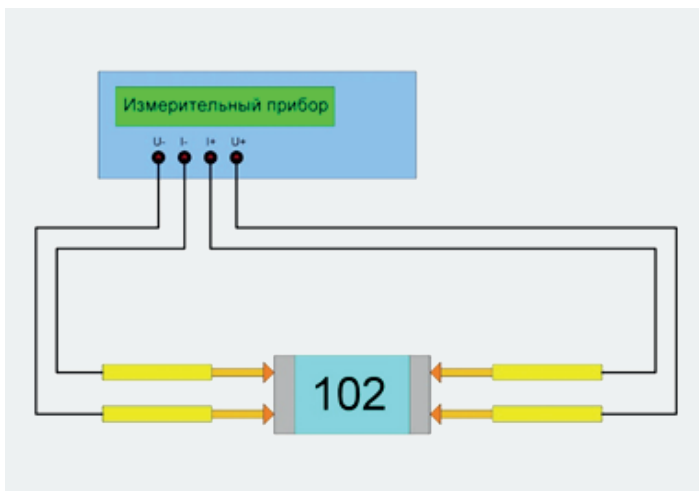
2

Двухпроводное подключение. Присутствует погрешность измерения, обусловленная сопротивлением проводов и сопротивлением двух контактов пробник-компонент



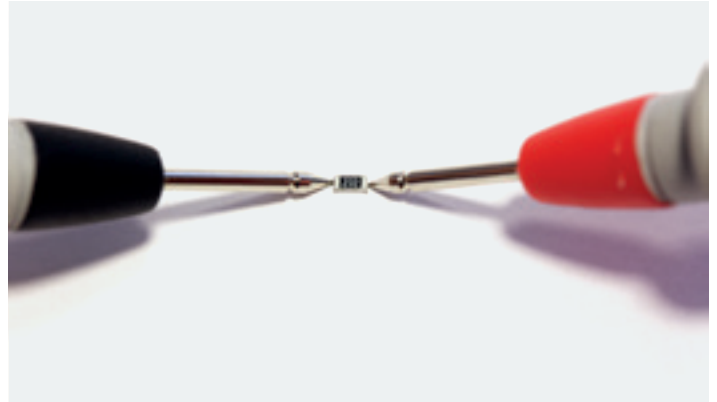
3

Двухпроводное подключение (псевдоКельвин). Присутствует погрешность измерения, обусловленная сопротивлением двух контактов пробник-компонент. Сопротивление проводов скомпенсировано



4

Четырехпроводное подключение (Кельвин). Отсутствуют все погрешности, связанные с контактированием



5

Как не надо делать

Уместно рассмотреть все возможные варианты контактирования с SMD-компонентами при тестировании. Первый способ абсолютно негодный, но часто используемый, проще говоря, – положить компонент на стол и зажать его между двумя щупами (рис. 5).

Главное достоинство этого способа в том, что не нужна никакая оснастка. Главный недостаток – полная бесполезность. Если в результате будет определено, что компонент неисправен, то претензию предъявить невозможно, так как вполне резонным будет возражение, что компонент был поврежден при проверке. Если будет принято решение, что все в порядке, то использовать компонент тоже нельзя, так как он подвергся недопустимым воздействиям, которые могли спровоцировать появление скрытых дефектов. Прикладываемое к компоненту усилие не нормировано. Это двухпроводное соединение с неизвестной величиной погрешности.

Конечно, есть более приемлемый вариант (рис. 6).



6

RLC-метр Smart Tweezers ST5S Colibri Pro



7

Адаптерные приспособления различных производителей

Принципиально он не отличается от предыдущего, им разве что удобнее пользоваться. Такое оборудование предназначено для эпизодического использования в ремонтных целях, но не для оснащения постоянного технологического процесса, каковым является входной контроль.

Второй способ – это попытка использовать на входном контроле приспособления из комплекта RCL-метров, предназначенные для работы с SMD-компонентами.

Все эти приспособления должны использоваться с конкретным RCL-метром и реализуют двухпроводное подключение в варианте псевдоКельвин. Они не нормированы по величине прикладываемого к компоненту механического усилия, так как никак не привязаны к конкретному типоразмеру. В результате при попытке установить компонент велика вероятность, что он просто улетит в сторону под действием прижимной пружины. То есть это устройства сугубо лабораторного назначения и использование их при входном контроле невозможно.

Так как входной контроль – это не эпизодическое исследование характеристик, а постоянная технологическая операция, то и выполняться она должна на специально организованных рабочих местах с использованием специализированного оборудования, которое в полной мере отвечает всем требованиям. Например, в состав типового рабочего места для входного контроля пассивных компонентов для поверхностного монтажа входят: средства измерения (RCL-метр, омметр, мегомметр и т. д.), средства манипулирования (например, вакуумный пинцет), инструкции и методики и, разумеется, адаптерные устройства. Причем они комплектуются индивидуально для каждого типоразмера компонентов и их может быть много – только танталовые конденсаторы широко используются в шести типах корпусов. Подключение четырехпроводное пробниками с нормированным усилием (рис. 8).

Принцип работы прост. Компонент вакуумным пинцетом устанавливается в адаптер и поворачивается рукоятка запорного механизма. Компонент сначала за-



8

Принцип контактирования в адаптере. Верхние запирающие крышки сняты

крывается подвижной крышкой, а затем прижимаются тестовые пробы. Такие адаптерные устройства производят для всех размеров корпусов SMD-компонентов. Изделия разработаны и производятся в России, импортных аналогов нет.

При контроле выводных компонентов лучше использовать специализированные адаптеры. В этом случае производительность труда и достоверность измерений будут значительно выше, чем при использовании универсальных крокодилов Кельвина из комплекта прибора.

Нельзя ошибаться и при выборе средств измерения. Например, имеется RCL-метр, который обладает высокой точностью измерения величины сопротивления. Можно ли его использовать при контроле постоянных резисторов? Нельзя по одной причине – ТУ на резисторы предусматривают контроль их сопротивления на постоянном токе, а у всех RCL-метров измерения производятся на переменном. И дело тут не в различных показаниях прибора. Они-то как раз могут совпадать. Но результаты такого входного контроля в случае предъявления претензий поставщику приняты не будут.

Для нужд входного контроля лучше всего использовать не универсальные, а специализированные средства измерения, разумеется, если они существуют. Что имеется ввиду? Например, необходимо организовать входной контроль ферритовых колец. В ТУ на эти изделия существует методика, которая предусматривает следующую последовательность действий. На кольцо наматывается пробная катушка обычно 10 витков. Затем производится измерение ее индуктивности и по формуле, учитывающей размеры кольца, рассчитывается величина начальной магнитной проницаемости. И это весьма значительная трудоемкость процесса. А можно использовать специализированный прибор Ш1-23. Кольцо надо надеть на стержень магнитного датчика и считать значение начальной магнитной проницаемости с экрана. Ш1-23 это также российское изделие, не имеющее иностранных аналогов (рис. 9).

Часто возникает необходимость оценить характеристики температурной стабильности компонентов ТКЕ-конденсаторов и ТКС-резисторов. Это можно сде-



9

Измеритель параметров ферромагнитных сердечников тороидальной формы типа Ш1-23 ЛДПА.411174.001ТУ

лать, поместив адаптерное устройство для компонентов в термокамеру вместе с компонентом, и произвести измерения при различных температурах и рассчитать значения ТКЕ или ТКС. Адаптеры, представленные на рис. 10, могут работать в диапазоне температур от -50 до +70 градусов, а Кельвиновское подключение позволяет иметь большую длину связи до измерителя. Однако этот процесс трудоемкий и требует значительного времени. В то же время разработаны устройства, в которых компонент устанавливается в аналогичный адаптер, где подвергается температурным воздействиям, и напрямую индицируются значения параметров. Например, «конденсатор 1015пФ ТКЕ группа М1500». В зависимости от задачи потребуется время от 2 до 6 минут, так как температурное воздействие будет оказываться не на весь адаптер, а только локально на компонент.

Понятно, что существует большое количество вариантов, которые возникают из необходимости осуществлять входной контроль различных компонентов. Контроль активных компонентов – это тема особого разговора, где имеет смысл рассматривать конкретные ситуации. Общие рекомендации тут мало интересны ввиду многообразия задач. И часто необходима разработка как специальных средств измерения, так и оснастки.

В целом же можно сформулировать основные пункты концепции организации входного контроля:

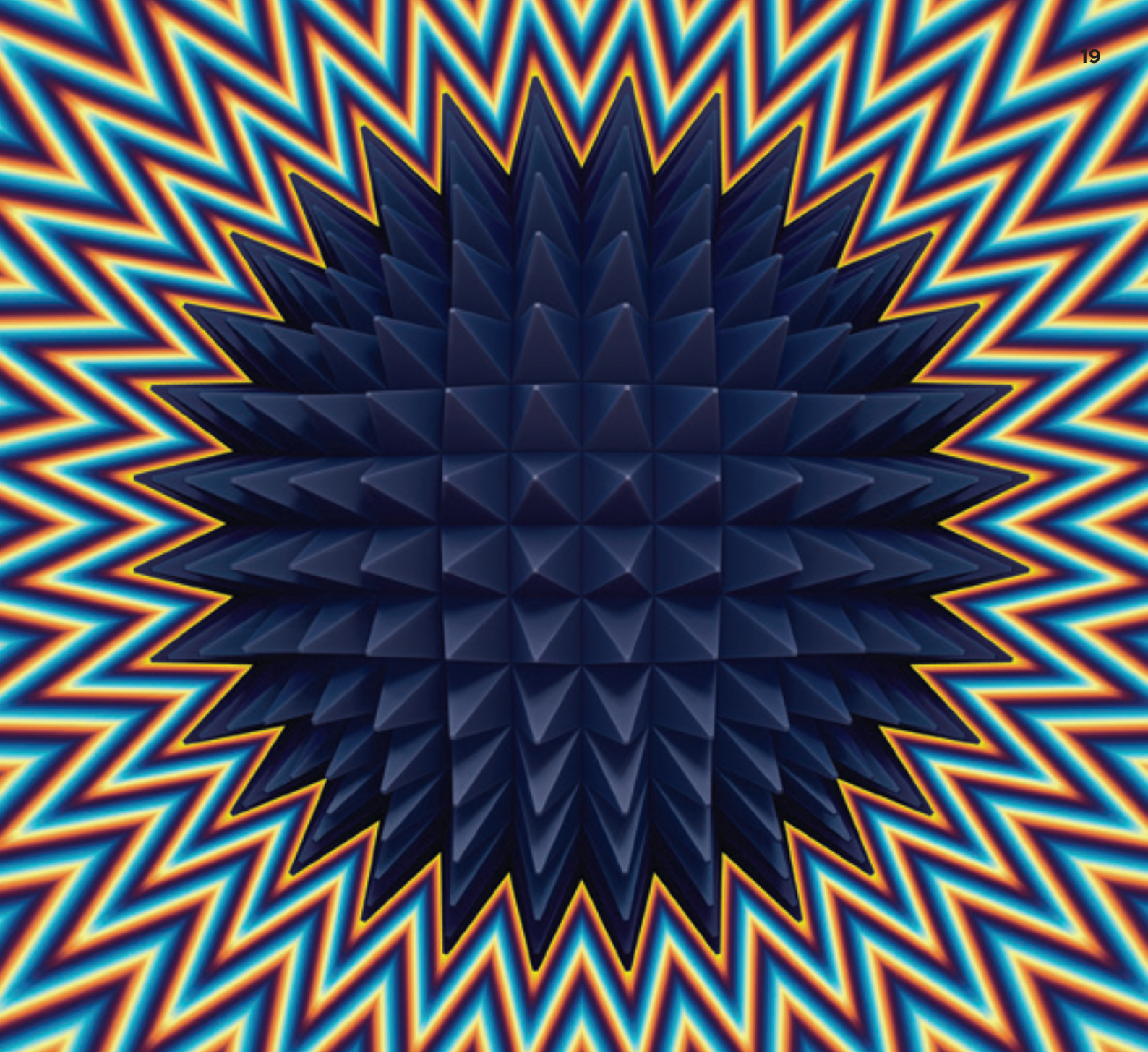
- Должны создаваться специализированные рабочие места.
- Верификации должны подвергаться все используемые комплектующие – возможно выборочно, возможно в составе изделия, но оценка должна быть.
- Обязательно необходимо подтвердить подлинность происхождения, то есть необходима проверка на контрафакт.
- Все проверки должны быть легитимны с точки зрения предъявления претензий.
- Используемая оснастка должна обеспечивать отсутствие вероятности повреждения компонентов при тестировании.
- Обязательно наличие утвержденных методик контроля и документов фиксации результатов теста.

Возможны два способа создания подобных рабочих мест. В первом случае предприятие занимается этим самостоятельно, приобретая необходимые приборы, оснастку и прочее. А можно заказать разработку и поставку специализированных рабочих мест у компаний, которые этим занимаются, например, у ООО «Остек-Электро» – большой опыт компании позволит выполнить работу более качественно и с меньшей стоимостью. ▢



10

Адаптерное устройство для компонентов 1206 ЛДПА.441532.008



Полное погружение в проект*

Спроектируем. Построим. Аттестуем.

Безэховые камеры и измерительные комплексы

- для измерения параметров антенн
- для испытания на ЭМС
- для акустических измерений
- для работы в полевых условиях



Роль авто- мати- зации в управлении качеством



Текст: Алексей Белоусов

”

Современные требования к эксплуатационным свойствам технических средств машино-, приборостроения и других отраслей промышленности подразумевают повышение требований к этим техническим средствам. Соответствие требованиям напрямую зависит от качества измерений, точности, объема и достоверности результатов, которые определяются уровнем их метрологического обеспечения. Метрологическое обеспечение включает в себя технические средства, системы обработки данных и нормативно-техническую базу. Пришедшие на помощь людям современные средства метрологического обеспечения позволили увеличить производительность и качество процессов измерений, а также улучшить взаимодействие в рамках процессов по управлению качеством для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Для достижения оптимального соотношения цена/качество очень важно обеспечить соответствие производимой продукции высоким требованиям потребителя. Если понятие «цена» не вызывает трудностей, то с понятием «качество» часто возникают затруднения. Во многих источниках данный термин определяется как «совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворить определенные потребности в соответствии с ее назначением». На формирование этих свойств оказывает влияние большое число факторов. Каждый производитель стремится максимально выявить причины, отрицательно влияющие на качество продукции, чтобы максимально снизить или вообще свести к нулю их влияние.

Рассмотрим подробнее эти факторы. Наибольшее влияние на производство оказывает так называемый человеческий фактор. Компетентность и психосоматическое состояние человека, занятого на производстве, во многом определяет уровень производительности труда и качество выпускаемой продукции. Вторым значимым фактором, влияющим на качество выпускаемой продукции, является механическая обработка. Ни одно современное производство не обходится без механического воздействия инструмента на заготовку. Эти два фактора поставили перед производителями оборудования для производств задачу максимально снизить влияние человеческого фактора за счет автоматизации ручного труда. В результате на предприятиях появились станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Однако с появлением ЧПУ возникла другая проблема: неправильное понимание целей данного внедрения. Если все необходимые параметры точности будут обеспечены узлами и агрегатами станка, то необходимости в метрологическом обеспечении нет. Это мнение в корне неверно. В процессе механической обработки при воздействии силы резания на деталь со стороны инструмента возникает деформация и последующий износ ответственных узлов станка. Это приводит к появлению и последующему росту уровня брака производимой продукции и убыткам на предприятии. Наличие систем компенсации износа и деформации ответственных узлов станка не решает проблему, потому что для корректной работы станка потребуется провести техническое обслуживание и замену ряда узлов. Замена узлов и агрегатов потребует проведения настройки станка для его корректной работы в дальнейшем. Именно своевременное оснащение производства современным и качественным метрологическим обеспечением позволит оценить качество настройки станка перед вводом в эксплуатацию, а также предвидеть и заблаговременно предотвращать появление брака. Это подтверждается опытом производственных компаний международного уровня, занимающихся механической обработкой и регулярно обновляющих задействованные в процессе производства средства метрологического обеспечения.

Нельзя забывать и о повышении уровня автоматизации и производительности проведения контрольно-измерительных операций при изготовлении продукции. В данном случае очень важно обеспечить повторяемость результатов измерений. Применение ручного инструмента напрямую влияет на качество проводимых контрольно-измерительных операций. Ручные средства измерений подразумевают стопроцентное участие человека, не говоря уже о неудобстве формирования отчетов, а любое неудобство отрицательно сказывается на качестве. Решение этой задачи требует от производителей средств метрологического обеспечения постоянного повышения уровня автоматизации устройств. Одновременно с этим возрастает потребность в улучшении точностных характеристик и создании возможностей интеграции в производственный процесс. Также требуется наличие в программном обеспечении возможности быстрого формирования отчетов с измерительной информацией и принятия решений о годности или негодности детали по измеряемым параметрам. Многие из поставщиков Группы компаний Остек уже частично или полностью реализовали перечисленные выше задачи, создав оборудование с минимальным влиянием человеческого фактора и повышением повторяемости результатов измерений. Не остались без внимания не менее важные вопросы удобства интерфейса программного обеспечения и унификации оборудования под самые широкие спектры задач. При этом производитель признает и удовлетворяет потребности заказчика в проектировании оснастки и разработки ПО под решение узкоспециализированных задач клиентов. Удачным примером выполнения ряда таких задач является модель портативного профилометра Surtronic S-100, который может использоваться в цеховых условиях с возможностью установки непосредственно на станок или цилиндрические поверхности (рис. 1).



1

Surtronic S-100 в процессе измерения шероховатости стальной трубы

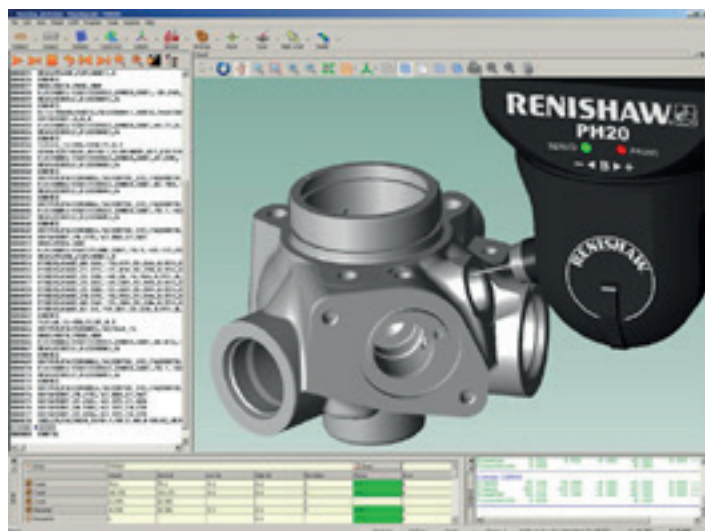
В процессе повышения уровня оптимизации рано или поздно возникает требование к «открытости» программного обеспечения к импорту файлов-моделей контролируемых деталей, созданных в системах автоматизированного проектирования (САПР). Это обусловлено желанием сократить время, которое оператор тратит на написание измерительной программы. Фактически «закрытость» программного обеспечения к импорту файлов САПР – это фактор, который только снижает производительность и эффективность работы измерительной системы и повышает вероятность ошибки оператора во время написания программы измерений.

Очень хорошим примером «открытости» является ПО «Modus» (рис. 2), которое идет в комплекте с измерительными системами Renishaw. Возможности данного пакета программ позволяют импортировать 3D-модели, созданные в программе SolidWorks и ряде других CAD-систем. Также этот производитель предлагает широкий ассортимент измерительных щуповых систем, который полностью удовлетворяет запросы клиентов по измерениям линейно-угловых величин, включая шероховатость.

Поэтому заказчики все чаще отдают предпочтение оборудованию, программное обеспечение которого в той или иной степени имеет:

- простой интерфейс пользователя;
- открытость для импорта CAD-моделей для написания программ;
- отсутствие ограничений по срокам действия лицензии;
- доступность программных модулей для реализации узкоспециализированных задач;
- простоту процедуры калибровки.

Последнее свойство особенно актуально на современном этапе развития измерительных систем, потому что их конструкция предусматривает замену измерительных наконечников на другие для качественной реализации задачи по измерению и контролю.



2

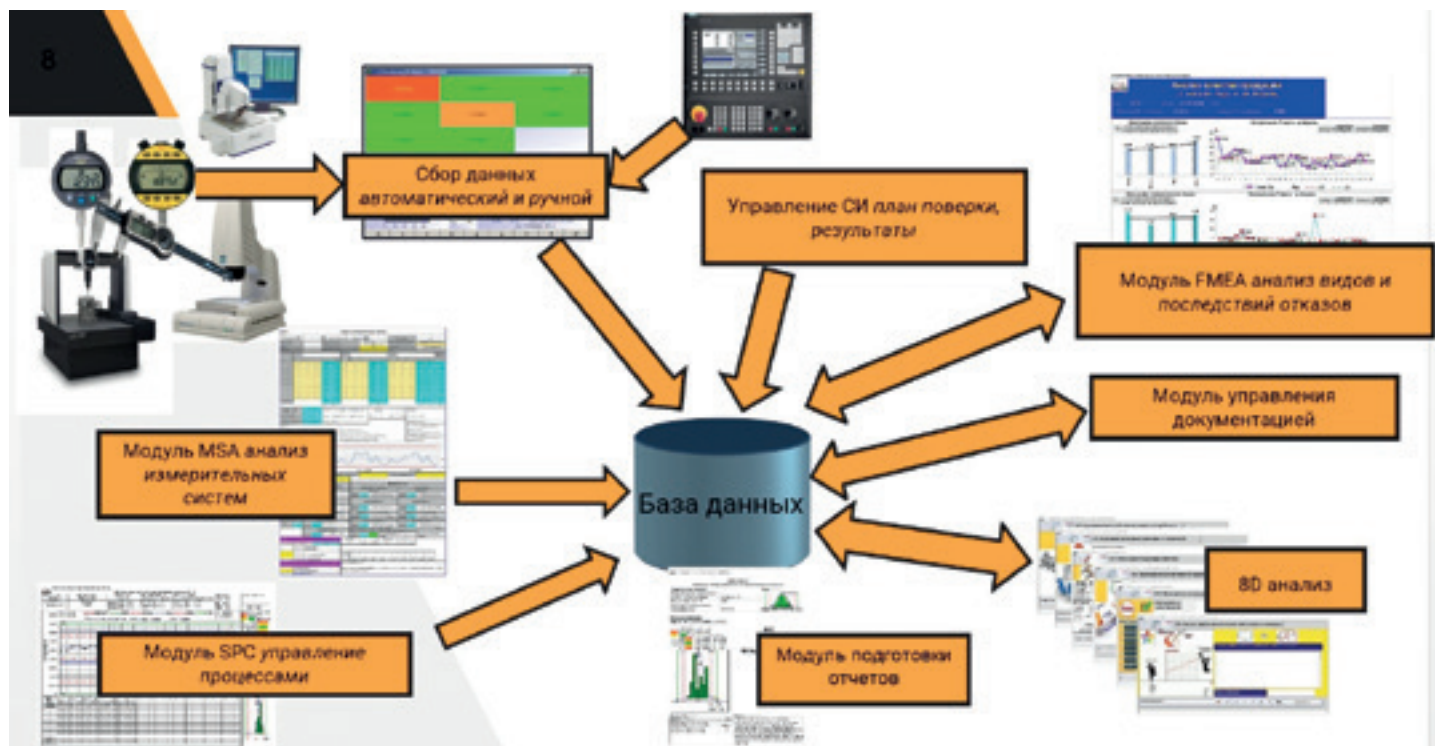
Программное обеспечение «Modus»

Мы рассмотрели возможности, позволяющие снизить отрицательное влияние человеческого фактора на производство и процессы измерений и контроля и повысить их качество и производительность. Однако не стоит забывать, что автоматизация и уход от ручного труда в процессе производства – это только одно из мероприятий по повышению качества выпускаемой продукции. Актуальной задачей является сбор, анализ и обработка статистической информации с различных участков производства. При отсутствии ведения такой статистики резко снижается полезность интеграции автоматизированных средств измерений и контроля в процессы изготовления продукции. Как уже было сказано выше, каждый поставщик стремится к увеличению прибыли и сохранению своей репутации надежного партнера. Возможность сбора и анализа статистических данных с измерительной информацией очень важна для предвидения и недопущения появления брака или его оперативного устранения после выявления причин появления.

Для решения этой задачи сотрудниками компаний-партнеров ГК Остек был создан программный продукт, который не только отвечает условиям задачи по сбору данных, формированию отчетов, но и предлагает варианты разработки планов мероприятий по значительному сокращению брака, их применению и контролю выполнения с последующей архивацией.

Данная программа позволяет максимально контролировать не только процессы непосредственного производства и контроля, но и средства измерений, предоставляя о них полную информацию с характеристиками и сроками обслуживания, калибровки и поверки (рис. 3). Своевременное отображение данной информации позволяет использовать только надежные средства измерений и контроля и избегать непредвиденных расходов и затрат на обслуживание измерительного оборудования. Еще одним достоинством продукта является удобство интеграции в систему отчетности предприятия за счет широкого спектра настроек программных модулей. Одновременно с этим сохраняется конфиденциальность и независимость от марок и моделей средств измерений, используемых на предприятии, а также её полное соответствие требованиям стандартов системы менеджмента качества. Данный программный продукт полностью совместим с ПО средств метрологического обеспечения от различных производителей, в т.ч. с ПО «Modus».

Современная глобализация и экономические реалии делают невыгодным для большинства производителей содержание полных циклов и нескольких типов производств, заставляя отдавать изготовление ряда комплектующих в сторонние организации. Таким образом становится актуальной задача входного контроля. Доступность, качество поставляемого ГК Остек измерительного оборудования и совместимость пакетов его программного обеспечения между собой позволяют эффективно решать такие задачи.



3

Схема работы программного пакета

Внедрение автоматизированного метрологического обеспечения в процессы производства позволило снизить требования к количеству персонала, уменьшить влияние человеческого фактора, повысить качество и производительность труда. Очевидно, что снижение требований к количеству персонала привело к увеличению требований к качеству его подготовки. Ресурсы ГК Остек позволяют провести вводный инструктаж и обучение специалистов предприятий по работе с обо-

рудованием в необходимом объеме для повышения качества их подготовки.

Чтобы оставаться конкурентоспособной эффективной компанией, необходимо обладать знанием и умением пользоваться современным автоматизированным метрологическим обеспечением. Это позволит создавать продукцию, которая выдержит сильную конкуренцию и будет обладать наиболее приемлемым соотношением цена/качество для потребителя и производителя. \

Специалисты Группы компаний Остек готовы оказать техническую помощь по всем вопросам, связанным с поиском, приобретением и сервисной поддержкой оборудования под самые широкие спектры метрологических задач.

«Комбинация» CERT – форсаж отказов В ПОЛЯХ ИСПЫТАНИЙ

Текст: Анатолий Лютов
Иван Суходольский

”

«Мы привыкли к тому, что с каждым годом вещи становятся лучше: каждый год мы покупаем телефон лучше, чем предыдущий, лучший ноутбук. Мы ждем, что новая модель автомобиля будет лучше, чем прошлогодняя. Но в космосе это не работает: надежность и стоимость — фундаментальные параметры транспорта — не улучшились».

Илон Маск, основатель и владелец SpaceX;
главный разработчик и глава совета директоров
Tesla Inc.

На горизонте 5-10 лет человечество живет ускоренными темпами: для нас стало привычным отфильтровывать информацию, полученную через интернет; мы готовимся к Индустрии 4.0; космический туризм, электрокары и сверхзвуковой транспорт уже не кажутся вымышленным миром из произведений Азимова.

Все изобретения человечества перед выходом в свет должны проходить жесточайшую проверку и временем, и испытаниями. Надежность и безопасность выпускаемых изделий является основополагающим критерием отбора до начала его серийного выпуска.

Что такое CERT

Большинство отказов оборудования при эксплуатации является результатом воздействия окружающей среды на внутренние характеристики продукта. Быстро и дешево обнаружить такое воздействие – это огромная проблема. Один из способов решения такой задачи – проведение комбинированных ускоренных испытаний (CERT – combined environment reliability test). При проведении данного теста условия окружающей среды для использования продукта и его характеристики рассматриваются заранее, при этом выдвигаются гипотезы возможных отказов. Вероятность отказа после первого рассмотрения значительно снижается.

Испытания на внешние воздействующие факторы (ВВФ) зависят от следующих параметров: диапазон, количество, скорость изменения воздействующего фактора и количество циклов воздействия. При независимых ускоренных испытаниях, увеличивая сложность тестирования, можно ускорить ход испытания от 3 до 5 раз. При CERT-испытаниях два или более окружающих фактора объединяются для ускорения каждого из них в 3-5 раз, производя итоговое ускорение десятки или сотни

раз. Сочетание внешних воздействующих факторов не только ускоряет поиск отказов по каждому из факторов, но и позволяет найти совершенно новые причины отказа оборудования.

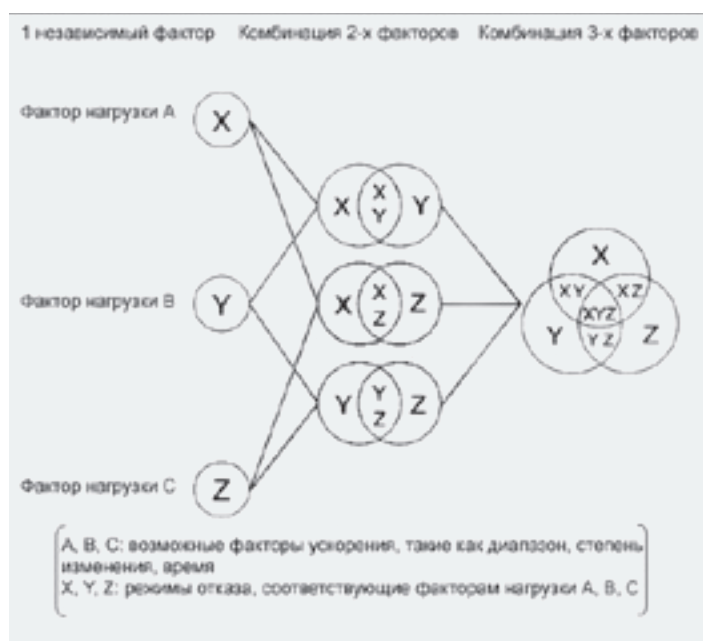
На рис. 1 показаны типы отказов, полученные путем сочетания различных воздействующих факторов. В реальных условиях результаты испытаний не так просты, как они представлены на рисунке, но можно увидеть, что X, Y и Z соответствуют независимым внешним факторам A, B, и C при поочередном воздействии. Сочетание двух внешних факторов создает новые типы отказов XY, XZ и YZ, сочетание которых создает дополнительный вид XYZ. Комбинированная среда ABC воссоздает наиболее реальные условия, чем это делают независимые среды. CERT-испытания помогут достичь высоких результатов путем прогнозирования режимов отказа и проведения испытаний в соответствии с механизмами отказа.

CERT-испытания проводят для достижения следующих целей:

- Создание среды максимально точно обеспечивающей воспроизведение условий внешних воздействий, которым продукт подвергается в течение своего жизненного цикла для последующего измерения и/или разработки, для повышения надежности при этих условиях нагружения.
- Поиск истинного соотношения между надежностью при проведении испытаний и надежностью при эксплуатации изделия.
- Разработка программ испытаний, позволяющих реализовать ускоренные испытания при более высоких нагрузках, чем при эксплуатации, сокращение времени тестирования при объединении факторов.
- Разработка условий, при которых реализуется эксплуатация продукта в реальных условиях, и оценка внешних воздействующих факторов, влияющих на продукт.
- Возможность воспроизведения комбинированных режимов, при которых возникает отказ изделия, вызванный сочетанием стресс-факторов. Упреждающие мероприятия по исправлению дефектов.

Текущие CERT-испытания позволяют независимо и/или одновременно тестировать стресс-факторы A, B, C, D и E и воспроизводить комбинированное воздействие этих факторов в соответствии с реальными условиями.

В настоящее время у ESPEC (TABAI) нет оборудования, которое может воспроизводить одновременное воздействие всех пяти факторов ABCDE. Большинство единиц оборудования воспроизводит только воздействие факторов ABCD и ABCE (взяв за основу ABC и добавляя воздействие высоты или солнечных лучей). Основные направления в тестировании: ABCDE – для космической техники, ABCD – для авиационной и космической тех-





2

Термовлагодбарокамера Espec

ники, АВСЕ – для автомобилей, сотовых и портативного оборудования.

На рис. 2 представлена камера ESPEC для комбинированных испытаний на надежность при воздействии окружающей среды.

Противники проведения подобных тестов дают ссылки на отсутствие в ГОСТах и нормативной документации требований по проведению комбинированных испытаний на температуру, влажность и вибрацию – это основной козырь в руках производителей изделий. «Зачем тратить деньги на дорогие методы испытаний, если у меня серийное изделие для авиакосмической промышленности, которое всю жизнь не сбило?»

Обратимся еще раз к механизму отказа: одиночный внешний воздействующий фактор может не вскрыть возникающий дефект, поскольку природа его возникновения заключена в реальных условиях воздействий на изделие.

А что же будет делать производитель при разработке и модернизации прорывных изделий и технологий? Важно понимать, что при разработке ноу-хау или модернизации ответственных изделий и узлов необходимо проводить комбинированные испытания, чтобы при запуске пилотной партии или при производстве опытного образца можно было исправить и устранить дефекты, которые возникли при разработке.

Рассмотрим типовые случаи, с которыми сталкиваются при проведении испытаний таких изделий.

Кейс #1

Законодатель технологических новинок в области электрокаров компания Tesla Motors быстрыми темпами из года в год выводит новые модели на рынок, занимая лидирующее положение в автоиндустрии в сегменте электрокаров (рис. 3). Возможно ли вывести концептуально новую модель автомобиля за один год? Насколько реально провести ускоренные испытания изделий, не теряя при этом в надежности и безопасности?



3

Электрокар Tesla Model S

Испытания новых автомобилей проходят как на полигонах, так и в испытательных центрах. В реальных условиях происходит воздействие следующих факторов:

- холод (температура);
- влажность;
- имитация движения и ударов (вибрация);
- солнце (солнечное воздействие);
- горная высота (давление).

На ландшафте и в условиях горного рельефа все пять факторов совместить можно, для этого и проводят полевые финальные испытания. Как быть, когда нужно определить воздействие этих же факторов на отдельные узлы и изделия?

Кейс #2

Ударостойкие мобильные телефоны как и спецтехника работают в экстремальных условиях. Для таких моделей проводят многофакторные испытания на следующие ВВФ:

- соль;
- пыль;
- вибрация и удар;
- тепло и холод;
- высотные испытания;



4

Мобильный телефон

- дождевание (IP-классы, включая погружение);
- растяжение-сжатие, кручение.

Пренебрежение всего одним из этих факторов может сослужить плохую службу производителю. Что подразумевается под этим? Аппарат (рис. 4), не прошедший испытания на дождевание, рискует сломаться, если вы попали под дождь. Дефекты аккумуляторов телефонов при производстве могут быть не обнаружены, если не проводились испытания на сжатие и кручение.

Рассмотрим более детально возможности CERT при испытаниях этих продуктов (рис. 5).

Как выявить сбои и зависят ли они от условий испытаний?

Даже в одном и том же продукте можно обнаружить большие различия в безотказности и надежности в зависимости от условий окружающей среды, производственных условий и характеристик состава продукта.

Отказ может быть вызван такими факторами, как тепло, ток, напряжение, электрическое поле, которые сосредоточены в конкретных областях продукта, либо изменениями или прерываниями этих концентраций наряду с характеристиками (материалы, компоненты, производственные процессы и структура изделия), присущими процессам разработки и производства изделия. Этот сложный процесс, приводящий к отказу, означает, что необходимо изучить условия проведения испытаний с позиции характеристик продукта и составить соответствующий профиль CERT.

Тестовый профиль является специфическим для конкретного продукта. Поэтому если профиль испытаний не пересматривается при изменении продукта, сбой, вызванный неправильным применением методик, создает риск ошибочного результата еще на стадии проектирования, что и приводит к появлению совершенно неожиданных отказов в полевых условиях.

Значение CERT для защиты от неожиданного сбоя

При детальном исследовании становится понятно, что возникший неожиданный отказ был вполне предсказуемым, и его можно было предотвратить. Классифицируя отказы в соответствии с физико-химическими факторами, можно выделить 30 общих классификаций и 70 подклассификаций. Эти классификации давно известны и изучены многими специалистами, но некоторые разработчики до сих пор не знают о них и не учитывают при проектировании изделия.

Можно рассмотреть данные проблемы, используя эффекты CERT, разработать актуальный CERT-профиль и использовать его для защиты от поломок при эксплуатации изделий. Этот метод основан на анализе реальных отказов, который показывает, что довольно много серьезных проблем вызваны условиями, связанными

с комбинацией физико-химических факторов.

Разнообразные причины отказов включают в себя такие факторы, как: трение, расширение, сжатие, растяжение, испарение, конденсация, химические и физические реакции на свет, изменение механических напряжений, изменения коэффициента трения или изменения в интенсивности теплопередачи.

CERT с использованием температуры, влажности и вибрации

Рассмотрим самый популярный профиль проведения комбинированных испытаний: сочетание температуры, влажности и вибрации. Эти три фактора являются основными факторами окружающей среды, которые повсеместно распространены, и именно они составляют ядро факторов CERT. Исследования подтверждают, что 80% всех отказов при эксплуатации могут быть связаны с температурой (40%), влажностью (20%) и вибрацией (20%). Около 85% испытательного оборудования, производимого компанией ESPEC, уже могут проводить испытания на воздействие этих факторов – как комбинированно, так и по отдельности. Все остальные стресс-факторы – агрессивный газ, песок, пыль, снег, соленая вода, атмосферное давление, влияние солнечных лучей – дополняют базисное сочетание температуры, влажности и вибрации.

Комбинированные отказы, связанные с падением коэффициента трения

При использовании температурного удара с термоциклированием можно обнаружить ошибки, причиной которых является разница в качестве материала (коэффициент температурного расширения) и массы (теплоемкость), а также другие ошибки, такие как механический отказ или неисправность из-за изменений в электрических характеристиках. С другой стороны, при использовании CERT-профиля с температурой, влажностью, вибрацией и применением ускоренного режима поиска ошибок, можно обнаружить новые виды отказов, связанные с комбинированным воздействием всех факторов.

Механизм отказа

Когда продукт с различными коэффициентами теплового расширения изменяет свое состояние (расширяется и сжимается), при температурном цикле появляется отшелушивание и разрыхление изделия. В случае воздействия влажности влага проникает в трещины конечного продукта, а коэффициент трения падает в месте контактных зон. Применение вибрации в этот момент будет увеличивать общую реакцию на определенной частоте. Например, при переходе от сухого состояния к влажному реакция контактирующих поверхностей удваивается из-за снижения коэффициента трения. Таким образом,

путем многократного применения таких факторов как движение, поглощение, замораживания и резонанс, можно оценить новые виды отказов, возникающие за счет значительного ускорения режима независимого воздействующего фактора, а также мультипликативного эффекта при трехфакторном комбинировании.

Чтобы добиться высокой надежности и безопасности изделий рекомендуется проводить испытания, наиболее близкие к реальным. Скрытые дефекты изделий можно

обнаружить только при проведении комбинированных испытаний. Чем больше стресс-факторов воспроизведено в одном испытании, тем больше вероятность того, что все скрытые дефекты будут обнаружены. При разработке и выводе новых изделий на рынок появляется необходимость в комбинированных ускоренных испытаниях. Избегать их по причине высокой стоимости оборудования означает нанести материальный ущерб себе и своей деловой репутации. 

О том, как провести ускоренные комбинированные испытания быстро и без потери надежности и безопасности, как быстро выводить продукт на высокотехнологичный рынок и экономить существенные средства на гарантийных издержках, мы расскажем в следующей статье, посвященной комбинированным ускоренным испытаниям.

ОПТИМИЗАЦИЯ

Эволюция сборочно- монтажного производства. «Умная линия»



Текст: **Василий Афанасьев**

„

Знаете ли вы, что в большинстве случаев функциональные возможности сборочно-монтажного оборудования используются всего на 25-30 %, а срок его службы составляет на 10-15 % меньше расчетного? Что сократить количество простоев можно примерно на треть, просто сделав выводы после получения объективной картины о причинах их возникновения? Наверняка вы это знаете или догадываетесь об этом. А еще вы скорее всего думали о том, что если бы смогли выявить дефект на ранней стадии, то та партия бракованных плат никогда не сошла бы с вашей производственной линии.

В журнале «Вектор высоких технологий» № 2 (32) март 2017 мы уже затрагивали эти вопросы, подводя к теме «Умной линии». Настало время познакомиться с ней поближе.

Программно-аппаратный комплекс «Умная линия» предназначен для повышения общей эффективности сборочно-монтажного оборудования. Задача комплекса состоит в сборе информации, ее анализе, обработке и транслировании ответственному за принятие тех или иных решений персоналу.

«Умная линия» – это единственный на сегодняшний день производственный комплекс, включающий в себя лучшее в своем классе оборудование для нанесения паяльной пасты, установки компонентов, оплавления и автоматической оптической инспекции. Это оборудование, объединенное в общее информационное пространство для обмена данными и повышения эффективности работы с целью оперативного принятия решений и предоставления дополнительных элементов управления линией для персонала.

Мощнейшее аналитическое ядро «Умной линии» проводит непрерывный мониторинг параметров процесса в реальном времени и формирует наглядные отчеты по ключевым характеристикам производственного процесса: производительность, качество, простои, затраты, своевременность обслуживания и общая эффективность оборудования (OEE).

«Умная линия» – это собственная разработка ООО «Остек-СМТ», она является частью концепции «Цифровая фабрика», направленной на интеграцию инновационных решений в производство и создание в стране мощного и современного промышленного комплекса.

«Цифровая фабрика» помогает построить так называемую «цифровую модель производства», которая способствует принятию своевременных и эффективных управленческих решений на основе объективных данных, собираемых с производства, и позволяет обрабатывать информационные потоки предприятия с помощью экспертных аналитических систем и автоматизации.

Состав «Умной линии»

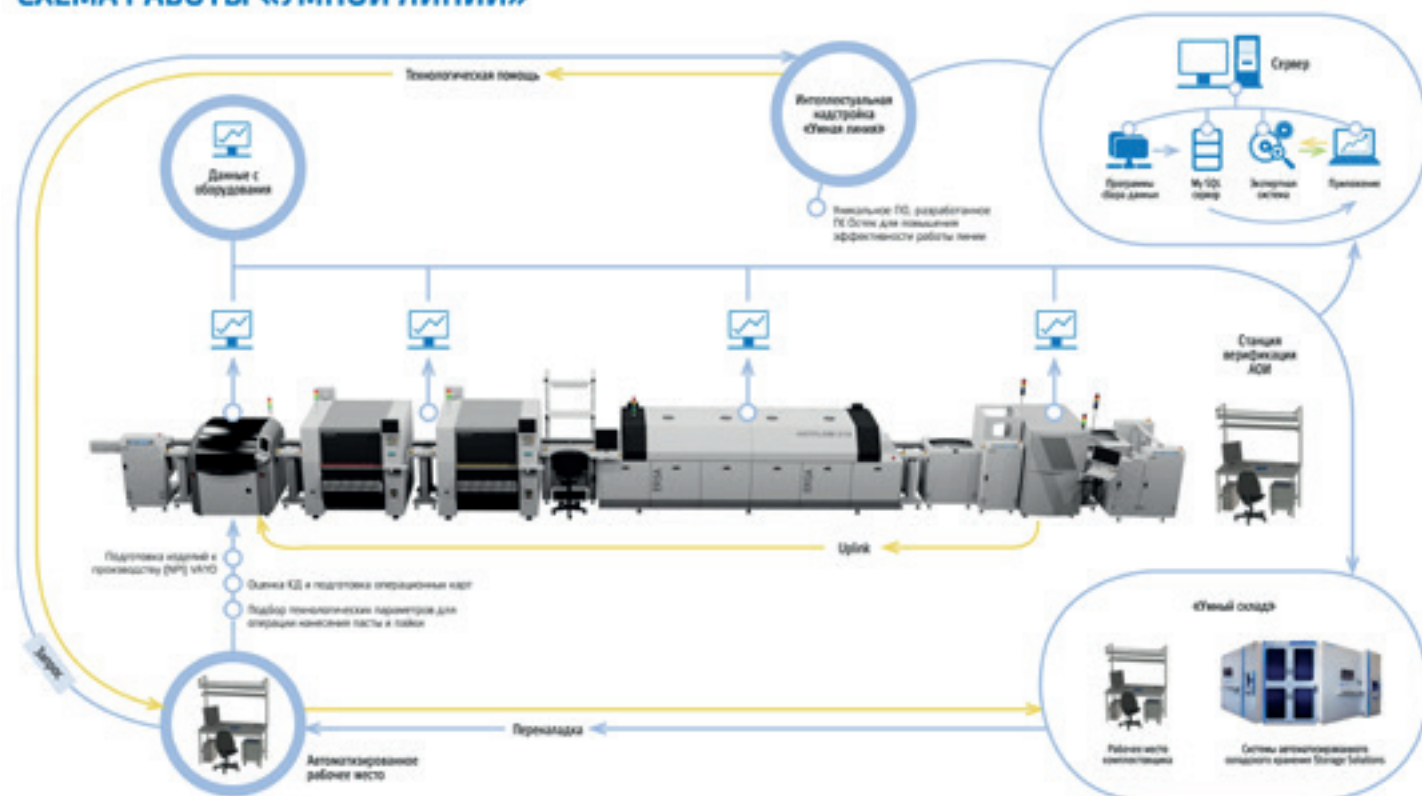
Программно-аппаратный комплекс «Умная линия» состоит из трех основных элементов:

- аналитическая система;
- информационная инфраструктура;
- сборочно-монтажное оборудование.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Основу «Умной линии» составляет аналитическая система. Она является надстройкой к сборочно-монтажному оборудованию и состоит из нескольких модулей, а именно: экспертной системы, в которой осуществляется необходимая аналитика, СУБД, программ сбора данных с оборудования и непосредственно приложения, при помощи которого осуществляется взаимодействие персонала с аналитической системой.

СХЕМА РАБОТЫ «УМНОЙ ЛИНИИ»



Интеллектуальная настройка разворачивается на сервере, который, в свою очередь, объединяется с оборудованием в локальную сеть, чтобы данные из оборудования начали поступать в экспертную систему.

Сбор данных осуществляется в непрерывном режиме. Экспертная система классифицирует их, обрабатывает согласно заложенным в нее алгоритмам и передает реципиентам в режиме реального времени или по запросу. При появлении каких-либо отклонений в процессе экспертная система немедленно информирует об этом. Доступ к результатам обработки данных осуществляется через web-интерфейс с автоматизированных рабочих мест (АРМ) или мобильных устройств. По умолчанию «Умная линия» имеет сконфигурированные уровни доступа с пакетами данных под три АРМ: оператора, технолога и начальника производства (рис. 1). При необходимости система может быть построена с требуемым количеством рабочих мест, уровней доступа и соответствующей уровню выборкой данных.

СБОРОЧНО-МОНТАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Как уже было сказано, «Умная линия» работает с данными, получаемыми с оборудования. В статье прошлого номера мы сравнивали iPhone (или аналог) со смартфонами предыдущего поколения. При равных функциональных возможностях аппаратов iPhone открыл пользователям более удобный доступ к приложениям, повысив «коэффициент загрузки» устройства.

Также и с оборудованием, вырабатывающим огромное количество данных, которые могут быть полез-

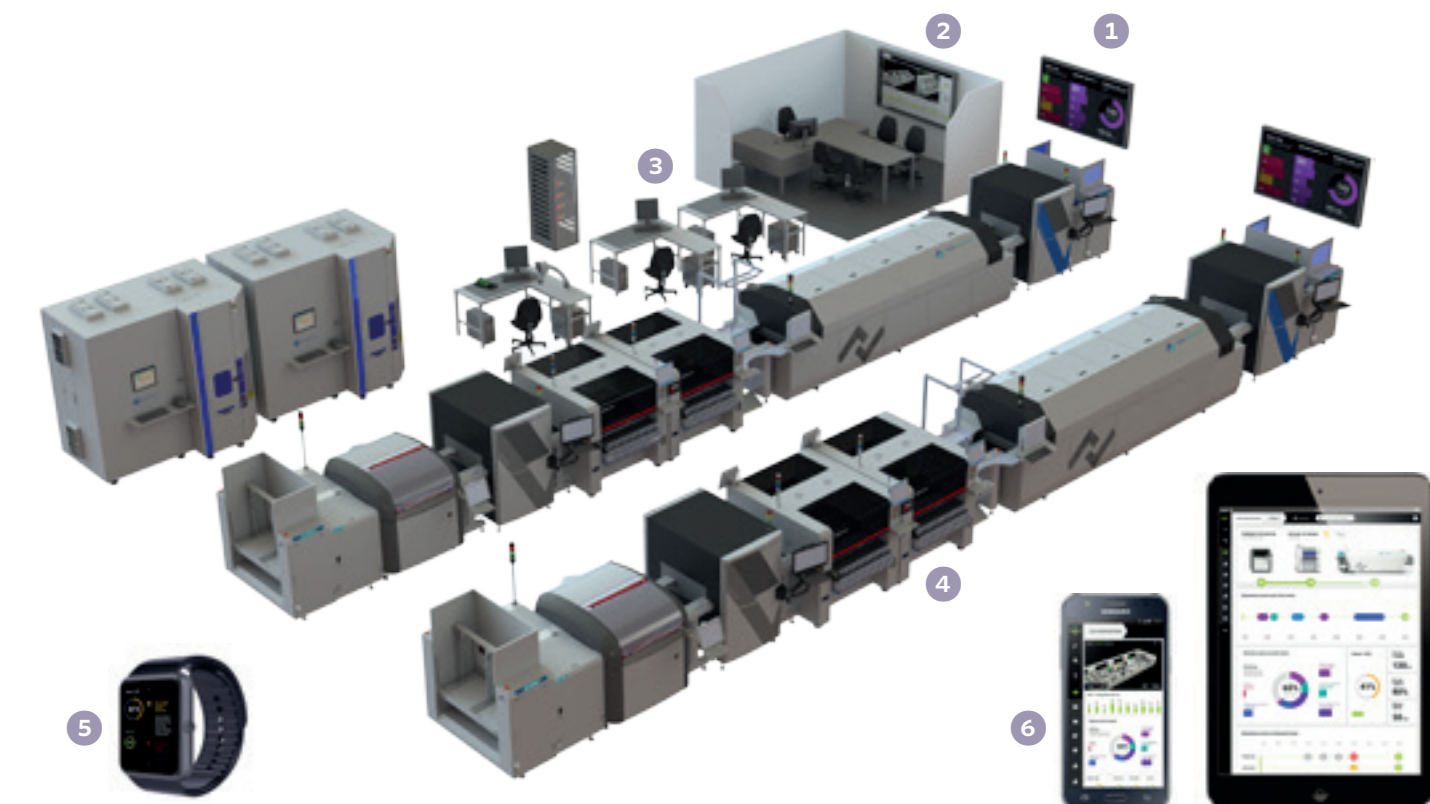
но использованы, однако фактически игнорируются. «Умная линия» собирает эти данные, анализирует и предоставляет пользователям. Основными источниками данных для экспертной системы «Умная линия» служат: автомат трафаретной печати, автомат установки компонентов и система автоматической оптической инспекции. Такой состав оборудования оптимален для реализации полного потенциала программно-аппаратного комплекса. Если в линию встроена еще система инспекции качества нанесения паяльной пасты (SPI), то «Умная линия» приобретает дополнительные возможности. Но использование подобных систем инспекции пока не слишком распространено у нас в стране, поэтому в данной статье мы не будем их рассматривать, а вернемся к ним в следующих номерах журнала.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

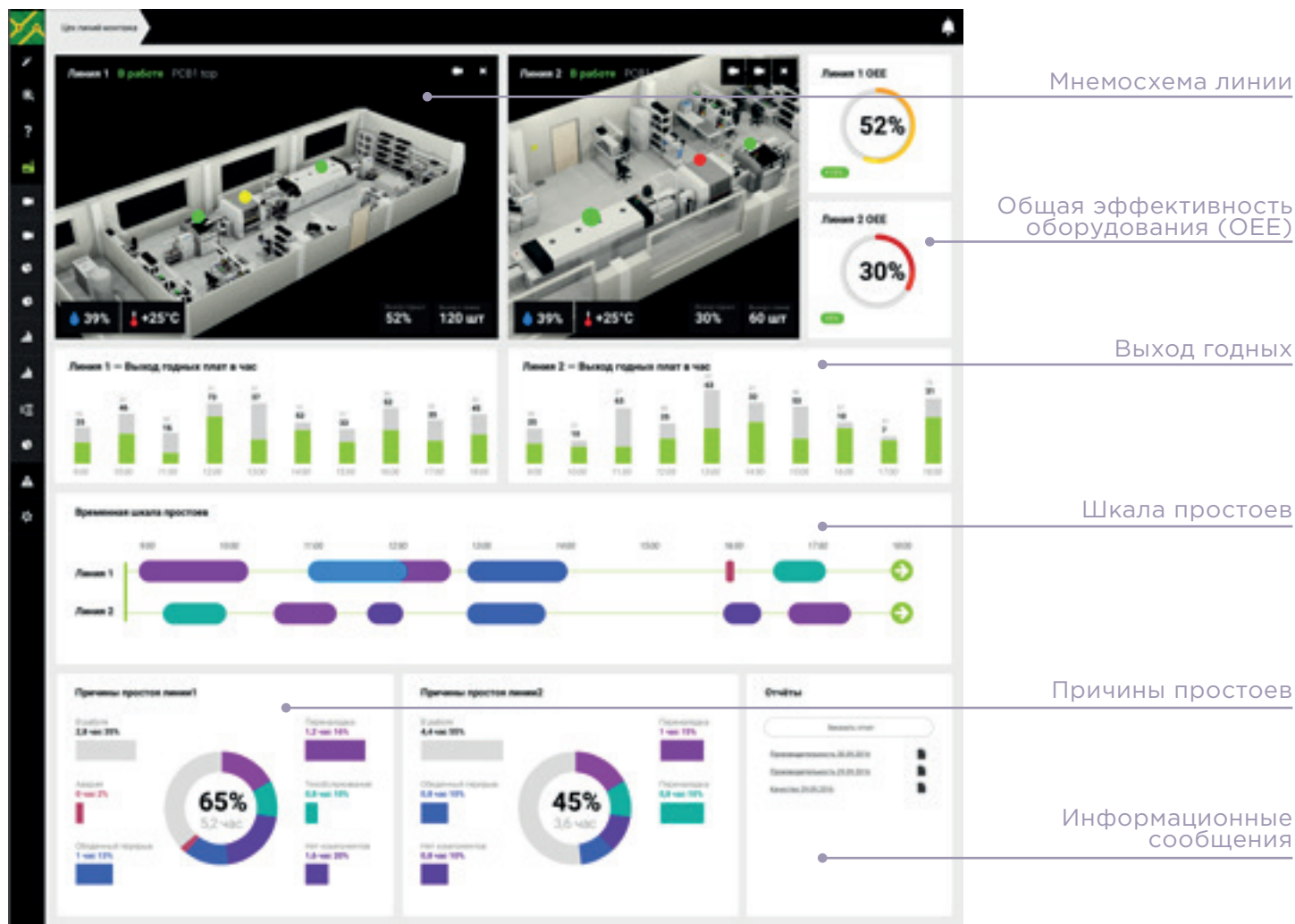
Под «информационной инфраструктурой» подразумевается комплекс средств оповещения, отображения информации и доступа к аналитически обработанным данным «Умной линии» (рис. 2).

1 – главный монитор линии.

Выполняет функцию информирования о текущем состоянии процесса для линии (или для каждой линии, если таковых несколько). По умолчанию отображает количество собранных изделий, цикл выхода, выход годных, параметры ОЕЕ (доступность, производительность, качество), а также статус оборудования. Размещается на производственном участке.



2
Инфраструктура «Умной линии»



3

Диспетчерская панель

2 – диспетчерская панель.

На нее выводится в наглядном виде сводная ключевая информация о работе оборудования на участке (рис. 3). Выводимые параметры те же, что и на главном мониторе линии, но информация с нескольких линий сведена воедино, адаптирована для удобства восприятия и представлена на одном экране. Панель должна располагаться в кабинете начальника цеха, начальника производства или другой службы при необходимости.

3 – автоматизированное рабочее место.

Наиболее функционально насыщенное приложение, которое служит не только для мониторинга текущего состояния, но и для непосредственной работы с информацией. Может быть сконфигурировано под конкретного пользователя или службу. Открывает доступ к расширенным аналитически обработанным данным об оборудовании, детализации параметров OEE (доступность, производительность, качество), статистике дефектов, рекомендациям по их устранению, базе знаний, дает возможность выгружать отчеты о выполненной работе.

4 – панель оператора.

Монтируется на автомате установки компонентов. Служит для ввода причин простоев, а также для оперативного информирования службы, ответственной за

устранение конкретного простоя (склад, служба главного механика и т. п.).

5 – умные часы.

Есть у оператора или начальника участка. Служат для оперативного информирования сотрудника об изменении состояния работы оборудования.

6 – удаленный доступ.

«Умная линия» может настраивать удаленный доступ под каждого конкретного пользователя с возможностью мониторинга необходимых параметров.

Информационная инфраструктура – это интерфейс, обеспечивающий взаимодействие пользователя с аналитической системой «Умной линии». Именно благодаря ему специалист, ответственный за поддержание работоспособности оборудования, обеспечение качества или принятие управленческих решений, получает оперативную и полную информацию в необходимом объеме.

Возможности «Умной линии»

Мы кратко ознакомились с принципом работы комплекса и его составом, теперь проанализируем тот вклад, который дает его использование на производстве.



4

Временная шкала простоев

При разработке «Умной линии» был сделан акцент на параметры, оказывающие прямое влияние на общую эффективность оборудования (ОЕЕ), общую стоимость владения (ТСО) и удобство работы. Таким образом, традиционное сборочно-монтажное оборудование, оснащенное ПАК «Умная линия», обеспечивает своему владельцу значительно меньший срок возврата инвестиций, при этом имеет более длительный срок эксплуатации и повышает комфорт работы персонала.

Каждый из приведенных далее параметров, безусловно, требует более тщательного изучения, и мы обязательно вернемся к рассмотрению полного функционала программно-аппаратного комплекса с подробным разбором формирования всех факторов.

ПРОСТОИ

Вряд ли найдется производство, на котором бы не задумывались о снижении количества и длительности простоев оборудования. Одна из сложностей при разработке мероприятий по борьбе с простоями – отсутствие достоверной информации о причинах их возникновения. На самом деле, если причины имеют характер, связанный непосредственно с работой оборудования (технический сбой, израсходованные компоненты и т. п.), то оборудование фиксирует эти причины в лог-файлах. «Умная линия» извлекает такие данные и классифицирует. В тех случаях, когда оборудование «не знает» причин своей остановки, например, при принудительной остановке, на помощь приходит панель оператора. При остановке станка оператору предлагается выбрать причину, нажав на один из вариантов в меню панели, либо ввести причину самостоятельно в соответствующей строке.

В результате все простои за смену зафиксированы, сгруппированы по причинам возникновения и отображаются на временной шкале диспетчерской панели или АРМ в наглядной визуальной форме (рис. 4). В дальнейшем информация о простоях может быть получена за требуемый промежуток времени, например, за неделю, месяц или год, что дает наглядную и объективную картину.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Непрерывный мониторинг реальной производительности, количества собранных изделий и фиксация «рекор-

дов» с привязкой к конкретному изделию дают полную картину о текущем объеме выпуска, а также определяют «узкие места» линии. «Рекорд» производительности показывает максимальную скорость установки компонентов для каждого изделия и является косвенным индикатором эффективности работы линии. Значительное снижение данного показателя становится основанием для проведения анализа причин.

КАЧЕСТВО

Система обеспечения качества «Умной линии» построена на основе двух составляющих:

- аппаратный контроль качества и обеспечение надлежащих режимов работы при помощи оборудования;
- программно-аналитическая система обнаружения причин дефектов, разработка рекомендаций по их устранению и составление статистических отчетов.

Выявление дефектов – это один из важнейших этапов производства, но куда большее значение имеет устранение причин их возникновения.

Функционал «Умной линии» предоставляет обширные возможности по анализу дефектов с разработкой рекомендаций по их ограничению или полному исключению.

SPC (statistical process control). Использование методов SPC позволяет реагировать на изменение процесса в момент, когда это изменение еще не привело к возникновению дефектов, и оперативно вносить корректировки в техпроцесс.

Автоматический мониторинг качества.

Осуществляется непрерывно в процессе работы с легко интерпретируемой графической визуализацией на экране. Данные поступают с автомата трафаретной печати, АОИ и SPI (при наличии).

Автоматическое обнаружение причины дефектов.

Для наиболее полного использования данной функции рекомендуется применять в составе линии SPI. Причины возникновения дефектов выдаются в порядке, соответствующем их весовым коэффициентам либо по наибольшей вероятности при данных условиях.

Автоматическая разработка рекомендаций по устранению дефектов. После выявления дефекта система предлагает рекомендации по его исключению.

Построение трендов. Формируются тренды по дефектам в следующих группах: тип компонента, дефекты по изделиям, дефекты по времени. Графики трендов могут быть построены в одной системе координат, где в том числе указаны климат и параметры оборудования.

Создание пользовательских рекомендаций. При возникновении дефектов, специфичных для конкретного предприятия, их можно внести в базу данных системы совместно с рекомендациями по устранению.

Контроль климатических параметров. При необходимости в систему можно «завести» сигналы с датчиков



5

Вкладка «Качество»

температуры и влажности в помещении. Полученные данные будут храниться вместе со всей статистикой о производстве. Есть возможность задавать пороговые значения, при которых система будет выдавать предупреждения.

Вкладки «Производительность» и «Качество» (рис. 5) настроены по умолчанию в интерфейсе автоматизированного рабочего места (АРМ), но при этом могут быть переконфигурированы пользователем.

ОБЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

ОЕЕ – это показатель эффективности работы оборудования, включающий в себя перечисленные выше факторы.

В «Умной линии» ОЕЕ непрерывно измеряется в автоматическом режиме. Полная информация об ОЕЕ в данный момент времени предоставляется наглядно, а статистика отображается в графической форме. Выбрав необходимый период, пользователь сможет оценить динамику данного показателя во времени, после чего сделать вывод о его росте или снижении. Очевидно, что если значение показателя повышается, то эффективность производства растет, а если значение снижается, это является сигналом к проведению тщательного

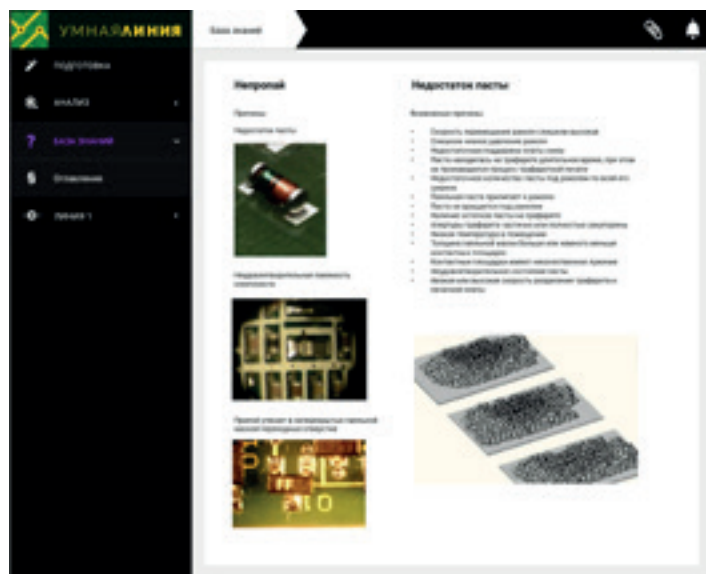
анализа «узких мест» линии. В этом случае ПАК «Умная линия» становится незаменимым помощником, т. к. предоставляет все данные о работе оборудования за выбранный временной интервал и позволяет легко оценить причины снижения ОЕЕ.

ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЕТОВ

При работе с «Умной линией» мы можем обратиться к статистике того или иного показателя за необходимый период времени. Эти данные доступны и для формирования отчетов. Состав отчетов конфигурируется под конкретные требования, в него можно включить подробные данные по качеству, производительности, простоям, ОЕЕ и другим показателям. Важная особенность таких отчетов – они формируются не в сухих и трудночитаемых табличных данных, а в графическом, удобном для восприятия виде.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ (БАЗА ЗНАНИЙ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ)

Пока мы рассматривали функции, необходимые в большей степени для административного персонала.



6

База знаний

Но «Умная линия» обладает и колоссальными возможностями для технологов на производстве.

Как было сказано в разделе «Качество», «Умная линия» не только отслеживает качество изделий, но и способна устанавливать причины их возникновения, а также разрабатывает рекомендации по их устранению. Это позволяет технологу экономить значительное время и моментально предпринимать корректирующие действия, а также принимать меры для исключения возникновения подобных дефектов в дальнейшем.

В «Умной линии» хранится регулярно обновляемая база знаний (рис. 6) по основным технологическим операциям и материалам, позволяющая легко найти нужную для работы справочную информацию; составлен и систематизирован список дефектов, которые могут возникнуть на разных стадиях процесса; даны подробные описания всех технологических операций, имеющих отношение к сборочно-монтажному производству.

Незаменимым инструментом для технолога служит функция расчета оптимальных технологических режимов на основе данных о материалах, изделии и оборудовании. Система способна «запоминать» технологические параметры под новые изделия, чтобы на их основе разрабатывать новые рекомендации под аналогичные печатные узлы.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Благодаря функции календарного планирования ТО исключен риск пропуска регламентного обслуживания. Система отображает все виды работ: ежедневные, еженедельные или ежемесячные, которые необходимо провести на оборудовании, и устанавливает права квитирования оповещений. Анализ наработки оборудования позволяет устанавливать график проведения ТО с учетом отработанных часов. Подобный механизм управления ТО позволяет заранее спланировать необходимые работы, заказать запчасти и расходные материалы, а также предотвратить непредвиденные поломки оборудования.



7

Видеофрагмент, фиксирующий события за 15 секунд до возникновения уведомления и 15 секунд после него

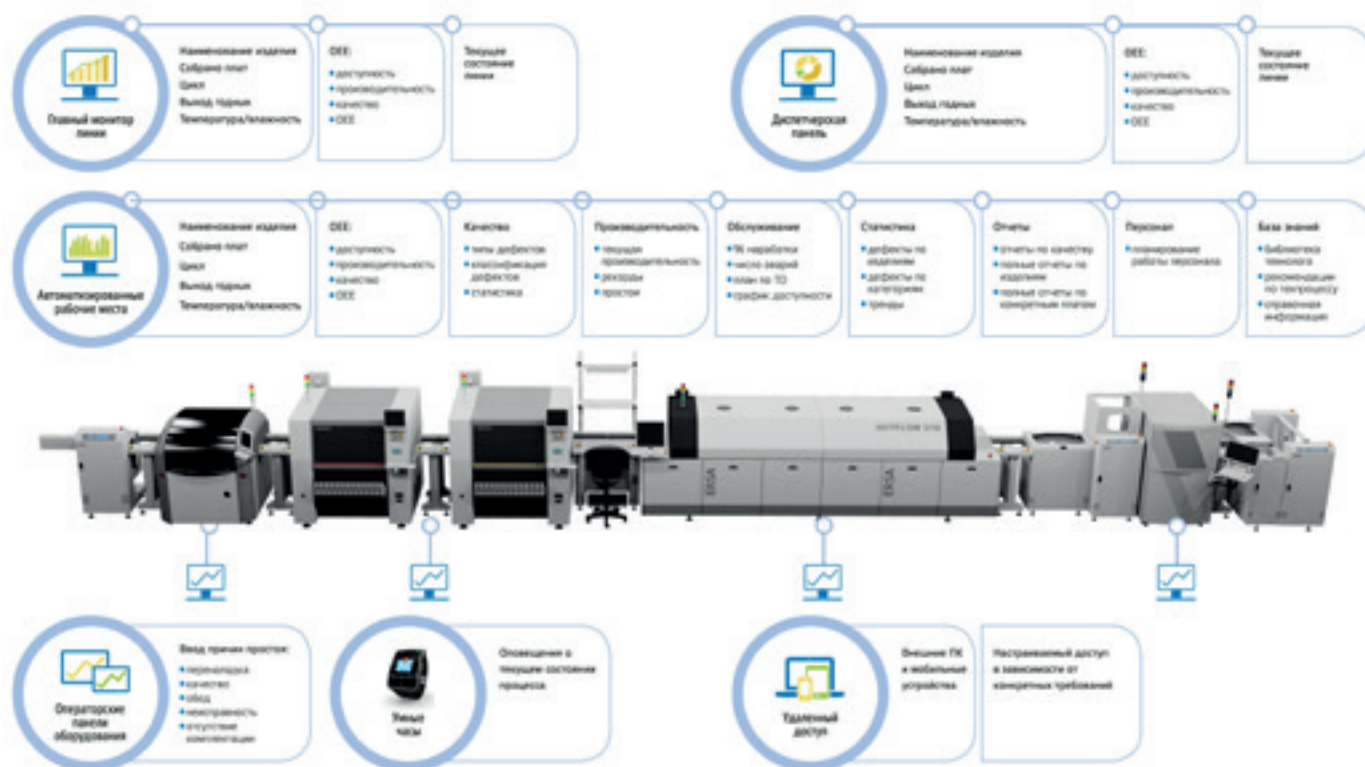
ВИДЕОФИКСАЦИЯ УВЕДОМЛЕНИЙ

«Умная линия» осуществляет мониторинг работы оборудования и незамедлительно информирует ответственного специалиста при возникновении каких-либо отклонений. Уведомления отображаются на диспетчерской и операторской панелях, АРМ, поступают на умные часы или на мобильный телефон. Все уведомления за смену отображаются на временной шкале. Кликнув на любое из уведомлений, можно вызвать расширенную информацию о вызвавшей его причине. Если «Умная линия» дополнительно оснащена видеорегистраторами, к каждому уведомлению может прикрепляться видеофрагмент, фиксирующий события за 15 секунд до возникновения уведомления и 15 секунд после него. При возникновении серьезной аварии данный видеофрагмент (рис. 7) может послужить незаменимым средством определения причин ее возникновения.

Преимущества «Умной линии» в сравнении с зарубежными решениями

Читатели, активно изучающие зарубежный опыт и регулярно посещающие международные выставки, наверняка заметили, что практически все ведущие производители технологического оборудования в рамках концепции «Индустрия 4.0» предлагают собственные решения, выполняющие частично схожие с «Умной линией» задачи: объединение оборудования в единую сеть, «оцифровка» определенных данных и централизация управления. Безусловно, среди них есть очень интересные программные продукты, но все-таки «Умная линия» имеет неоспоримые преимущества перед ними.

1. Российская разработка. При наличии определенных ограничений на использование зарубежных программных продуктов «Умная линия» – 100% отечественный продукт, не попадающий под запреты.



8

Сводная карта функциональных возможностей информационной инфраструктуры

- Интерфейс полностью на русском языке.
- Интерфейс адаптируется самостоятельно. Все его элементы выполнены в качестве виджетов и могут быть добавлены или удалены в любое время на нужный экран, аналогично мобильным платформам.
- Внедрение любых программных продуктов – непростая задача, в которой важны скорость реакции и поддержки разработчика. Сервис Остека всегда был сильной стороной компании. И в данном случае любые вопросы, связанные с внедрением или эксплуатацией, решаются максимально оперативно. Нет различных часовых поясов, нет языковых барьеров, нет «испорченного телефона».
- Адаптация под конкретного клиента. Мало кто из зарубежных производителей будет заниматься непосредственным внедрением программного обеспечения у заказчиков, логично поручив эту работу своим дистрибьюторам. Уровень знаний продукта у дистрибьюторов все равно ниже, чем у разработчиков, а отсюда неизбежны проволочки и задержки, связанные с коммуникациями и отсутствием понимания разработчиком реального положения дел у заказчика.
- Аналитики, подобной «Умной линии», с автоматизированным расчётом OEE, а также выдачей рекомендаций технологам, автор еще не встречал.
- Производители оборудования, как правило, адаптируют свои программные продукты исключительно под свое оборудование и не работают с конкурентами. «Умная линия», разумеется, разрабатывалась под оборудование производителей, с которыми сотрудничает ГК Остек. Но при необходимости и наличии соответствующих данных к «Умной линии» можно подключить систему любого производителя.
- В отличие от большинства систем «Умная линия» рассчитана сразу на несколько уровней и одинаково полезна операторам, технологам, начальникам производств и руководству предприятий.
- Производители сборочно-монтажного оборудования вряд ли пойдут дальше зоны своих интересов. Это означает, что их решение, разработанное под сборочно-монтажное оборудование, будет работать только со сборочно-монтажным оборудованием. «Умная линия» – небольшая часть всеобъемлющей концепции «Цифровая фабрика», внутри которой разрабатываются решения и под другие технологические операции, MES-системы (Logos), системы управления производственными активами («Синтиз») и другие. Это возможность построить действительно вертикально и горизонтально интегрированную ИТ-систему у себя на производстве, обеспечивающую передачу данных без искажений.

Резюме

Современное производство требует оперативного принятия решений на разных уровнях. Решения на сборочно-монтажном участке могут быть связаны непосредственно с текущей работой конкретного станка, касаться отработки и корректировки технологического процесса либо производственного плана в целом. «Умная линия» изначально строилась с целью сбора максимально полной информации о производственном процессе и трансляции ее персоналу, ответственному за принятие решений на той или иной стадии.

Мощнейший аналитический комплекс «Умной линии» осуществляет непрерывный мониторинг и формирует наглядные отчеты по ключевым характеристикам производственного процесса: производительность, качество, простои, затраты, своевременность обслуживания и общая эффективность оборудования (OEE) в целом.

Информация, текущая или за любой временной интервал, доступна как на рабочем месте начальника производства, так и в удаленном доступе через мобильные устройства, легко формируется отчет, в том числе для вышестоящего руководства.

Выверенная система оповещений о текущем состоянии оборудования, а также построение трендов и прогнозов, позволяют держать под контролем работу линии и принимать своевременные решения даже удаленно.

Собранные данные о проведенных работах, загрузке линии, простоях, неполадках и дефектах сохраняются на сервере, к ним можно обратиться в любой момент времени для получения истории о том или ином заказе. По этим данным можно провести анализ сбоев и дефектов с выработкой рекомендаций по их исключению в дальнейшем. 

«Умная линия» – это уникальный российский продукт, позволяющий сделать производство не только эффективным, но и современным.



СИНТИЗ



Повышение скорости
и качества принятия
управленческих решений



Сокращение затрат
на обслуживание и
эксплуатацию
парка оборудования



Повышение качества
взаимодействия
служб предприятия



Повышение эффективности
использования оборудования
и сокращение срока
его окупаемости



Повышение качества
и скорости подготовки
отчетов

ПАК СИНТИЗ, разработанный специалистами Группы компаний Остек, представляет собой программно-аналитический комплекс, предназначенный для повышения эффективности и сбалансированности работы технологического оборудования и инженерных систем промышленного предприятия.



будущее
создается

www.sintiz.ru

000 «Остек-СМТ»

energo@ostec-group.ru

(495) 788 44 44 (доб. 5500)



ТЕХПОДДЕРЖКА

Вековой ОПЫТ и современные ТЕХНО- ЛОГИИ



Текст: Роман Лыско



Новые задачи и потребности рынка в области обработки проводов и создания жгутовых производств способствуют поиску современных решений, рождая новые продукты, новое сотрудничество и партнерство. В ходе проработки ряда крупных специальных проектов возникло партнерство ООО «Остек-ЭТК» и американской компании Artos Engineering. В статье мы расскажем о совместной работе наших компаний и наиболее интересных для российского рынка решениях Artos.

Началом сотрудничества со старейшим в мире производителем оборудования для обработки проводов и кабелей стала задача по обработке специальных экранированных проводов толстых сечений для одного из наших заказчиков. Мы обращались ко многим европейским производителям, но только компания Artos Engineering смогла предоставить решение для обработки таких проводов – систему CS-327 (рис. 1).



1

Машина мерной резки и зачистки провода CS-327

Благодаря специальному оснащению на машине можно обрабатывать провода с сечением до 240 кв. мм. Одно из важных преимуществ системы – большой ресурс ножей в зависимости от типа провода: от 500 000 до 1 000 000 и более циклов.

Система эргономична и удобна для работы операторов или наладчиков: имеет интуитивно понятный интерфейс на русском языке, в ней легко менять ножи и направляющие, есть специальный лоток для инструмента. Лоток обеспечивает наладчику или оператору доступ к инструменту и оснастке прямо на рабочем месте (рис. 2).



2

Лоток для инструмента и оснастки

Размотчик провода в системе (рис. 3) предназначен для работы с катушками больших габаритов диаметром до 1,2 метра и весом более тонны. Но несмотря на это, настройка и смена барабанов не является физически тяжелой операцией для оператора. Барабаны поднимаются и опускаются с помощью электродвигателя простым нажатием кнопки (рис. 4). Время заправки кабеля и настройки минимально.



3

Размотчик для кабелей больших сечений с системой подачи провода

В ходе реализации данного проекта мы получили отработанное решение для обработки проводов и кабелей больших сечений, полностью адаптированное для работы с отечественным проводом, в том числе специальным, и готовы предложить это решение нашим заказчикам.

Еще одним важным этапом развития сотрудничества Остека и компании Artos Engineering стала совместная разработка и производство роботизированного комплекса обработки проводов РКОП (рис. 5).



4

Система управления размотчиком и подачей провода



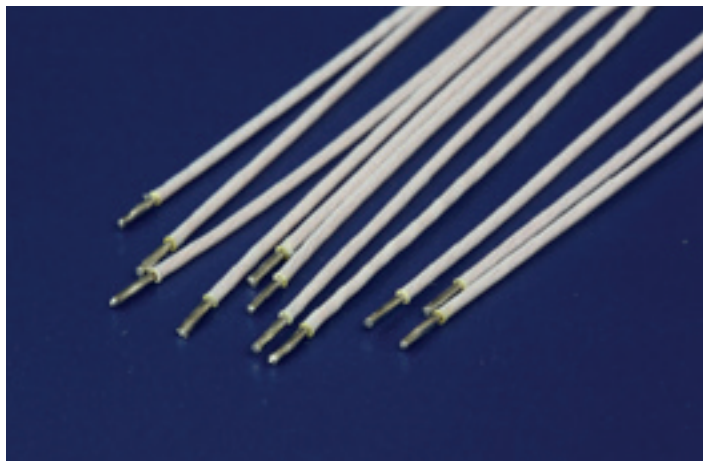
5

Роботизированный комплекс обработки проводов

В 2013 году с одним из отечественных предприятий был начат совместный ОКР по отработке технологии обработки проводов. В ходе работы стало понятно, какая производственная линия необходима для наших производств, и какие она должна решать задачи. Это:

- обработка в автоматическом режиме проводов тонких сечений (от 0,03 кв. мм), наиболее часто используемых в отечественном производстве: МГТФ, МГШВ, МС и др.;
- бесконтактная (лазерная) зачистка со 100% гарантией неповреждения жилы провода;
- операции по подкрутке жилы, флюсование и лужение для окончательной подготовки проводов к операции распайки;
- возможность использования отечественных материалов (флюс, припой);
- возможность интеграции в единую систему управления технологическим процессом и систему прослеживаемости.

То, что предлагали основные поставщики оборудования для обработки проводов, не решало описанные выше задачи, поэтому было необходимо разработать совершенно новое решение. Более года совместно с компанией Artos мы работали над созданием машины, и в 2014 году появилось принципиально новое решение по обработке проводов.



6

Первые проводные заготовки МГТФ, обработанные на роботизированном комплексе обработки проводов



7

Машина мерной резки и зачистки проводов CS-338

В РКОП впервые в мировой практике были интегрированы одновременно модули лазерной зачистки, флюсования и лужения. Теперь производители могут в автоматическом режиме обрабатывать провода, которые изначально не были «заточены» под какую-либо автоматизацию (рис. 6), с соблюдением всех отечественных стандартов. Во многих проектах, реализованных или находящихся в стадии реализации, РКОП является «сердцем» жгутового участка – трудоемкость производства жгутов снижается в 3-5 раз, влияние человеческого фактора сводится к минимуму.

В линейке оборудования Artos есть настольные машины для резки и зачистки, закрывающие задачи обработки проводов и сборки жгутов (рис. 7).

Основные преимущества этого оборудования: простота настройки и эксплуатации, хорошая эргономика, надежность, большой ресурс узлов и деталей. Машины неприхотливы в плане технического обслуживания, для них не требуются специальные условия в помещениях. Настольные машины компании Artos отличает высокий уровень универсальности и широкий диапазон обрабатываемых проводов – одна машина может перекрыть функционал нескольких машин от других поставщиков.

В ассортименте Artos Engineering представлены также комплексные автоматические линии, в том числе для обработки проводов больших сечений до 50 кв. мм (рис. 8).



8

Многофункциональная машина обработки крупногабаритных проводов MTX-HD



9

Процесс отладки и тестирования оборудования

В комплексных автоматических линиях реализована возможность наращивания и комбинирования функциональных возможностей, начиная от мерной резки и зачистки проводов и заканчивая маркировкой, термоусадкой и лужением, что позволяет заказчику получить адаптированное под его задачи решение. Всё оборудование проходит тщательную отладку технологических операций и тестирование (рис. 9).

Сотрудничество Остека и компании Artos Engineering дает новые возможности для производителей жгутовой продукции. Мы обладаем большим опы-



10

Жгутовой участок на заводе "КАМАЗ", оснащенный в 1975 году

том работы с отечественными заказчиками, понимая их потребности и задачи. Наши партнеры имеют огромный опыт и проверенную десятилетиями надежность оборудования. Для российских производителей из специальных отраслей открываются возможности в решении специализированных задач жгутового производства, которые ранее казались невыполнимыми. Мы готовы совместно браться за решение таких задач и предоставлять нестандартные, индивидуально подобранные решения для каждого нашего заказчика.

**Слоган компании Artos Engineering:
«THE FIRST NAME IN WIRE PROCESSING
EQUIPMENT» – «Первое имя в оборудовании
обработки провода».**

Компания основана в 1911 году в штате Висконсин. Первая автоматическая линия по обработке проводов была произведена в 1926 году. Первым покупателем стала компания Western Telegraph Co., на тот момент одна из ведущих компаний в производстве радиоприемников и радиоаппаратуры. В последующие годы практически во всех крупных проектах в области автомобильной, авиационной, военной или космической промышленности для производства электрожгутовой продукции использовалось оборудование Artos. Всего компанией запатентовано более 90 разработок. Компания поставляла станки по обработ-

ке проводов еще в Советский Союз: в 1975 году был оснащен жгутовой участок на автомобильном заводе КАМАЗ, где эти станки работают до сих пор (рис. 10).

Среди клиентов Artos Engineering крупнейшие компании автомобильной, электротехнической, электронной промышленности, производители железнодорожной техники: Siemens, DELPHI, Emerson, Philips, Rockwell Automation, GE, EATON. Многие заказчики компании выпускают продукцию специального применения, соответствующую военным стандартам качества, в том числе MIL-STD. В современных условиях выпускать изделия, соответствующие оборонным стандартам, без качественных жгутовых сборок как и без качественного оборудования для обработки провода невозможно.

Практический опыт проведения ЦЭО магистральных и распределительных водяных сетей промышленного предприятия



Текст: Кирилл Шелешков

Направление энергоэффективности ООО «Остек-СМТ» продолжает начатое в 2015 году сотрудничество с крупнейшим в России лесоперерабатывающим холдингом в проведении технических аудитов инженерных сетей на предприятиях заказчика. На сегодняшний день выполнены целевые обследования пневмосистемы и хозяйственно-питьевого водоснабжения на двух производственных площадках, проводятся работы по полному аудиту водяного хозяйства одного из комбинатов, включающего в себя кроме сетей водоснабжения и водоотведения все водоиспользующие технологические циклы производства.

В статье мы расскажем о выполненном целевом энергетическом обследовании (ЦЭО) магистральных и распределительных сетей хозяйственного водоснабжения (далее ХПВ) на одном из комбинатов холдинга в Восточной Сибири. Аудит проводился в период с октября по декабрь 2016 года и охватил все магистральные и распределительные водоводы предприятия, по которым осуществляется водоснабжение комбината и сторонних потребителей в прилегающей промышленной зоне.

Система транспорта хозяйственной воды на предприятии состоит из трубопроводов подземной прокладки диаметром от Ду400 до Ду50 мм. ХПВ на комбинат подается по двум магистральным водоводам Ду400 от границы балансовой принадлежности с городским водоканалом до заводской водоочистной станции (ВОС). Магистральные водоводы, не доходя до ВОС, имеют ответвления Ду 300 мм на насосную станцию НС-1, от которой осуществляется водоснабжение заводских и основной массы сторонних потребителей. Общая протяженность сетей ХПВ от границы балансовой принадлежности до производственной площадки составляет 50 км. Большая часть водоводов проходит за территорией предприятия, магистральные трубопроводы проложены по тайге, распределительные – по промзоне, включающей площадку комбината и сопутствующие производства.

Основная проблема, с которой сталкивается служба главного энергетика при эксплуатации водоводов ХПВ, – это сверхнормативные потери, которые составляют не менее 35 % от общего объема получаемой воды. В год разница между объемом воды, приобретенным у водоканала и распределенным заводским и сторонним потребителям, составляет порядка 400 тысяч кубометров. Такое положение не устраивает руководство комбината, и оно обосновано требует от службы главного энергетика навести порядок.

На предприятии, как и во всем холдинге, большое внимание уделяется модернизации производства, вводу новых технологических мощностей. Сегодня там применяют современное оборудование ведущих мировых производителей, регулирование техпроцессов осуществляется программируемыми микроконтроллерами, возросли требования к качеству выпускаемой продукции. Однако «оборотной стороной медали» при использовании современных технологий и оборудования становится несоответствие вспомогательных инженерных систем новым заводским реалиям, что в полной мере относится к водоснабжению.

Отсутствие приборного учета в узловых точках сетей ХПВ существенно затрудняет службе главного энергетика задачу поиска и устранения утечек на сетях. Имеющиеся расходомеры – коммерческие на границе балансовой принадлежности на КП-1, технические на ВОС и на насосной станции НС-1 – разнесены друг от друга на несколько километров, приборы учета потребителей дают информацию только о конечном потреблении. Сведенный на основе показаний приборов учета баланс хозяйственной воды фиксирует объемы потерь по веткам, но бесполезен для исправления ситуации. Попытки силами эксплуатационного персонала, используя имеющиеся переносные измерительные приборы, провести целенаправленный поиск утечек не увенчались успехом. Специфика деятельности эксплуатирующей службы не позволяет проводить такую работу системно и последовательно, а отдельные единичные

замеры не дают общей картины, попытки на их основе провести какую-то аналитическую работу обречены на неудачу. Несомненно, свою роль сыграла и значительная географическая удаленность точек, в которых необходимо делать замеры. Для работы требуется привлечение как слесарей дежурной службы для подготовки точек замеров, так и автотранспорта для доставки бригады до места работ. В целом выполнение такого рода задач силами эксплуатации требует создания отдельного подразделения, в задачи которого должен входить мониторинг состояния сетей, что в условиях предприятия не всегда оправдано. В то же время, попытки найти места утечек хозяйственной воды самостоятельно дали специалистам службы главного энергетика понимание необходимости целевого обследования сетей ХПВ.

Чтобы провести такое инженерное обследование, включая компьютерный анализ данных измерений и моделирование потокораспределения в трубопроводах, требуется целый комплекс специального измерительного оборудования и программного обеспечения. Поэтому заказчик посчитал экономически целесообразным не вкладывать средства в дорогостоящие приборы, не создавать в структуре службы главного энергетика отдельное подразделение, а обратиться к профессиональным энергоаудиторам.

Цель, которую заказчик ставил перед сотрудниками отдела энергоконсалтинга, проводившими обследование: прежде всего, выявить сверхнормативные потери в сетях ХПВ от границы балансовой принадлежности до конечных потребителей, дать оценку существующих систем учета расходов воды, провести приборную проверку соответствия показаний коммерческих приборов учета субабонентов фактическому потреблению.

От сетей комбината хозяйственную воду получают 23 сторонние организации с различной нагрузкой: от 0,5 до 10 м³/час. Еще порядка 60 м³/час питьевой воды потребляет сам комбинат. Наибольшее количество потребителей сосредоточено на так называемой Южной панели, снабжение которой питьевой водой осуществляется от НС-1. Примерно одинаковое количество сторонних потребителей запитаны от магистралей и от ВОС. Основные производственные потребители питаются также от ВОС.

После анализа ТЗ и ознакомления с условиями предстоящих работ на месте, было принято решение при проведении аудита для определения и локализации мест утечек сделать основной упор на последовательное проведение инструментальных измерений расходов ХПВ по трубопроводам от границы балансовой принадлежности и далее в узловых точках сети и на отводах на потребителей. При обнаружении небаланса воды между соседними точками точное место утечки определять с помощью корреляционного течеискателя.

На первом этапе ЦЭО были выполнены работы по

сбору и анализу существующей технической документации (технологических схем трубопроводов, расположению и детализовке камер и колодцев, паспортов на измерительное оборудование, оперативной документации, отчетов по коммерческому и технологическому потреблению), проведен анализ предоставленных балансов потребления воды, визуальный осмотр трубопроводов и колодцев для определения мест инструментальных замеров.

Как уже говорилось, магистральные трубопроводы подземной прокладки проложены в тайге вдоль автодороги, соединяющей предприятие с городом, а трубопровод, от которого запитаны потребители Южной панели, имеет протяженность 4,2 км и находится за территорией предприятия. Запорная арматура расположена в камерах и колодцах по трассе трубопроводов.

По результатам визуального обследования была составлена и согласована с заказчиком Программа проведения инструментальных измерений, которая включала замеры расходов воды по всей сети от точки входа воды до вводов потребителей. Инструментальное обследование в таком объеме, охватившее всю водотранспортную систему ХПВ предприятия, проводилось впервые.

Выполнение работ проходило в полном соответствии с требованиями техники безопасности и охраны труда. Как известно, работы в камерах, колодцах относятся к газоопасным, и к ним предъявляются повышенные требования. В обязательном порядке оформлялся наряд-допуск, брался анализ воздушной среды в месте производства работ. При спуске в колодец использовались страховочные пояса. Выполнение работ по зачистке трубопроводов с использованием аккумуляторной углошлифовальной машинки (болгарки) на предприятии отнесено к огнеопасным работам, поэтому специалисты отдела энергоконсалтинга получили допуск к их проведению в службе ГОиЧС комбината.

При проведении натурных исследований первоначально применялись ультразвуковые расходомеры Взлет ПРЦ и Portaflow 330 в комплекте с толщиномером Взлет

УТ-М. При выполнении измерений специалисты отдела энергоконсалтинга столкнулись с частыми отказами данных приборов, что, вероятно, было вызвано большим количеством отложений в трубопроводах и низкими скоростями движения измеряемой среды. Заказчик не занимался подготовкой точек замеров – снятием изоляции и зачисткой трубопроводов до чистого металла в месте установки датчиков, что добавило сложностей в работу. Фактически подготовка точек измерений проводилась отделом энергоконсалтинга самостоятельно (рис. 1), это увеличило время, необходимое на производство одного замера.

Ликвидировать возникшее отставание позволило приобретение дополнительного ультразвукового расходомера Panametrics PT 878, который является на сегодняшний день одним из самых надежных расходомеров в мире с точки зрения измерений в проблемных трубопроводах.

Инструментальные измерения по определению расходов в реперных точках на магистральных водоводах в границах КП-1 – НС-1 – ВОС проводились как в обычном режиме, так и в рабочем режиме одного из водоводов, что называется – «на подпоре», когда задвижка на коллекторе со стороны всаса насосов на ВОС закрыта, обеспечивая при этом подачу воды потребителям по соседнему водоводу. Таким образом, на обследуемой магистрали не было ни отборов воды со стороны потребителей, ни перетока из одного водовода в другой, а коммерческие приборы учета, установленные на КП-1, фиксировали только объем утечки на обследуемой магистрали.

Специалисты отдела энергоконсалтинга проводили измерения переносными ультразвуковыми расходомерами в узловых точках сети в следующем порядке. В КП-1 на обследуемый (правый или левый) водовод был установлен расходомер с накладными датчиками для сравнения получаемых результатов с показаниями стационарного прибора учета на КП-1 (рис. 2). Следующая точка измерения расходов воды по водоводу находилась в колодце в нескольких километрах от места первого замера в подземном колодце. Такая последовательность



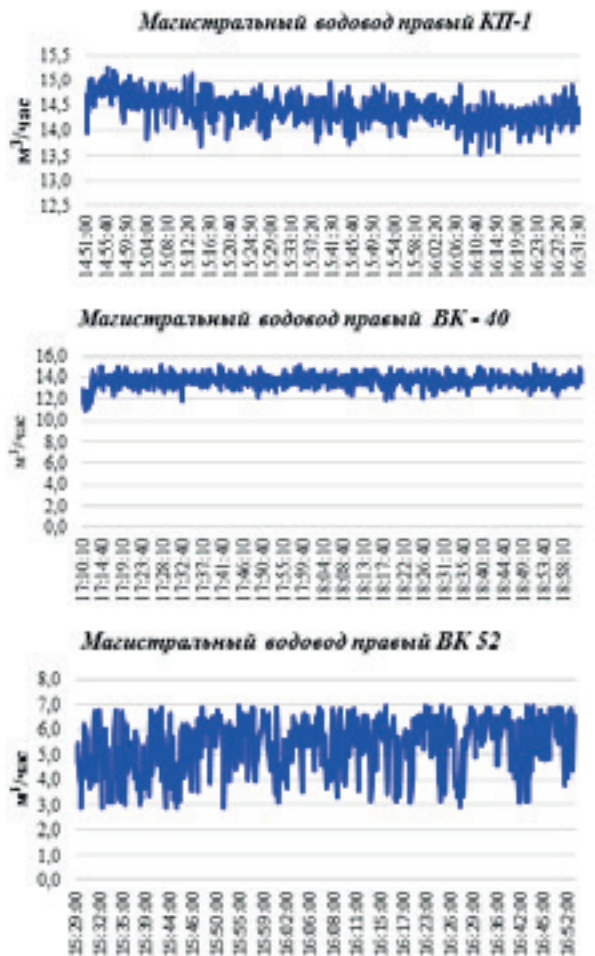
1

Специалист отдела энергоконсалтинга готовит точку замеров на насосной станции



2

Специалисты отдела энергоконсалтинга устанавливают переносной расходомер на трубопровод ХПВ на ВОС



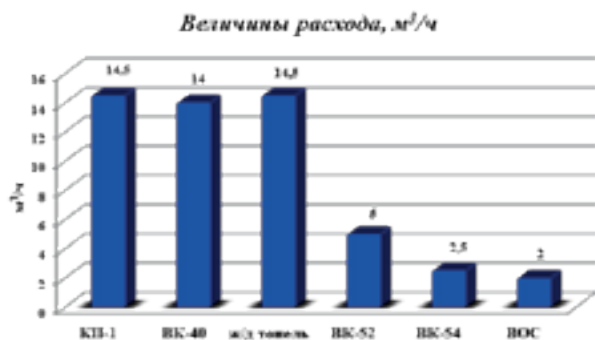
3

Изменение расхода по мере удаления от точки ввода

замеров позволяла сравнивать каждый последующий замер с предыдущим, а выявленную разницу в показаниях классифицировать как утечку.

На представленных диаграммах (рис. 3) наглядно видно, как меняется расход по трубопроводу по мере удаления от точки ввода. Учитывая, что сам трубопровод находится «на подпоре», падение расхода однозначно идентифицируется как утечка.

Сведенные в одну диаграмму результаты инструментальных измерений показывают участки, на которых происходят потери воды, и позволяют оцифровать вели-



4

Результаты инструментальных измерений показывают участки, на которых происходят потери воды

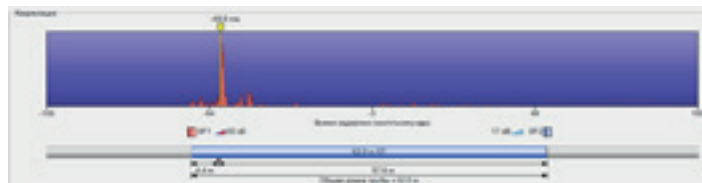
чину этих потерь (рис. 4). Анализ замеров показал, что на правом магистральном водоводе имеется две течи: на одной теряется порядка 9,5 м³/ч, на второй – 2,5 м³/ч.

После определения проблемных участков специалисты «Остек-СМТ» с помощью корреляционного течеискателя «Система по обнаружению утечек «Enigma» провели измерения для точного определения мест утечек. Система «Enigma» – это кейс-программатор и восемь виброакустических датчиков. Для обнаружения местоположения течи на концах обследуемого участка устанавливались два виброакустических датчика, которые фиксировали распространяющиеся по воде внутри трубы звуковые сигналы. Перед установкой датчики были запрограммированы на определенное время, в которое будет производиться запись шумов. После записи с помощью кейса-программатора данные были перенесены на ПК, где обрабатывались с помощью ПО, и затем строились коррелограммы. Для обработки данных и определения вероятных мест утечек на трубопроводах проводились измерения по определению длин участков трубопроводов с помощью мерного колеса (курвиметра), а также строилась масштабная схема прокладки водоводов с учетом геодезических отметок рельефа местности.

Необходимым условием обнаружения течи является достаточный уровень энергии акустического сигнала от дефекта, распространяющегося по воде на расстоянии наиболее удаленного датчика. Уровень энергии сигнала, в первую очередь, определяется энергией источника эмиссии – течью.

Ниже представлены результаты измерений корреляционным течеискателем.

Участок правого водовода от проходного канала под ж/д путями до ВК-52



Предполагаемое место утечек: 5-8 метров от стены проходного канала в сторону ВК-52



Участок правого водовода от ВК-52 до ВК-53



Предполагаемое место утечек: 6-10 метров от ВК-52 в сторону ВК-53



Интересные данные были получены при обследовании участков трубопроводов на ответвлении от магистралей на насосную станцию. Вода поступает на НС-1 по двум водоводам Ду 300 мм, где соединяется в общем коллекторе и далее насосами перекачивается потребителям промзоны.

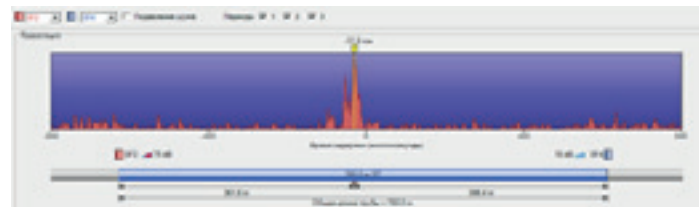
При проведении замеров один подающий трубопровод перекрывался, весь расход воды поступал по обследуемому водоводу. Измерения в камере в месте отвода от магистрали показали, что расход по каждому отдельному трубопроводу составил около $63 \text{ м}^3/\text{ч}$, при этом стационарный прибор учета на НС-1 фиксировал расход на выходе из насосной $43 \text{ м}^3/\text{ч}$. Измерения на НС-1 перед коллектором зафиксировали переток воды из левого водовода в правый в размере $6-7 \text{ м}^3/\text{ч}$. Общий объем утечки на правом водоводе составил $15-17 \text{ м}^3/\text{ч}$. Также анализ расходов в данном узле позволил вычислить перемычку между водоводами на подающих трубопроводах НС-1, по которой вода перетекала из одного трубопровода в другой. Заказчик подтвердил, что на данном участке действительно ранее был отвод на потребителя, и имелась перемычка между трубопроводами. Этот факт еще раз подтвердил правильность выбранной методики проведения обследования.

После составления фактического баланса расходов воды в узле НС-1 течеискателем «Enigma» были определены точные места утечек. Корреляционный анализ показал наличие шумов по правому водоводу на расстоянии 348-362 метра от отвода в ВК на НС-1 в магистральной камере. Важно, что измерения проводились на различных режимах работы данного участка. При работающих насосах НС-1 корреляционный анализ был осложнен «наводящими» шумами от работающих насосов противопожарного трубопровода, и при различных комбинациях шумовых фильтров пик эмиссии находился на расстоянии 90-120 метров от ВК в сторону НС-1.

Только при полном отключении насосного оборудования на НС-1 аудиторы смогли получить корректные данные.

Результаты замеров представлены ниже.

Участок правой магистрали, питающей НС-1 от ВК



В процессе работ также были выполнены измерения на отводах водосети на потребителей, проверена корректность показаний установленных у абонентов водосчетчиков. Фактов расхождений показаний коммерческих приборов учета фактическим расходам не выявлено.

После окончания работ на объекте был составлен фактический баланс транспортировки и потребления хозяйственной воды в сетях комбината, в котором четко были указаны участки со сверхнормативными потерями и дана их количественная оценка.

Итогом целевого аудита стало техническое совещание с участием главного энергетика и руководителей эксплуатирующей службы, на котором были представлены выполненные работы и отчетные материалы.

Комплексное обследование, проведенное специалистами отдела энергоконсалтинга компании ООО «Остек-СМТ», позволило заказчику получить исчерпывающую информацию о состоянии всей магистральной системы снабжения предприятия хозяйственно-питьевой водой и ее отдельных элементов. При этом все выводы основаны на фактических параметрах работы сети, полученных в результате инструментального обследования. Замеры расходов воды на магистралях и каждом отводе потребителя дали реальную картину состояния трубопроводов, обозначили места сверхнормативных потерь. Точное указание расстояний от ближай-

ших камер и колодцев до мест утечек и их визуализация на местности даст возможность ремонтной службе комбината в теплый период года полностью устранить выявленные сверхнормативные потери.

Обследуемое предприятие за последние годы реализовало несколько масштабных инвестиционных проектов, ввело в строй новые и модернизировало существующие производственные мощности. Инженерная инфраструктура постоянно обновляется, становится современной, высоконадежной и энергоэффективной. Эксплуатационный и управленческий персонал совершенствуется, участвуя в корпоративных программах повышения квалификации, осваивая самые современные образцы отраслевого оборудования, применяя на практике передовые технологии и инженерные решения. Работать с такими высококомпетентными специалистами иногда трудно, но всегда интересно. Для нашей компании большая честь выполнять работы и оказывать инженерные услуги на промплощадке комбината. И важно, что по результатам проведенного целевого аудита начато обсуждение следующих проектов – целевых обследований централизованной пневмосистемы и тепловой сети предприятия.

Финишные покрытия под поверхностный МОНТАЖ современной элементной базы



Текст: **Светлана Шкундина**

”

В своих статьях мы уже неоднократно затрагивали тему финишных покрытий печатных плат, и до сих пор эта тема не теряет своей актуальности. Ни один другой этап в производстве печатных плат не менялся столько раз, сколько процесс осаждения финишных покрытий. Активное развитие электронной промышленности ставит новые задачи производителям печатных плат и предъявляет к финишным покрытиям еще более высокие требования, зависящие от многих факторов – экологических, технологических и технических вопросов, финансовых вопросов, производительности и причин отказов.

При становлении технологии изготовления печатных плат у специалистов была возможность припаивать компоненты непосредственно к меди, используя активные флюсы. Когда печатные платы стали выпускать большими партиями, были разработаны защитные покрытия для меди – органические и металлические. Среди методов нанесения финишных покрытий наибольшее распространение получили лужение, химическое и гальваническое осаждение. Лужение – достаточно простой способ, однако он теряет свою актуальность из-за сложности получения поверхностей с необходимой плоскостностью, а также из-за высоких температур процесса облуживания, что равносильно термоудару, отрицательно влияющему на надежность.

Гальваническое осаждение – быстрый и хорошо контролируемый процесс, но при нанесении финишного покрытия по сформированному металлическому рисунку он требует наличия электрического контакта между всеми поверхностями, что бывает сложно обеспечить. Для этого применяются технологические перемычки, соединяющие различные проводники и области в единое целое, которые потом удаляются, однако это снижает технологичность процесса.

Гальваническое оловянно-свинцовое покрытие (гальванический ПОС) – это «побочный эффект» комбинированного позитивного метода изготовления печатных плат. Олово и свинец в пропорциях, близких к эвтектическому сплаву, наносятся гальваническим методом до травления меди, поэтому электрический контакт обеспечивается медной фольгой. Данное покрытие выполняет роль металлического резиста при травлении, а затем оплавляется. Основными недостатками метода являются отсутствие достаточной плоскостности, а также нанесение паяльной маски в местах проводников не на медную поверхность, а на поверхность, покрытую припоем. Этот припой, расплавляясь при пайке оплавлением, а часто и при ручной пайке вблизи контактных площадок, приводит к отслаиванию маски и появлению эффекта апельсиновой корки паяльной маски. Для устранения эффекта отслаивания покрытие в соответствующих местах удаляется механически до нанесения маски, однако такой способ снижает технологичность и надежность платы. В настоящее время это покрытие применяется в некоторых изделиях, где отсутствует паяльная маска и/или указанные недостатки не играют большой роли, а также там, где не предъявляются требования по исключению свинца, и ширина проводников плат и зазоры между элементами рисунка составляют не менее 0,25-0,3 мм.

По этим причинам среди металлических покрытий все большее предпочтение отдается так называемым иммерсионным покрытиям (от англ. immersion – погружение). Действительно, достаточно погрузить деталь

в раствор из менее электроотрицательного металла, чтобы начался процесс иммерсионного осаждения.

Иммерсионные процессы – это контактное восстановление металлов из их растворов на электроотрицательных поверхностях. Происходит реакция замещения металла основы на металл из раствора. После образования плотной пленки процесс останавливается, поскольку прекращается контактный обмен. Поэтому иммерсионные процессы образуют принципиально тонкие покрытия – порядка десятых долей микрона. Но и при такой толщине в осаждаемой пленке не может быть непокрытий, поскольку контактный процесс восстановления продолжится до тех пор, пока поверхность основы не закроется.

Этот метод химического осаждения обеспечивает тонкие и однородные покрытия именно тех участков, где имеется открытая медь, т. е. благодаря реакции замещения процесс является самоуправляемым.

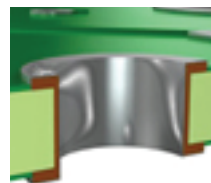
Известные в настоящее время технологии финишных покрытий – иммерсионное золочение с подслоем химического никеля, иммерсионное оловянирование, химическое серебрение, осаждение органической защиты (OSP) позволяют получить плотное и идеально ровное покрытие, не содержащее свинец. Эти технологии являются альтернативой широко распространенной технологии горячего лужения (HASL) и довольно успешно решают большую часть поставленных задач.

Рассмотрим более подробно методы нанесения финишных покрытий.

Горячее лужение ПОС-63 (HASL)

Толщина, мкм: 12-20

Процесс горячего облуживания состоит в погружении платы на ограниченное время в ванну с расплавленным припоем и быстрой выемке ПП с обдувкой струей горячего воздуха, убирающей излишки припоя и выравнивающей покрытие. Но при этом процессе наплывы припоя все равно остаются (рис. 1). Особенно много их на развитых металлических поверхностях. В последующей сборке наплывы мешают установке мелких компонентов, что и ограничивает применение HASL.



1

Наплывы припоя на внутренней поверхности переходного отверстия

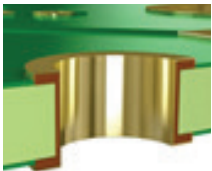
Плюсы:

- наиболее хорошо известный и традиционно применяемый метод покрытия, хорошо отработана технология его нанесения и дальнейшего использования плат;
- хорошая прочность паяного соединения;
- выдерживает множество циклов пайки.

Минусы:

- значительная неплоскостность контактных площадок;
- наличие свинца, который вреден для окружающей среды и обслуживающего персонала;
- затруднено применение для плат с большим соотношением толщины платы к диаметру металлизированного отверстия;
- значительная тепловая нагрузка на плату, что может вызвать ее коробление и даже расслоение;
- жесткий термоудар, который испытывают межслойные соединения многослойной платы при погружении в расплавленный припой;
- возможные замыкания контактных площадок компонентов с малым шагом. Не рекомендуется применять для компонентов с шагом менее 0,5 мм.

Иммерсионное золочение (Electroless Nickel / Immersion Gold – ENIG)



2

Покрытие иммерсионным золотом

Толщина, мкм: 3-6 Ni; 0,05-0,1 Au
Нанесение иммерсионного золота возможно как по чистой меди, так и по подслою химического никеля. Золото предотвращает окисление никеля и обеспечивает превосходную паяемость. Никель служит барьером между медью и слоем золота, предотвращая взаимную диффузию золота и меди и увеличивая время

хранения печатной платы. Слой иммерсионного золота – ровный, компактный и мелкокристаллический (рис. 2). Он имеет хорошее сцепление с подслоем химического или электрохимического никеля и хорошо паяется с малоактивными флюсами. Эти характеристики особенно важны при сборке печатных плат.

Плюсы:

- плоская поверхность, равномерная толщина покрытия;
- подходит для установки компонентов с малым шагом;
- не ограничивает минимальный диаметр металлизированных отверстий;
- выдерживает многократное термоциклирование;
- имеет длительный срок хранения;
- обладает хорошей паяемостью;
- имеет хорошую смачиваемость припоем при пра-

вильном подборе флюса.

Минусы:

- возможно появление дефектов типа «черные площадки»;
- несовместимость многих паяльных масок с высокотемпературной ванной никелирования;
- не оптимально для плат с высокоскоростными сигналами;
- паяемость, сильно зависящая от правильного выбора очистителей, флюса и режимов пайки;
- содержит никель, который считается канцерогеном;
- относительно высокая стоимость.

Иммерсионное серебро (ImmAg – Immersion Ag)

Процесс похож на процесс нанесения иммерсионного золота.

Толщина покрытия: 0,05 – 0,1 мкм

Плюсы:

- плоская поверхность, равномерная толщина покрытия;
- подходит для установки компонентов с малым шагом;
- не ограничивает минимальный диаметр металлизированных отверстий;
- имеет длительный срок хранения;
- отсутствие дефектов типа «черные площадки»;
- простой процесс нанесения;
- недорогое покрытие.

Минусы:

- высокий коэффициент трения, что не оптимально для монтажа элементов методом запрессовки (press-fit);
- потускнение покрытия со временем;
- высокая миграционная способность серебра, приводящая к росту дендритов и волосяных мостиков, что, в свою очередь, приводит к короткому замыканию.

Органическая защита OSP (Organic Solderability Preservative)

Толщина покрытия: 0,2-0,6 мкм

Альтернативой покрытию металлами является покрытие органическими защитными покрытиями. Они обеспечивают плоскую поверхность и не приводят к замыканию контактов элементов с большой степенью интеграции. Имеют меньшую стоимость, чем покрытие никелем или золотом. Применение OSP позволяет при пайке использовать смываемые водой или безотмывные флюсы. К тому же этот процесс экологически безопасен.

Тесты показали, что при нормальных условиях хранения печатные платы, покрытые OSP, сохраняют паяемость более одного года. Также органические покрытия разлагаются при пайке, тогда как металлические покрытия растворяются в сплаве, образующем паяное соединение.

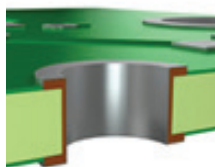
Плюсы:

- плоская поверхность;
- не влияет на размер металлизированных отверстий;
- быстрый и недорогой процесс нанесения;
- не содержит никель;
- хорошая прочность паяных соединений.

Минусы:

- не выдерживает более одного нагрева платы;
- может потребоваться переналадка сборочной линии;
- после сборки могут оставаться места с открытой медью (например, тестовые точки);
- ограниченное термоциклирование;
- чувствительность к растворителям, которые применяются для удаления неправильно нанесенной паяльной пасты;
- прокалывание покрытия тестовыми щупами при электротестировании, что может привести к появлению участков открытой меди.

Иммерсионное олово (Immersion Tin – ImmSn) с подслоем органического металла



3
Покрытие иммерсионным оловом

Толщина, мкм: 0,5-0,8 Sn;
Иммерсионное покрытие обеспечивает высокую плоскостность печатных площадок платы и совместимость со всеми способами пайки. Процесс нанесения иммерсионного олова схож с процессом нанесения иммерсионного золота.

Иммерсионное олово имеет хорошую паяемость после длительного хранения, которая обусловлена введением подслоя органометалла (0,08-0,1 мкм) в качестве барьера между медью контактных площадок и непосредственно оловом (рис. 3).

Барьерный подслои предотвращает взаимную диффузию меди и олова, образование интерметаллидов и рекристаллизацию олова. Нитевидные кристаллические усы не могут самопроизвольно образовываться из ImmSn, поскольку толщина покрытия недостаточна для их формирования.

Плюсы:

- отличная паяемость;
- плоская поверхность, покрытие подходит для установки компонентов с малым шагом выводов;

- возможность использовать те же паяльные пасты, что и для плат с покрытием HASL;
- полная совместимость с бессвинцовыми припоями;
- способность к многократной перепайке;
- простота эксплуатации;
- стабильный процесс;
- простые анализы;
- хорошие условия для обеспечения беспаянных соединений Press-Fit (запрессовывание штырей-хвостовиков разъемов в металлизированные отверстия плат);
- не влияет на размер металлизированных отверстий;
- недорогое покрытие;
- допускается нанесение покрытия как по маске, так и до нанесения маски.

Минусы:

- платы требуют осторожного обращения;
- не пригодно для производства клавиатур/сенсорных панелей.

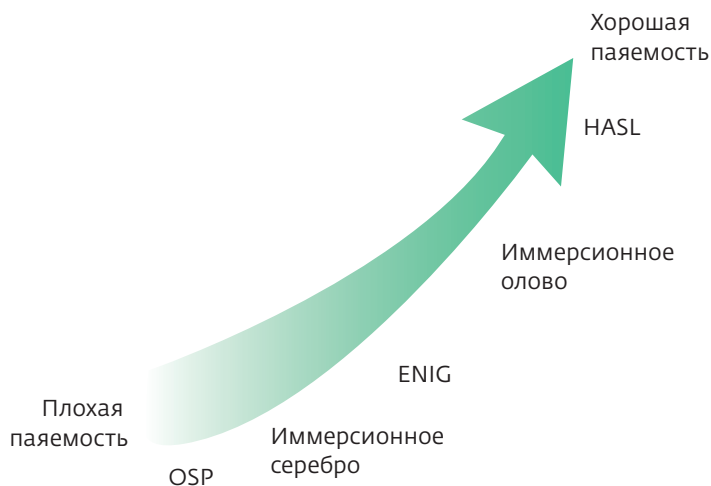
Существует еще одно, едва ли не самое основное требование к финишным покрытиям ПП – надежность. Испытания образцов ПП с различными видами финишных покрытий показали, что свежесажженные покрытия имеют характеристики, не уступающие характеристикам, полученным при горячем лужении (HASL), чего нельзя сказать о результатах после искусственного старения.

На примере одной из важнейших характеристик покрытий – смачиваемости припоем при пайке, мы видим ухудшение или полное отсутствие смачиваемости по сравнению с горячим лужением при следующих условиях искусственного старения:

1. Пары воды / 8 час:
 - HASL – смачиваемость 1,07;
 - химический Ni / иммерсионное Au – смачиваемость 0.
2. T = 85 °C / отн. влажность 85 % / 24 час:
 - HASL – смачиваемость 1,0;
 - химическое Ag – смачиваемость 0,9;
 - иммерсионное Sn (традиционный процесс) – смачиваемость 0,9.
3. T = 155 °C / 4 час:
 - HASL – смачиваемость 1,0;
 - иммерсионное Sn (традиционный процесс) – смачиваемость 0,69;
 - органическая защита (OSP) – смачиваемость 0.

Эти результаты значительно сокращают области применения ПП с указанными финишными покрытиями. Рейтинг паяемости бессвинцовых финишных покрытий представлен на рис. 4.

Далее рассмотрим два самых перспективных финишных покрытия: иммерсионное олово с подслоем органометалла и иммерсионное золото с подслоем никеля.



4

Улучшение характеристик паяемости в зависимости от финишного покрытия

ООО «Остек-Сервис-Технология» совместно с компанией J-KEM International AB (Швеция) предлагает технологию осаждения иммерсионного олова нового поколения, позволяющую получить финишное покрытие, которое отвечает современным требованиям к покрытиям ПП и обеспечивает высокую надежность. Производителям ПП хорошо известны проблемы традиционных финишных покрытий иммерсионным оловом. Это миграционные процессы, связанные с диффузией меди и олова, образование интерметаллидов на границе медь/олово, рекристаллизация олова и, как следствие, рост дендритов, потеря паяемости после непродолжительного хранения.

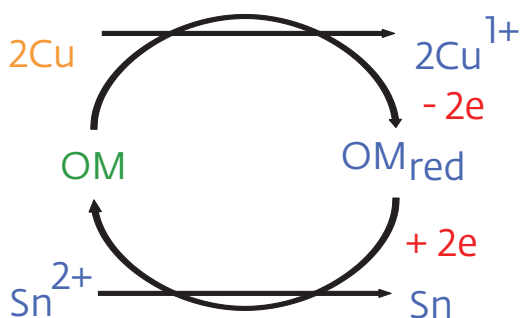
Разработанная технология осаждения иммерсионного олова нового поколения – это комбинация двух технологий: осаждения на медь органического металла (ОМ) в качестве барьерного слоя и последующего осаждения слоя иммерсионного олова (рис. 5).

Что же представляет собой органический металл?

Классические металлы окружены «электронными облаками» – это неограниченное перемещение электронов. Это свойство было обнаружено в веществе, которое не относится к группе классических металлов.

Органический металл – это полимер:

- чисто органическое соединение, содержит С, Н, О, N, S;



5

Механизм электронной проводимости органического металла

- не имеет металлических добавок;
- проводит электрический ток;
- имеет потенциал «благородного металла» (серебро);
- обладает каталитическими свойствами;
- может быть окислено и восстановлено без видоизменений;
- полностью нерастворимо и может использоваться только в виде дисперсии.

Предварительная обработка очищенной медной поверхности в растворе органического металла значительно снижает скорость диффузионных процессов, препятствует образованию интерметаллидов и рекристаллизации олова, позволяя получить покрытие с высокими техническими характеристиками. Присутствие органического металла оказывает прямое влияние на структуру последующего осадка иммерсионного олова. Создается более совершенная и менее напряженная структура олова, что дает возможность получить более плотную, гладкую поверхность. Все это значительно снижает скорость процессов окисления и образования дендритов (рис. 6).



6

Покрытие иммерсионного олова на медь с использованием органического металла в качестве барьерного слоя (кристаллическая структура более совершенна; поверхность гладкая; структура плотная)

Результаты испытаний образцов ПП, на которые в качестве финишного покрытия было нанесено иммерсионное олово с барьерным слоем органического металла, показали, что смачиваемость поверхности (среднее значение 1,28) даже лучше, чем при горячем лужении (среднее значение 1,08). Паяемость покрытия сохраняется до нескольких лет без консервации.

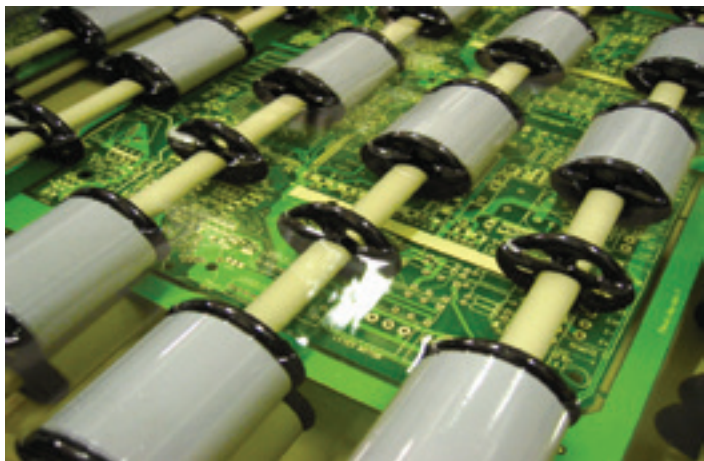
Процесс прост в эксплуатации, легко контролируется, экономичен, может проводиться как в вертикальных, так и в горизонтальных линиях (рис. 7).

Основные стадии процесса:

- кислая очистка;
- микротравление;
- осаждение органического металла;
- осаждение иммерсионного олова.

Кислый очиститель удаляет окислы с поверхности меди. Микротравитель – это стабилизатор для травильного раствора меди, основанного на серной кислоте и перекиси водорода. Воздействуя химически на медную поверхность, микротравитель создает топографию поверхности, обеспечивающую хорошую адгезию с последующими химическими и электрохимическими покрытиями.

Финишное покрытие иммерсионным оловом с подслоем органического металла при толщине 1 мкм имеет ровную, плоскую поверхность, сохраняет паяемость и возможность нескольких перепаек даже после дли-



7

Осаждение иммерсионного олова на линии горизонтального типа

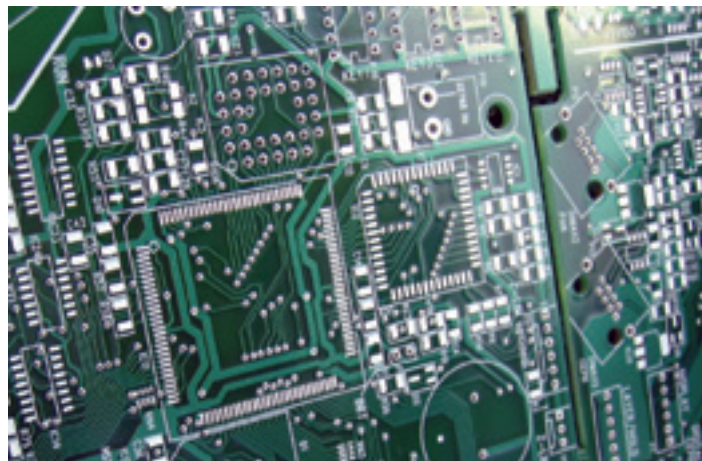
тельного хранения. Имеет технические характеристики покрытия, полностью отвечающие современным требованиям к ПП (рис. 8).

Покрытие ImmSn с подслоем органического металла прошло многочисленные испытания и хорошо зарекомендовало себя в производстве ПП. Это покрытие используется в России уже довольно давно. В настоящее время ImmSn с подслоем органического металла внедрено на 15 российских предприятиях и успешно работает. На все растворы, составляющие процесс осаждения иммерсионного олова с подслоем органического металла, выпущены российские ТУ, а сам процесс введен в действующий стандарт отрасли ОСТ 107.460092.028-96 «Печатные платы. Технические требования к технологии изготовления».

Также ООО «Остек-Сервис-Технология» и J-KEM International AB предлагают технологию нанесения иммерсионного золота. Само золотое иммерсионное покрытие представляет собой композицию из меди контактной площадки, подслоя химически осажденного никеля и иммерсионно осажденного золота. Тонкий слой золота толщиной 0,05...0,1 мкм несет единственную функцию – защитить никель от окисления для последующей пайки. При пайке оно быстро растворяется в припое и обнажает свежую поверхность никеля для смачивания припоем.

Всякий иммерсионный процесс состоит в реакции замещения одного металла другим из раствора. Поэтому толщина иммерсионного золота в данном случае не может быть большой – как только поверхность никеля будет закрыта золотом, ее взаимодействие с раствором для реакции замещения прекратится. Это значит, что все участки поверхности никеля будут обязательно покрыты золотом, пока они свободны для реакции замещения. Также это значит, что несмотря на чрезвычайно малую толщину иммерсионно осажденного золота его сплошность гарантируется самим механизмом процесса.

Иммерсионное золото можно было бы осаждать и прямо на медь контактной площадки, но тогда их



8

Иммерсионное олово с подслоем органического металла

взаимная диффузия приводила бы к быстрой потере паяемости из-за превращения тонкого слоя золота в интерметаллоид CuXAuY , не растворимый в припое. Барьерный подслой никеля толщиной 3...6 мкм предотвращает процесс диффузии и потерю паяемости (рис. 9).

Последовательность процесса нанесения иммерсионного золота с подслоем химического никеля:

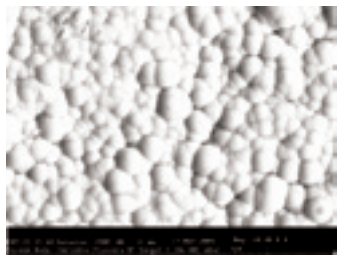
- кислая очистка;
- микротравление;
- активация;
- химическое осаждение подслоя никеля;
- нанесение иммерсионного золота.

Кислый очиститель удаляет с медных поверхностей масла, окислы, отпечатки пальцев, не оказывает воздействия на паяльную маску, краски, эпоксифенольные подложки. Микротравнитель равномерно подтравливает медную поверхность, что дает отличную адгезию с последующим осаждением никеля.

Коллоидный палладиевый активатор полностью катализирует медную поверхность, не затрагивая диэлектрики. Использование активатора гарантирует получение плотного никелевого осадка при обработке в ванне химического никелирования. Раствор химического никелирования дает качественное полублестящее покрытие сплавом никель-фосфор с хорошей пластичностью и отличной адгезией к медной поверхности контактной площадки.

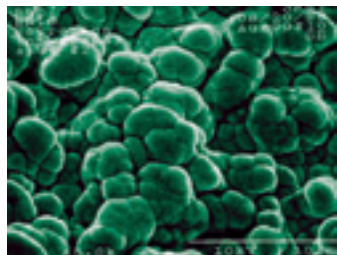
Из раствора иммерсионного золочения должен получаться плотный, мелкокристаллический, блестящий золотой осадок 24 каратного золота (рис. 10).

Печатные платы, защитное покрытие на которые нанесено с помощью ENIG-процесса, могут иметь характерный дефект, называемый «черная контактная площадка» («black pad»). Из-за данного дефекта образуются механически непрочные паяные соединения, которые могут треснуть и/или отслоиться даже под действием минимальной нагрузки. Дефект наиболее отчетливо проявляется для корпусов с матричным расположением выводов вследствие большей жесткости – BGA, QFP,



9

Покрывание никель-фосфор, полученное из раствора химического никелирования КЕМ НИ 6000. Увеличение 10000



11

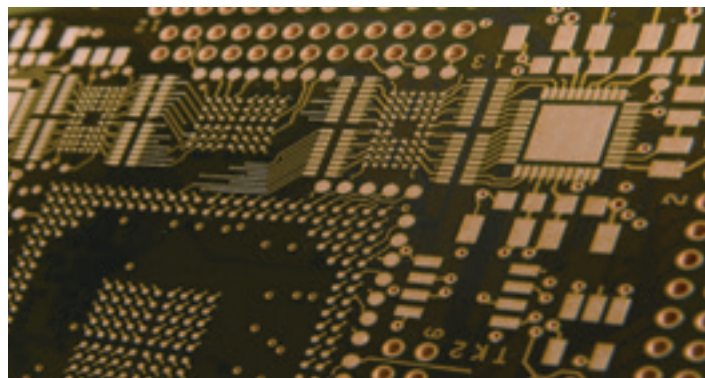
Кристаллическая структура химически восстановленного никеля с большими межкристаллитными прослойками

QFN. Название дефекта произошло от темно-серого или черного цвета поверхности площадки, обнажающейся при отслоении паяного соединения.

Практика работы на одном из отечественных предприятий показала, что явление «черная контактная площадка» связано с чрезмерной коррозией никеля в процессе иммерсионного осаждения золота. Если кристаллическая структура осажденного никеля имеет вид, отличный от нормального (рис. 9), с большими межкристаллитными прослойками, как показано на рис. 11, это означает, что не вся поверхность никеля участвует в обменных реакциях с раствором золочения, а сами инородные прослойки, не покрытые золотом, являются причиной зарождения очагов коррозии (рис. 12, рис. 13).

Что провоцирует образование чрезмерно больших межкристаллитных прослоек?

Механизм, ведущий к возникновению черной контактной площадки, пока окончательно не изучен, однако проведенные исследования свидетельствуют, в частности, о влиянии на его появление содержания фосфора в ванне, а также остаточного фосфора в покрытии после его нанесения. Фосфор выделяется в процессе восстановления никеля на поверхность медной площадки; при пайке и растворении золота в припое поверхностный слой фосфора обнажается. Он имеет плохую паяемость – припой не смачивает его поверхность и скатывается с нее.



10

Плотное 24-каратное покрытие золотом, полученное из раствора иммерсионного золочения КЕМ А 3000

Известно, что при образовании кристаллической структуры все инородные для кристалла компоненты вытесняются в пространство между кристаллами – в межкристаллитные прослойки. В данном случае фосфор, сопровождающий реакцию химического восстановления никеля, может образовывать с никелем твердый раствор, а может и вытесняться в межкристаллитное пространство. Мелкокристаллическая структура никеля с межкристаллитными прослойками образуется при содержании фосфора до 7 %. При большем содержании фосфора, от 7 до 12 %, структура никелевого слоя приобретает аморфную форму и, соответственно, не имеет кристаллической структуры и межкристаллитных прослоек. В этом случае реакция замещения никеля золотом происходит равномерно по всей поверхности с хорошей укывистостью, что предотвращает процессы окисления никеля. Из этого возникает первая рекомендация: чтобы предотвратить образование «черной контактной площадки» при химическом никелировании следует обеспечивать максимальную концентрацию фосфора.

Подготовка поверхности под иммерсионное золочение – основная операция для обеспечения необходимой морфологии наносимых потом покрытий никеля и золота. Гарантированные результаты дают растворы микроотравления. При микроотравлении поверхность меди активируется за счет удаления верхнего «отравленного» слоя и получает микрошероховатость, обеспечивающую хорошую адгезию никеля. Равномерная активация поверхности меди способствует равномерному осаждению палладия за счет реакции замещения, а это, в свою очередь, обеспечивает равномерное осаждение никеля. Важно, что за этим должна следовать тщательная отмывка металлизированной поверхности для предотвращения попадания палладия в раствор никелирования, что привело бы к разрушению раствора.

Отсюда вторая рекомендация: поверхности, подлежащие иммерсионному золочению, должны быть максимально сглажены, что достигается выполнением операции микроотравления.

Процесс восстановления золота сопровождается растворением никеля, т.е. это процесс коррозии никеля. При больших скоростях реакции процесс замещения может оказаться несбалансированным, коррозия никеля может стать преобладающей – и под золотом образуется черная, пока не заметная глазу, поверхность никеля. Предлагаемые рынком готовые процессы и растворы для иммерсионного золочения предусматривают в своем составе притормаживающие окислительно-восстановительный процесс компоненты. Третья рекомендация: нужно работать только с надежными и проверенными поставщиками химических процессов и материалов.

Общие рекомендации по обеспечению устойчивости процесса иммерсионного золочения таковы:

- Большинство производителей использует комбинированный позитивный метод, предусматривающий применение металлорезиста в виде олова для избирательного травления меди. Для последующего нанесения маски и иммерсионного золочения его удаляют. Важно, чтобы удаление и последующая промывка были полными, иначе остатки металлорезиста могут стать причиной локальной коррозии меди с распространением ее на последующие слои никеля. Для гентинг-метода нужно предусмотреть тщательное проявление и отмывку фоторезиста, не допуская вуали.

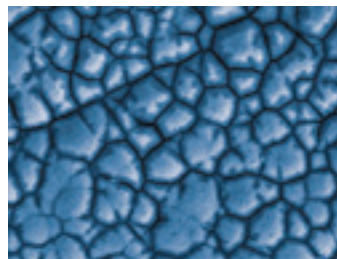
- При осаждении никеля важно предотвратить высокие скорости осаждения, которые порождают толстые и глубокие межкристаллитные образования – причины коррозии. Для этого, в первую очередь, необходимо точно поддерживать pH раствора в пределах $\pm 0,1$. То же относится к точности поддержания температуры раствора – $\pm 1^\circ \text{C}$ при общей температуре раствора в пределах $85...90^\circ \text{C}$. В процессе работы раствор никелирования требует постоянного пополнения никелем и восстановителем. Поэтому ванны никелирования целесообразно оснастить системой автоматического дозирования и управления pH и температурой.

- Для обеспечения стабильности процесса никелирования в составе раствора предусмотрено наличие стабилизатора. Контроль содержания стабилизатора должен являться частью ежедневного обслуживания ванны химического никелирования. Активное перемешивание раствора способствует доставке стабилизатора к металлизированной поверхности, компенсирующей его дефицит.

- Равномерность и скорость осаждения золота обеспечивается поддержанием его концентрации в растворе и температурой раствора. Слишком высокая температура ведет к неравномерному осаждению золота и нежелательному ускорению окислительно-восстановительных реакций. Слишком низкая температура замедляет процесс осаждения. Низкая концентрация золота обуславливает неоднородность покрытия с непокрытиями, под которыми никель не защищен от окисления и коррозии. Время погружения плат в ванну золочения должно быть достаточным для получения сплошной пленки, но не более. Излишнее пребывания плат в ванне золочения несущественно увеличивает толщину золота, но за счет неизбежных диффузионных процессов приводит к коррозии никеля.

- Иммерсионное золочение производится на монтажных поверхностях – в окнах паяльной маски. Нужно добиваться полного проявления, отмывки и отверждения маски, чтобы в окнах не было ее остатков, которые будут потом нарушать морфологию осадков. Не до конца отвержденная маска будет разрушаться в агрессивных горячих растворах химического никелирования и осаждаться на поверхности контактных площадок. Адгезия покрытий будет ослаблена.

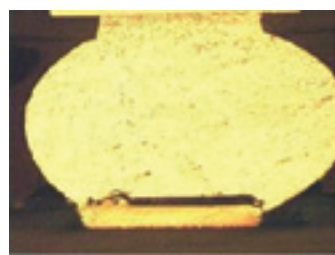
- Некоторые поставщики паяльных масок не гарантируют их устойчивость к горячим растворам никелиро-



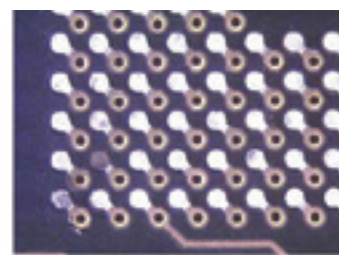
12

Так выглядит при увеличении черная поверхность никеля

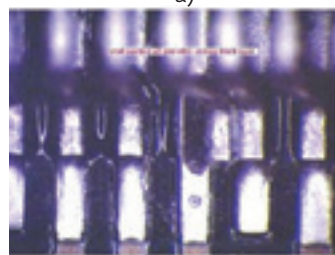
вания, поэтому они рекомендуют использовать иммерсионное золочение до нанесения паяльной маски. Это неправильно! Открытая поверхность диэлектрического основания плат, имеющего значительную пористость, впитывает ионногенные продукты растворов, которые не могут быть полностью удалены даже тщательной промывкой. Их остатки в виде ионов металлов и галогенов приводят к существенному снижению качества электрической изоляции плат и потере их надежности. Не до конца отмытые ионногенные остатки растворов снижают сопротивление изоляции в условиях повышенной влажности. Остатки химических загрязнений в условиях повышенной влажности провоцируют осмотические явления, приводящие к отслоению паяльной маски и влагозащитного покрытия. Ионногенные загрязнения создают на поверхности платы под маской электролит, в котором развиваются электрохимические процессы, завершающиеся образованием электропроводящих мостиков – «дендритов» и, соответственно, коротких замыканий. Повышенные потери в диэлектрике платы, обусловленные присутствием химических загрязнений, снижают уровни СВЧ-сигналов (стандарт IPC 4252). Кроме того, обработка открытой поверхности плат в агрессивных растворах будет приводить к разрушению



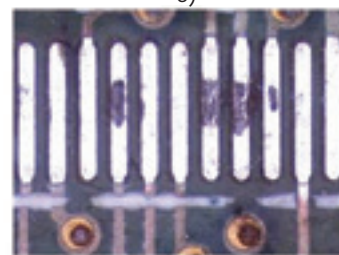
а)



б)



в)



г)

13

Примеры образования дефекта «черная контактная площадка» для корпусов BGA и QFP: а) треснувшее паяное соединение с участием шарикового вывода BGA-компонента; б) посадочное место для BGA-компонента с одной черной контактной площадкой в) припаянный компонент QFP с треснувшим и смещенным выводом; г) черные контактные площадки на КП под QFP-компонент после снятия компонента и удаления избыточного припоя

адгезионного слоя фольги и, как следствие, отслоению тонких проводников и образованию под ними пазух, в которых скапливаются загрязнения. Адгезия паяльной маски к проводникам, покрытым иммерсионным золотом, намного ниже, чем к медным проводникам. В процессе эксплуатации маска может отслаиваться. Поэтому паяльная маска должна наноситься только на развитую поверхность медных проводников. (стандарт IPC-SM-839), получаемую с помощью механической обработки или микротравления, но не на тонкий блестящий слой золота. В процессе нанесения паяльной маски на иммерсионное золото и ее термодублирования поверхность золота «отравляется» парами органических соединений, входящих в состав паяльной маски, что ухудшает смачиваемость монтажной поверхности контактных площадок припоем и снижает надёжность паяного соединения.

- На завершающей стадии обработки плата должна быть тщательно отмыта с контролем качества отмывки и высушена с последующей вакуумной упаковкой.

Иммерсионное золочение – процесс, требующий высокой технологической культуры, а приведенные рекомендации являются лишь частью особенностей использования технологии золочения.

Точное следование технологии нанесения иммерсионного золота и своевременная замена растворов гарантируют качество покрытия и отсутствие дефекта «black pad».

Заключение

В ряду современных финишных покрытий для пайки микросхем с малым шагом выводов и миниатюрных чип-компонентов типа 01005 наиболее целесообразно использовать иммерсионные покрытия. Они тонкие, плоские, длительное время сохраняют паяемость. Проектировщикам аппаратуры наиболее знакомо покрытие золотом по никелю (ENIG), и они его вписывают в конструкторскую документацию, а производители плат выполняют это требование. В этих условиях другие, более эффективные покрытия остаются за бортом, не получая распространения. Конечно, смелый производитель может оформить разрешение на замену, например, иммерсионного золота на иммерсионное олово. Но для этого он должен быть убежден в целесообразности своих действий. Цель данной статьи – показать разработчикам преимущества использования финишного покрытия на основе иммерсионного олова, которое не создает таких проблем, как иммерсионное золото. 

Литература:

1. А. Медведев. Бессвинцовые технологии монтажной пайки. Что нас ожидает? - Электронные компоненты, 11/2004.
2. The Black Pad Failure Mechanism – From Beginning to End\ Ronald A. Bultwith, Michael Trosky, Louis Picehione, Darlene Hug/Cookson Electronics Assembly Materials Group – Alpha Metals, Global SMT and Packaging Journal, Sept. 2002.
3. А. Медведев. Требования к материалам и технологиям печатных плат при бессвинцовой пайке. – Производство электроники: технологии, оборудование, материалы, 2/2006.
4. Advanced coating technologies for lead-free solders, Bill Boyd, Specialty Coating Systems, Indianapolis, IN, USA www.globalsmt.net
5. iNEMI Updates Tin Whisker Recommendations, Joe Smetana www.globalsmt.net
6. Иммерсионное олово как финишное покрытие. Надёжность – прежде всего! «Технологии в электронной промышленности», №4, 2007
7. Салтыкова В. Финишные покрытия. Проблемы и решения // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 1.
8. Review EIPC WINTER CONFERENCE, TOULOUSE, FRANCE, 28TH & 29TH January 2010.
9. IPC-4552. Specification for Electroless Nickel/Immersion Gold (ENIG) Plating for Printed Circuit Boards. July 2002.
10. С. Шкундина. Новые процессы и материалы в производстве печатных плат. Технологии в электронной промышленности, 4/2009.

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



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

