

03 (43) июль 2019

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал

КАЧЕСТВО

Дмитрий Кондрашов
Алексей Шостак

20

СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ
НА ЭМС МИКРОСХЕМ И
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

ОПТИМИЗАЦИЯ

Юрий Смирнов

32

ПРИМЕНЕНИЕ ЦСУП ДЛЯ
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
ПРОИЗВОДСТВА

ТЕХПОДДЕРЖКА

Екатерина Томилина

56

СПЕКТРОМЕТРЫ BRUKER:
БЫСТРЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ
АНАЛИЗ ЛЮБЫХ
МАТЕРИАЛОВ



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.

* Скачайте бесплатную демонстрационную версию ЦСУП LOGOS на сайте www.logos-system.ru.



будущее
создается

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





Уважаемые читатели!

Половина российских предприятий в ближайшие три года будет работать над цифровой трансформацией, об этом 4 июня рассказал РБК министр промышленности и торговли РФ Денис Мантуров: «Сегодня из общего объема предприятий, входящих в периметр обрабатывающих производств, всего 10 % отвечают стандартам и форматам цифрового производства. Если говорить о компаниях, которые сегодня занимаются подготовкой к внедрению цифрового формата, таких где-то еще 40 %. Итого мы в ближайшие 3 года получим 50 % и более».

В связи с озвученными показателями и планами было бы интересно ознакомиться с методологией аудита предприятий на соответствие стандартам и форматам цифрового производства. Но в открытых источниках найти методологию оказалось невозможно. Еще полезней было бы иметь открытый онлайн ресурс для проведения самодиагностики, по результатам которой предприятие могло бы определять области развития для формирования шагов по внедрению цифрового производства.

И должна ли быть цифровизация самоцелью? Как говорится, «нельзя автоматизировать хаос». Ведь целью

цифровой трансформации является, в первую очередь, выстраивание производственных и бизнес-процессов на основе ИТ-продуктов.

В отчете «Как избежать скрытых опасностей в промышленности 4.0» (Avoiding the Hidden Hazards of Industry 4.0) консалтинговая компания VCS предупреждает о следующих опасностях: концентрация на небольших улучшениях при игнорировании возможностей получения серьезного эффекта, оцифровка процессов без устранения основных причин их неэффективности, неготовность персонала работать в новых условиях и связанные с этим поведенческие проблемы, поиск высокотехнологичных решений без оценки полной стоимости их реализации и без рассмотрения вопроса о том, возможно ли сделать работу лучше за меньшие деньги.

Процент цифровизованных предприятий не должен стать самоцелью. Главная цель цифровизации – новые возможности для заказчиков, сотрудников, владельцев и полученный экономический эффект.

**Антон Большаков,
директор по маркетингу**

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- 4 ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО 2019
- 6 ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К 5-Й ЮБИЛЕЙНОЙ ПОЕЗДКЕ ОСТЕКА НА ВЫСТАВКИ PRODUCTRONICA И SEMICONEUROPA 2019
- 6 УСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИУС-7
- 7 ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-АРТТУЛ



ТЕХНОЛОГИИ стр. 8

ТЕХНОЛОГИИ

ИННОВАЦИОННОСТЬ – КЛЮЧ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ 8

Автор: Дмитрий Суханов

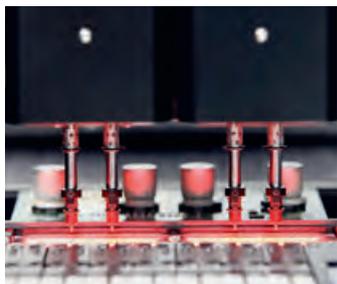
КАЧЕСТВО

МЫ ПОСТАВЛЯЕМ НЕ ТОЛЬКО МАТЕРИАЛЫ, НО И ЗНАНИЯ, И ТЕХНОЛОГИИ 14

Автор: Юрий Ковалевский

СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ЭМС МИКРОСХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ 20

Авторы: Дмитрий Кондрашов, Алексей Шостак



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 26

ОПТИМИЗАЦИЯ

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ: ПРАГМАТИЧНЫЙ ПОДХОД «ЭЛКУС» К ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ 26

Автор: Денис Кулицкий



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 48

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА УМНОГО РАБОЧЕГО МЕСТА – АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧАСТКОВ РУЧНОГО ТРУДА 30

Автор: редакция

ПРИМЕНЕНИЕ ЦСУП ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВА 34

Автор: Юрий Смирнов

ТЕХПОДДЕРЖКА

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ. БОРЬБА С НЕВИДИМЫМ ВРАГОМ 40

Автор: Роман Порядин

ОБЗОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ИХ КОМПОНЕНТОВ 48

Автор: Александр Туренко

СПЕКТРОМЕТРЫ BRUKER: БЫСТРЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЛЮБЫХ МАТЕРИАЛОВ 56

Автор: Екатерина Томилина

АВТОРЫ НОМЕРА

- Дмитрий Суханов**
 Главный специалист группы пресейл-инженеров
 ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Юрий Ковалевский**
 Журнал «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Дмитрий Кондрашов**
 Начальник группы волновых процессов
 ООО «Остек-Электро»
ostecelectro@ostec-group.ru
- Алексей Шостак**
 Специалист технического сопровождения группы волновых процессов
 ООО «Остек-Электро»
ostecelectro@ostec-group.ru
- Денис Кулицкий**
 Начальник региональной группы «Запад»
 ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru
- Юрий Смирнов**
 Генеральный директор
 ООО «Остек-Инжиниринг»
okp1@ostec-group.ru
- Роман Порядин**
 Главный специалист технического сопровождения
 ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru
- Александр Туренко**
 Ведущий специалист отдела автоматизации точных производств
 ООО «Остек-ЭТК»
cable@ostec-group.ru
- Екатерина Томилина**
 Главный специалист отдела неразрушающего контроля и научно-исследовательского оборудования
 ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru

ЭлектронТехЭкспо 2019





ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К 5-Й ЮБИЛЕЙНОЙ ПОЕЗДКЕ ОСТЕКА НА ВЫСТАВКИ PRODUCTRONICA И SEMICONEUROPA

С 12 по 15 ноября 2019 года в Мюнхене пройдут крупнейшие международные выставки электроники и микроэлектроники, технологий, оборудования, материалов и компонентов для их производства – Productronica и SemiconEuropa.

ГК Остек приглашает вас присоединиться к нашей профессиональной группе, чтобы ознакомиться с самыми последними достижениями в области технологий производства электроники и радиоэлектроники и премьерными образцами оборудования, узнать о новейших тенденциях отрасли.

УСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИУС-7

ООО «Остек-Электро» и компания Everbeing (Тайвань) совместно разработали и внедрили ручную установку измерения удельного и поверхностного сопротивления ИУС-7 на предприятиях, производящих микроэлектронные полупроводниковые приборы. ИУС-7 заменит выводимые из эксплуатации ИУС-3.

Установка является полноценным средством измерения (источник-измеритель внесен в Госреестр СИ РФ), её можно применять не только во внутренних технологических процессах производства п/п-пластин, но и для предъявления ВП/ПЗ.



Это будет уже 5-я, юбилейная групповая поездка на выставки Productronica и SemiconEuropa, организованная ГК Остек. Программа пребывания в Мюнхене предусматривает индивидуальные экскурсии по стендам с русским гидом, посещения производств ведущих производителей технологического оборудования, электроники и радиоэлектронной аппаратуры, общение в неформальной обстановке и приветственный ужин в традиционном баварском ресторане Augustiner Keller.

Подробная информация о бизнес-туре, стоимости и условиях участия представлена на сайте <https://productronica2019.ru>.

При бронировании и оплате до 1 сентября 2019 года действует скидка 10 %.

Присоединяйтесь к нашей команде и получите уникальную возможность для общения, знакомств и новых деловых контактов!



В комплект ИУС-7 входит четырехзондовая измерительная голова, параметры которой подбирают в зависимости от исследуемого материала, а также ПО «Кристалл» для автоматического расчета удельного и поверхностного сопротивления с учетом размеров образцов согласно стандарту ASTM F84-99. Разработанное ООО «Остек-Электро» программное обеспечение может быть легко модернизировано под технические требования заказчика.

Подробную информацию об установке ИУС-7 можно получить в соответствующем разделе каталога на сайте www.ostec-electro.ru. Специалисты компании готовы оказать помощь в подборе ручной или автоматической установки измерения удельного и поверхностного сопротивления.

ООО «Остек-Электро» является эксклюзивным представителем компании Everbeing в Российской Федерации и странах СНГ

ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-АРТТУЛ

29 мая в главном офисе ГК Остек прошел семинар и мастер-класс по готовым ВЭЖХ-решениям для фармацевтики, медицины, контроля качества, пищевой и агропромышленности.

Семинар получился масштабным. В мероприятии приняли участие почти 100 специалистов, для части приглашенных гостей были организованы места в демонстрационном зале.

Компания Остек-АртТул – эксклюзивный дистрибьютор хроматографов корейского бренда YL Instruments – представила комплексные решения по ВЭЖХ для указанных областей, включающие как аппаратную составляющую, так и методическую, представленную компанией IBS. В рамках семинара были показаны методики и хроматографические колонки производства IBS для сложных и нетипичных случаев разделения и анализа, разработанные известным экспертом в области хроматографии, автором ряда книг и курсов по хроматографическому анализу Константином Сычевым.

Особое внимание К. Сычев уделил наиболее сложным случаям разделения, когда трудно или невозможно выделить отдельные соединения из группы похожих по свойствам веществ. Для таких случаев предлагаются эффективные решения, разрабо-



танные компанией IBS. Они обладают высокой селективностью, позволяя уверенно идентифицировать сложные органические соединения. Все участники семинара получили в подарок новую книгу Константина Сычева «Подготовка пробы в жидкостной и газовой хроматографии», выпущенную при спонсорском участии ГК Остек. Тема, затронутая автором, очень редко освещается в специализированной литературе, поэтому книга очень актуальна для специалистов, работающих в области хроматографии.

Участники семинара высоко оценили мероприятие как с точки зрения организации и проведения, так и в плане профессиональной подготовки содержательной части. Кооперация компании Остек, как надежного поставщика аппаратуры для хроматографии, и компании IBS позволяет поставлять на рынок уникальные готовые решения для анализа сложной органики в фармацевтике, медицине, пищевой и аграрной промышленности.

ТЕХНОЛОГИИ

ИННОВАЦИОННОСТЬ - КЛЮЧ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ



Текст: Дмитрий Суханов

Что может собрать в одно время и в одном месте сотрудников предприятий микроэлектронной промышленности, исследовательских центров и научных институтов? Наличие общих интересов, возможность обмена опытом или обсуждение вопросов, поиск ответа на которые не укладывается в рамки дискуссии внутри конкретного предприятия и требует привлечения опыта и знаний специалистов мирового уровня.

Одним из таких лидеров в сфере предложения технологических решений является австрийская компания EV Group. Совместный семинар этой компании и ООО «Остек-ЭК» прошел в Москве зимой 2019 года. Тема семинара: «Микрофлюидика, 3D-сборка, МЭМС, наноимпринтная литография. Решения для участков фотолитографии, подготовки и сварки пластин. Тех-

нологические решения от компании EV Group (EVG)».

Компания EV Group – давний партнер Остек-ЭК, сотрудничество с компанией плодотворно ведется на протяжении уже более десяти лет. Но такое мероприятие по обмену опытом с возможностью прямого обсуждения интересующих тем с флагманом мирового производства в сфере микроэлектроники проводилось впервые. Доклады сопровождалась синхронным переводом с английского языка на русский, что существенно облегчило общение участников с иностранными специалистами.

Гостями проведенного семинара стали 56 специалистов из таких городов России и республики Беларусь как Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Великий Новгород, Воронеж, Екатеринбург, Рязань, Тула, Минск.



Участники и гости семинара



Участники семинара: ознакомление с продуктовым портфелем компании EV Group



Д-р Мартин Эйбельхубер (Dr. Martin Eibelhuber)



Организованный синхронный перевод докладов

Компания EV Group | www.EVGroup.com

Мировой лидер в области высокотехнологичных решений и оборудования для изготовления полупроводников, МЭМС, компаундных полупроводников, силовых компонентов и устройств на основе нанотехнологий. Ее основная продукция: оборудование для сварки пластин, обработки утоненных полупроводниковых пластин, оборудование для фотолитографии, наноимпринтной литографии (NIL), метрологическое оборудование, а также устройства для нанесения и проявления фоторезиста, очистки пластин и систем контроля. Компания была основана в 1980 году, в настоящее время обслуживает и поддерживает развитую сеть клиентов и партнеров по всему миру.

Штат компании – 850 специалистов, из которых 100 человек занимаются исследованиями и новейшими разработками в офисе компании в Австрии. EV Group ежегодно тратит 20% своего дохода, что составляет десятки миллионов евро, на исследования и инновации в самых различных областях мировой микроэлектронной промышленности. Слоган компании – «Tripple I: Invent-Innovate-Implement» / «Тройное И: Изобретай-Вводи новшества-Воплощай в жизнь».



д-р Мартин Эйбельхубер (Dr. Martin Eilbelhuber) и Аннализа Пённингер (Annaliese Pönninger)

Компанию EV Group на семинаре представляли д-р Мартин Эйбельхубер, (Dr. Martin Eilbelhuber) и Аннализа Пённингер (Annaliese Pönninger).

Компания EV Group в тесном партнерстве со своими заказчиками постоянно создает и развивает новые технологии, совершенствует их применение. Важное направление деятельности компании – проектирование оборудования для исследовательских целей с последующим его масштабированием для массового промышленного производства. Это позволяет упростить и облегчить перенос технологии из исследовательского центра на серийное предприятие. Внедрение экономически эффективных технологий крупномасштабного производства и новейших устройств дает возможность повысить качество продукции и снизить ее стоимость, позволяя завоевывать новые ниши на мировом рынке и удерживать лидирующие позиции в уже занятых отраслях. Поэтому основными темами, обсуждаемыми на семинаре, стали технологии и возможности EV Group.

Динамика развития новых направлений для исследований, не имеющих аналогов как в нашей стране, так и в мире, вывела семинар за рамки запланированных тем, поэтому к анонсированным докладам добавились еще несколько, раскрывающих мировые тенденции и исследования EV Group на мировом рынке микроэлектроники. Темы докладов говорят сами за себя.

ОСНОВНЫЕ ДОКЛАДЫ: «ТЕХНОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ EV GROUP»

- Решения и оборудование для фотолитографических процессов и работы с фоторезистами.
- Решения и оборудование для совмещения и сварки пластин.
- Решения и оборудование для монтажа пластин на временный носитель.
- Решения и оборудование для процессов очистки и метрологического контроля.
- Наноимпринтная литография, микроконтактная печать, горячее теснение. Применение в отраслях биомедицины и фотоники.

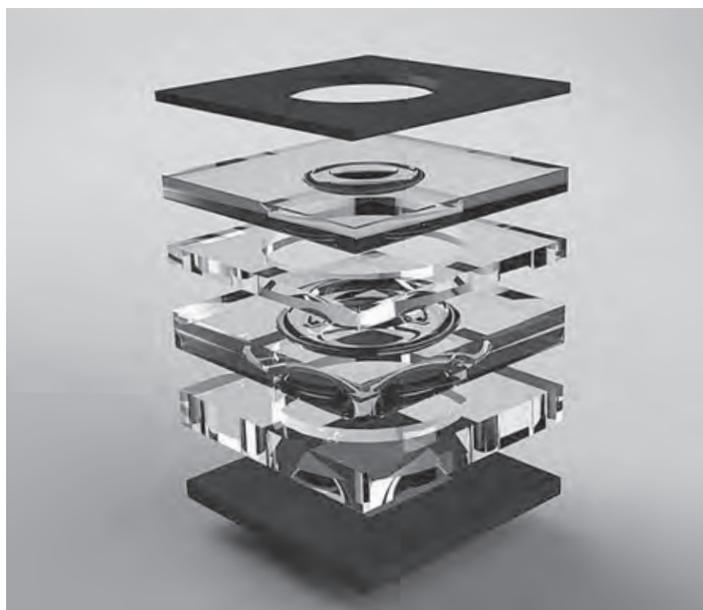
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДОКЛАДЫ: «МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ EV GROUP»

- 3D-сборка и гетерогенная интеграция.
- Фотонные устройства с вертикальной излучающей структурой.
- Мультисенсорные платформы, основанные на изготовлении структур размером в единицы нанометров.
- Неинвазивная пренатальная диагностика (награда за инновации 2016 от Европейской комиссии).
- Инновации в производстве солнечных элементов.

Рассмотрим подробнее инновационные разработки компании EV Group.

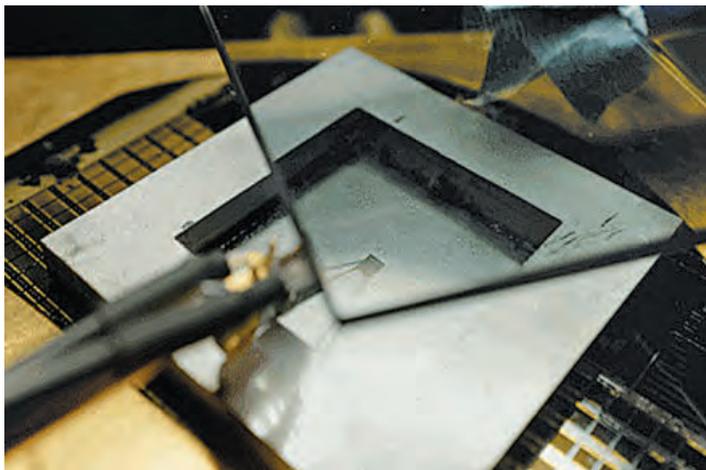
Все чаще в повседневной жизни мы сталкиваемся с приборами и изделиями, содержащими сложнейшие микроэлектронные компоненты, о производстве и функциональности которых мы не имеем ни малейшего представления. В таких сегментах рынка как «Носимая электроника» (смартфоны, планшеты и т.д.), автомобилестроение, дополненная реальность, «Умная окружающая среда» наблюдается тенденция к использованию микроэлектронных изделий все меньшего размера, объединяющих в себе множество различных функций (питание, управление, память, системы анализа и т.д.). В качестве примера можно привести устройство, которым мы ежедневно пользуемся в повседневной жизни – смартфон. Наиболее сложный компонент в нем – это камера, представляющая собой многоуровневую оптическую систему, включающую КМОП-датчик изображения, полимерные линзы, сформированные на стеклянном носителе с использованием наноимпринтной литографии, разделители и апертурные слои и т.д.

Ключевыми сферами применения такой камеры, помимо ее прямого назначения, являются 3D-зондирование, биометрическая аутентификация, зондирование окружающей среды, инфракрасное зондирование и т.д. А также



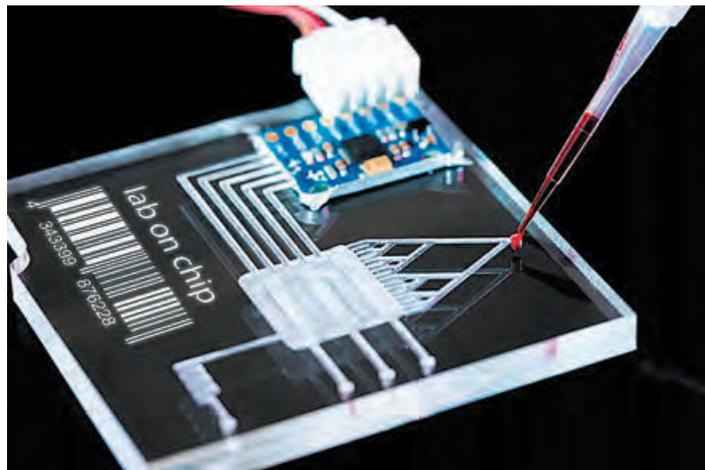
Многоуровневая оптическая система

Источник: <https://www.evgroup.com/technologies/wafer-level-optics/>



Ячейки для солнечных панелей с КПД более 30%

Источник: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7045451/figures#figures>, ©Fraunhofer ISE/A. Wekkeli; DOI: 10.1109/JPHOTOV.2016.2629840



Лаборатория на чипе

Источник: <https://cyware.com/news/ultra-small-nanocavity-advances-technology-for-quantum-based-data-encryption-542183d9>

автомобильные передние фары, оптические рассеиватели и изображения, применяемые в медицине. И вся это многофункциональность реализована на устройстве, размер которого не превышает «спичечную головку». Разработка и внедрение именно такой многофункциональной камеры для смартфонов последнего поколения фирмы Apple стало одним из последних вызовов для компании EV Group, который был с честью принят и выполнен с непревзойдённым профессионализмом.

Еще один пример динамичного развития технологий – использование непосредственного сращивания слоев чистых материалов при создании элементов ячеек солнечных панелей. Этот технологический процесс позволяет уйти от сложного и крайне вредного для окружающей среды процесса роста эпитаксиальных структур. Тем более, что полупроводниковые слои получаются гораздо чище, не имеют внутренних дефектов и не приводят к искривлению основной пластины. На основе данной технологии и оборудования один из партнеров EV Group, компания Fraunhofer, получила ячейки для солнечных панелей с КПД более 30 %.

Отдельное внимание стоит уделить такой технологии как наноимпринтная литография и ее ключевой особенности – созданию структур с размерами в единицы нанометров. При этом технология позволяет масштабировать все полученные ранее структуры большего размера без ограничений, налагаемых оптическими системами. На основе этой технологии проводят исследования в области создания нано-сенсоров и сложных интегрированных структур с минимальным размером.

И если говорить о технологии наноимпринта, то нельзя не упомянуть биомедицинские системы в виде «Лаборатория на чипе», за инновации в создании которых компания EV Group получила награду от европейской комиссии в 2016 году. Данная разработка позволит отказаться от типичных стационарных медицинских лабораторий и сделает возможным проведение медицинских анализов самостоятельно, в прямом смысле «не вставая с дивана», используя для этого обычный смартфон.

И, конечно, нельзя обойти вниманием практически повсеместное использование технологий МЭМС, в которой EV Group нет равных на мировом рынке. Только



Работа в демозале ГК Остек





Обсуждение по итогам семинара

в автомобиле количество МЭМС-датчиков – более ста штук, и они располагаются практически во всех его частях, что тогда говорить о широчайшем применении в более специализированном оборудовании.

Технологии, разработки, инновации – темы, которые в технической среде можно обсуждать бесконечно. В данной статье мы остановились только на ключевых, самых ярких разработках компании EV Group, рассмотренных во время семинара.

Также в демозале Остека проходила демонстрация оборудования, и участники семинара смогли увидеть и оценить масштаб представленного ассортимента не только EV Group, но и других компаний-партнеров Остек-ЭК.

Технические и технологические возможности, продемонстрированные специалистами компании EV Group, вызвали живой интерес и не оставили равнодушными ни одного из приглашенных гостей. Семинар получился динамичным, доброжелательным и «живым». В перерывах между докладами и после мероприятия велись жаркие споры и дискуссии, в которых обсуждались вопросы и решались наиболее актуальные проблемы участников. Такой интерес еще раз подтвердил актуальность проведения подобных мероприятий, которые позволяют в живом диалоге обсудить и получить необходимую информацию для принятия важных технических и экономических решений. ▣

ООО «Остек-ЭК» выражает искреннюю признательность докладчикам и участникам семинара и приглашает на свои будущие мероприятия.



Команда Остек-ЭК и специалисты EV Group

Начните работать в новом качестве

Стандарты международной ассоциации производителей электроники (IPC) — наиболее авторитетные нормативные документы, принятые в отрасли, которые позволяют совершенствовать технологические процессы в мировом масштабе.

Тренинги, проводимые Группой компаний Остек, — наиболее эффективный и доступный способ научиться применять на практике самые востребованные стандарты IPC:

- **IPC-A-610** «Критерии качества электронных сборок»
- **IPC-7711/7721** «Восстановление, модернизация и ремонт печатных плат и электронных сборок»

Тренинги IPC от Остека это:

- Более 50 обученных специалистов за год
- Современное оборудование и материалы для практических занятий
- Лучшие мировые практики
- Более 60 видов технологических материалов, радиоэлементов и аксессуаров для ручного монтажа и доработки печатных узлов
- Специально оборудованный класс

Тренинги IPC от Остека позволят вам:

- Снизить производственные затраты
- Обеспечить управляемое качество и надежность конечного изделия
- Повысить имидж и конкурентоспособность
- Реализовать практическое применение стандартов IPC в отечественном производстве для всех классов изделий
- Повысить эффективность взаимодействия с поставщиками и сотрудниками

КАЧЕСТВО

МЫ ПОСТАВЛЯЕМ НЕ ТОЛЬКО МАТЕРИАЛЫ, НО И ЗНАНИЯ, И ТЕХНОЛОГИИ

Текст: Юрий Ковалевский

”

Сложно переоценить роль технологических материалов в производстве современных электронных изделий. Они являются ключевым элементом передовых производственных процессов, от их характеристик во многом зависит достижение успешного результата. Входящее в состав Группы компаний Остек ООО «Остек-Интегра», специализация которого – поставка технологических материалов для производства электроники, видит свою задачу не только в поставке заказчикам качественных современных материалов, но и в том, чтобы помочь клиентам улучшить свои техпроцессы и повысить компетенции.

О том, почему компания уделяет особое внимание технической поддержке, зачем участвует в развитии специалистов отрасли и как содействует повышению эффективности технологий производства электроники, рассказал начальник отдела продаж ООО «Остек-Интегра» Денис Александрович Поцелуев.

Денис Александрович, если вспомнить историю Остека, изначально компания занималась направлением поверхностного монтажа, и ассортимент поставляемых ею материалов был в основном связан с этой технологией. В настоящее время ГК Остек существенно расширила спектр своей деятельности. Как это сказалось на линейке поставок материалов?

Действительно, исторически доминирующую часть в нашей линейке поставок материалов занимала продукция для поверхностного монтажа и сборки РЭА. Это направление по-прежнему имеет высокую долю в нашем бизнесе и стратегическое значение.

Однако, как вы правильно отметили, Группа компаний расширила спектр деятельности, и наше направление материалов также активно развивается. Если в 2007–2008 годах продажи материалов для поверхностного монтажа и сборки РЭА составляли 80–90 % наших поставок, то в 2018 это ориентировочно 50 % нашего ассортимента. Если сравнить 2008 и 2018 годы – номенклатура продукции выросла более чем в три раза.

Сегодня мы поставляем широкий спектр материалов для основных направлений:

- производство микроэлектроники;
- поверхностный монтаж и сборка РЭА;
- заливка, герметизация и обеспечение теплоотвода изделий РЭА;
- производство электротехнических изделий, таких как трансформаторы, конденсаторы и аналогичная продукция;
- производство компонентов для альтернативной энергетики.

Кроме этого, несколько лет назад мы сделали новый принципиальный шаг: начали поставки полиуретановых связующих в совершенно новый для нас сегмент – стройка и благоустройство территории. Этот рынок, с одной стороны, далек от рынка электроники и микроэлектроники, но с точки зрения поставок материалов ключевые компетенции поставщика и ожидания заказчиков сопоставимы.

При этом развитие ассортимента материалов происходит как в связке с поставкой оборудования Группой компаний Остек, когда новые технологии и новое оборудование являются источником потребности в новых материалах, так и вполне самостоятельно, ориентируясь и подстраиваясь под динамику, возможности и перспективы рынка.

При решении связанных с материалами технологических проблем, как и при внедрении новых материалов, приходится учитывать множество факторов всего техпроцесса. Означает ли это, что поставщик материалов должен быть чуть ли не более компетентен в технологии, чем специалисты производственного предприятия?

И поставщики, и производители бывают разные, и их опыт и уровень знаний тоже неодинаковы. Вообще



Денис Поцелуев

говоря, компетенции поставщика и производителя отчасти пересекаются, но могут и дополнять друг друга. Производитель лучше знает свое производство, свои изделия. В то же время хороший поставщик материалов, на наш взгляд, обязан обладать глубокими знаниями их характеристик и свойств и иметь более полный и разнообразный опыт в отношении их применения с учетом техпроцесса в целом. Ведь мы участвуем во внедрении и отладке технологий с использованием поставляемых нами материалов на сотнях предприятий, решаем технологические проблемы в разных производственных условиях и благодаря этому часто можем показать заказчику решение проблемы, с которой мы уже знакомы, а он сталкивается впервые. Конечно, часто бывает и наоборот, когда именно специалисты производственных предприятий находят лучшие решения и способы для применения материалов.

Но всё-таки я хотел бы поменять акценты. Если мы говорим именно о технической поддержке и нашем участии во внедрении технологий или материалов, в повышении эффективности технологии производства, то суть будет немного в другом.

Мы поставляем материалы для широкого спектра технологий, каждая из которых – это глубокий пласт знаний и опыта, переплетенных со спецификой каждого предприятия. Во многих случаях нам просто нереально и, главное, не нужно быть экспертами в технологиях производства в большей мере, чем наши клиенты. Особенно если речь идет об уникальных, «штучных» передовых производствах, которые уже есть в нашей стране и которые продолжают появляться. Мы стремимся быть компетентными специалистами в вопросах эффективного и профессионального применения поставляемых нами материалов, а также в организации рабочих ко-



манд и групп с участием наших клиентов, специалистов Остека и партнеров со всего мира.

В вопросах технической поддержки мы ставим перед собой задачу быть эффективным и полезным ресурсом для заказчиков, к которому они могут прибегать для решения производственных, конструкторских и технологических задач. Мы «плечо», на которое они могут опереться в случае необходимости. Но главное слово в данной работе – это всё-таки «вместе». Мы постоянно обучаем сотрудников и совершенствуемся вместе с нашими заказчиками. Наши коллеги из подразделения технической поддержки – профессионалы с большой буквы. Но в данном случае я всё же назвал бы ключевым фактором в работе технической поддержки создание команд и групп, которые вместе с клиентами и партнерами со всего мира способны в процессе диалога, глубокого осмысления задач и мозгового штурма находить нужные технические решения.

Что приобретает ваша компания от такой совместной работы? В чем ваш интерес делиться с заказчиками своим опытом?

Во-первых, мы не просто делимся опытом, мы им обмениваемся. Каждый раз, преодолевая ту или иную проблему, мы пополняем наш багаж знаний, который сможем использовать в дальнейшем.

Во-вторых, бизнес поставки материалов обладает своей спецификой. Например, если предприятие закупает оборудование, оно вкладывает в него довольно большие инвестиции и после этого работает на нем несколько лет. Если поставщик продал оборудование, которое оказалось неудачным для задач клиента, или, допустим, оказывает некачественное послепродажное обслуживание, последствия этого для самого поставщика проявят себя не сразу, а только когда этот клиент решит заменить данное оборудование либо инвестировать в расширение производства. Представьте себе, вы купили автомобиль и через некоторое время почувствовали, что он не совсем то, что вам хотелось. Вероятнее всего, вы не станете его менять немедленно, будете какое-то время мириться с его недостатками.



Материалы же нужны производству регулярно, и, если проблема, связанная с материалом, не устраняется, производитель может весьма оперативно заменить его или сменить поставщика. Продолжая аналогию с автомобилем, материалы с этой точки зрения похожи на топливо: если вам на некой заправке однажды зальют неподходящий бензин, вы, вероятно, уже на эту заправку не вернетесь. Хотя на самом деле проблема может быть отнюдь не в материалах. Так получается, что если что-то в техпроцессе пошло не так, первое, в чем производители видят причину, – это технологические материалы. Поэтому качество технической поддержки и умение быстро и эффективно решать технологические задачи, связанные с использованием материалов, оказывают непосредственное влияние на лояльность и удовлетворенность клиентов, а значит и на успешность наших поставок.

В-третьих, нам важно разговаривать с клиентами на одном языке и приносить пользу нашей целевой группе клиентов. Заказчик, конечно, разговаривает на многих языках, но для нас одним из наиболее важных является «единый язык» общения с техническими сотрудниками (конечно, как и со специалистами снабжения, но о данной теме мы сегодня говорим меньше). Чем компетентнее мы технически, чем больше ценности можем приносить по техническим вопросам дня сегодняшнего и завтрашнего, тем полезнее мы можем быть для наших клиентов. А значит, тем самым мы повышаем вероятность, что при появлении новых технических задач, потребности в новых материалах или возникновении технологических трудностей мы сможем быть первыми, к кому обратится производитель. И для решения этого вопроса нам важна коммуникабельная, профессиональная и эффективная техническая поддержка клиентов.

Этих трех причин могло бы быть достаточно. Но у нас есть и еще одна – по порядку, но не по важности. Мы живем не только сегодняшним днем, и нам важно, чтобы в нашей стране рос объем производства, повышалось качество выпускаемой продукции, внедрялись новые технологии. Если отечественные предприятия способны создавать востребованную, конкурентоспо-

собную продукцию, отвечающую не только современным требованиям, но и требованиям будущего, это означает, что их производства будут расти, а, следовательно, будет расти и спрос на технологические материалы. Поэтому мы прилагаем максимум усилий для содействия технологическому развитию российских производств.

Если говорить о лояльности клиента, она определяется не только технической поддержкой, но и, например, качеством поставок. Характеристики самой продукции тоже не могут не влиять на выбор поставщика. Какой фактор всё же наиболее важен?

Перечень факторов лояльности клиента, а также их значимость индивидуальны. Конечно, есть набор базовых критериев или ожиданий, таких как качество материалов, стабильность и надежность поставок. Они просто необходимы, чтобы с поставщиком в принципе были готовы работать и предметно разговаривать. Но если поставщик провалится хотя бы по одному критерию, то, вероятнее всего, клиент мириться с этим не будет.

Поверьте, очень редки случаи, когда наши производители электроники, микроэлектроники и электротехники используют плохие или некачественные материалы и принимают это как норму. Точнее сказать – не будут они этого делать. Поэтому очень важный фактор – это, конечно, качество материалов. Но качество материалов – вопрос относительный, здесь нет единого лекала; у каждого клиента свои требования и ожидания, свои задачи. Поэтому наш рынок спокойно вмещает более 10 производителей паяльных паст и трубчатых припоев, на рынке заливочных компаундов еще большее многообразие. Плюс к этому – сильное присутствие отечественных производителей. В контексте качества продукции единой для всех и исключительно важной будет стабильность характеристик и свойств материалов от партии к партии. И это, безусловно, должны обеспечить и производитель, и поставщик.

Что касается Остека, то к выбору поставляемых материалов мы подходим очень серьезно, и за много лет у нас сформировались процессы и подходы, позволяющие нам находить те компании, которые производят качественный продукт и на которые можно положиться. Мы постоянно анализируем, насколько поставщик соответствует нашим требованиям и требованиям наших заказчиков.

Десять лет стабильных поставок в прошлом не будут ничего значить, если сегодня ты подвел клиента по своевременности поставки, соблюдению температурного режима или иному критерию

Не так важно, сколько стоит килограмм, литр или штука. Важно, как этот килограмм, литр или штука влияют на себестоимость продукции и ее конкурентоспособность

За годы работы у нас сформировался пул поставщиков, которые занимают лидирующие позиции в мире в своих секторах и во многом определяют тенденции развития технологических материалов. С рядом компаний мы сотрудничаем уже более 15 лет и уверены и в качестве их продукции, и в их надежности.

Стабильность и надежность поставок – такой же важный критерий. Как и в отношении качества материалов не будут наши производители мириться с проблемами в поставках. Бизнес поставок материалов таков, что репутацию и имя нужно каждый день подтверждать. Десять лет стабильных поставок в прошлом не будут ничего значить, если сегодня ты подвел клиента по своевременности поставки, соблюдению температурного режима или иному критерию. Былые заслуги могут дать тебе только дополнительный шанс быстро исправиться и устранить недостатки. Для нас стабильность и надежность поставок имеют исключительно важное значение. Поэтому мы стараемся совершенствовать систему обслуживания и поставок, работаем с транспортными организациями, улучшаем IT-инфраструктуру нашего предприятия, внимательно разбираемся с каждой негативной ситуацией.

Много это или мало – конечно, всё относительно – но в 2018 году с нами работали более 1 200 заказчиков со всей территории России и из стран СНГ. Для нашего бизнеса это значительное количество. Большие расстояния, слаборасположенные с точки зрения логистики города, разные погодные условия – ничто не должно влиять на получение клиентом материалов в нужное время, в нужном количестве и требуемого качества.

И, конечно, качество поставок – это комплексный вопрос, и при его решении необходимо учитывать много граней. Огромную роль в этом играют наши коллеги, отвечающие за прием и обработку заявок, за взаимодействие с поставщиками и клиентами, за международную и внутреннюю логистику, за складское обслуживание. Поверьте, это большая и слаженная команда.

Одно из наших преимуществ в том, что мы постоянно поддерживаем определенный складской запас по ключевым позициям, поэтому наши заказчики могут быть уверены, что у них не возникнет простой на производстве из-за того, что нужного материала не оказалось на складе. Конечно, мы не можем держать запас абсолютно по всем позициям, но что касается материалов, поставляемых на серийные производства, остановка которых и является наиболее критичной, у нас всегда есть неснижаемый остаток,



рассчитанный с учетом объемов потребления и текущих сроков поставки от производителя.

Наш склад оборудован специальными камерами хранения, которые поддерживают требуемую температуру. Для клеев применяются морозильные лари. Для паяльных паст требования менее жесткие, для них достаточно обычных холодильников.

Но есть фактор, который совершенно точно лежит на другой чаше весов. Это цена. Готовы ли заказчики идти на то, чтобы заплатить больше, но при этом получить более качественный продукт или услугу?

На российском рынке стоимость играет очень важную, часто первоочередную роль. Есть компании, которые ставят закупочную цену единицы продукции выше всех других факторов, стремясь сократить расходы на закупку материалов. И часто именно данная задача ставится перед службами снабжения как одна из основных. Это порождает на рынке такую ценовую конкуренцию, что порой поставщики материалов видят своей единственной задачей стать самыми дешевыми именно за литр, килограмм, штуку, минимизируя при этом самыми разными путями сопутствующие издержки и всевозможные расходы. Мы же видим свою задачу в ином ключе, но об этом немного позже.

Если же отвечать на поставленный вопрос прямо, то мой ответ будет однозначным: да, готовы. Наши производители готовы платить больше за те продукты или услуги, которые им позволят быть более конкурентоспособными на рынке и дадут возможность стать сильнее, работать эффективнее и зарабатывать больше. И в последнем предложении – ключевая суть, с моей точки зрения. Не так важно, сколько стоят поставляемые материалы и услуги; важно, как именно наше предложение отражается на бизнесе, продажах, прибыли производителей – наших клиентов. Никто из них сознательно не покупает плохие, но дешевые материалы или услуги во вред себе. Все стремятся получить лучшее предложение от поставщиков на продукцию с качеством, необходимым и достаточным для производства своей продукции, кото-

рая, в свою очередь, по качеству и цене также удовлетворит их покупателей далее по цепочке.

Поэтому путь, который мы выбрали для себя и которым идем – это не предложение самых дешевых материалов или услуг, а постоянный поиск таких вариантов, которые могут оказать положительный эффект на себестоимость и качество производимой продукции, на технологический и репутационный уровень заказчиков, на устойчивость и уверенность в будущем. Конечно, в меру наших сил и возможностей.

Не так важно, сколько стоит килограмм, литр или штука. Важно, как этот килограмм, литр или штука влияют на себестоимость продукции и ее конкурентоспособность. И, как мы видим, этот подход очень понятен и прозрачен, особенно для руководителей. Мы с коллегами уверены, что только такой подход даст нам возможность всем вместе развиваться и выходить на более высокие уровни и в производстве электроники, и в поставках материалов.

Возвращаясь к вопросу технических компетенций поставщика. Что является для вас источником знаний о характеристиках материалов, в особенности об их поведении в нестандартных условиях?

Источником знаний и мозговым центром по техническим вопросам для нас, безусловно, является наша команда технической поддержки, наши специалисты, их знания и опыт. Все они – специалисты с большой буквы, с хорошим техническим образованием, кругозором и опытом. Далее набор инструментов достаточно широк, и в зависимости от ситуации мы используем различные варианты. Основные из них – работа с поставщиками и производителями материалов, с технической литературой, документацией, проведение собственных или совместных экспериментов и испытаний, а также работа с клиентами, которые решают аналогичные задачи и готовы поделиться опытом.

Мы очень плотно работаем с производителями материалов – нашими поставщиками, а многие из них, повторы, занимают лидирующие позиции в соответствующих технологиях. Кто знает материал лучше, чем тот, кто его создал? Наши технические специалисты регулярно ездят к производителям на тренинги, консультируются у них по возникающим вопросам. Эти компании обладают большим опытом внедрения своей продукции за рубежом и делятся им с нами. Кроме того, у многих наших поставщиков очень сильная техническая база для проведения исследований, и мы тоже можем пользоваться этими возможностями.

Например, у нас был случай, когда к нам обратился заказчик, которому было необходимо осуществлять отмывку устройств в сборе с уже смонтированными проводами. Заказчик сомневался, не приведет ли к негативным последствиям использование поставляемой нами отмывочной жидкости. Мы обратились к производителю материала, он провел на своей базе глубокие исследования и показал, что применение данной жидкости не приводит

ни к каким проблемам. Более того, он подобрал необходимые параметры и режимы процесса, для того чтобы обеспечить оптимальную отмывку.

Если вы видите недостаток в технологии заказчика и предлагаете его устранить, насколько охотно прислушиваются к вам клиенты?

Бывают разные случаи. Мы считаем, что не имеем права навязывать свое мнение. Если мы видим недостаток, всегда приводим аргументы, чтобы убедить заказчика его устранить, улучшить техпроцесс, но основываясь на давно известном принципе «не навреди» – как самому производству, так и нашим коллегам с предприятий. Это всегда нужно делать очень аккуратно и деликатно: мы все не очень любим, когда нам указывают на проблемы или недостатки в хозяйстве, особенно в присутствии коллег или руководства, даже если прямо слово «недостаток» не употребляется, а говорится лишь о предлагаемых улучшениях. И к нашим аргументам прислушиваются довольно часто.

В качестве примера можно привести следующее. В России нередки ситуации, когда компания-производитель отмыкает свои изделия только потому, что эта операция прописана в техпроцессе. Отмывка организуется по остаточному принципу, потому что с точки зрения производителя, в отличие, например, от сборочной операции, она не добавляет ценности. Соответственно, критерии качества отмывки тоже не задаются. Мы предлагаем решение, которое позволит компании значительно повысить качество продукции, получить от этого пользу, показываем, как задать критерии качества на основе современных международных стандартов. И иногда нам удается фактически изменить взгляд производителя на эту операцию, что ведет к положительным результатам.

На наш взгляд, всегда нужно стремиться к улучшению, использовать новые знания и подходы, и поэтому мы стараемся доносить до наших заказчиков самую современную информацию о технологиях мирового уровня. Этой цели служат и семинары, и обучение наших заказчиков, и тренинги по стандартам IPC-A-610 и IPC-7711/21, которые проводятся нашим сотрудником – сертифицированным тренером IPC. За 1,5 года было проведено более 10 таких тренингов, из которых четыре – выездные, на территории клиентов.

Пожалуй, к ответу на этот вопрос следует добавить, что иногда заказчик сам обращается к нам с проблемой, которую он связывает с материалом, однако оказывается, что причина была совсем в другом. Помогая выявить настоящую причину, мы тоже в определенном смысле указываем заказчику на его ошибку – в данном случае, в диагностике проблемы, что могло бы восприниматься негативно. Но здесь важно, что мы в конечном счете нацелены на устранение проблемы, а именно это и нужно заказчику.

В нашей практике был случай, когда у клиента возникла проблема с пайкой, ее качество стало неудовлет-

Мы планируем расширять направление технологического аудита, поскольку помимо коммерческого интереса в оказании этих услуг мы видим один из аспектов формирования рынка

ворительным. Он решил, что дело в паяльной пасте, но выяснилось, что компоненты потеряли паяемость из-за неправильного хранения. В данном случае мы предложили пасту с более активным флюсом, и эту партию компонентов удалось смонтировать с требуемым качеством. Но вместе с тем заказчик получил от нас рекомендации, как избежать такой проблемы в будущем за счет правильного хранения компонентов. Наша способность решать подобные задачи обусловлена тем, что мы видим не отдельный материал или операцию, а процесс целиком, что позволяет нам выполнять функцию эксперта.

Предлагаете ли вы экспертные услуги на коммерческой основе?

Да, мы начали вести такую деятельность, почувствовав, что накопленный багаж знаний и опыта позволяет нам предоставлять эти услуги.

У нас уже есть успешный опыт: в прошлом году мы провели довольно серьезный аудит одного из производителей электроники. Аудит занял два дня и включал проверку всего технологического процесса более чем по 57 пунктам. Клиент, получив отчет по итогам этой работы, сам выступил с предложением провести повторный аудит через год, чтобы посмотреть, как помогли наши рекомендации и насколько он приблизился, если можно так сказать, к идеальной модели производства электроники.

Мы планируем расширять направление технологического аудита, поскольку помимо коммерческого интереса в оказании этих услуг мы видим один из аспектов формирования рынка, что может принести положительный эффект не только для нас, но и для наших заказчиков.

Зарубежные компании уже давно при построении своих производственных процессов ориентируются на будущее и уделяют особое внимание анализу и оценке рисков, тому, как их избежать или свести к минимуму. Но это не всегда удается сделать своими силами. И тогда на помощь приходят поставщики и производители технологических материалов. У них для этого есть достаточный опыт, самое современное оборудование и возможность взглянуть на задачу со стороны.

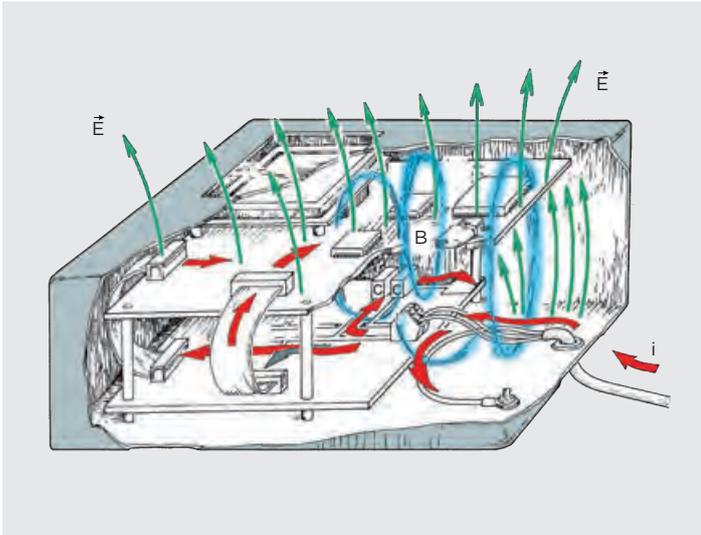
И мы вместе с нашими партнерами, общаясь с клиентами, также помогаем им заглянуть в будущее и понять, насколько уверенными они могут чувствовать себя не только в ближайшие полгода-год, но и через несколько лет. 

СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ЭМС МИКРОСХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Текст: Дмитрий Кондрашов
Алексей Шостак

”

Интенсивность взаимодействия с российскими предприятиями по вопросам обеспечения условий прохождения сертификационных испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС) за последнее время возросла кратно. И связано это не только с выявлением явных нарушений условий проведения таких испытаний, но и растущей квалификацией специалистов, а также важностью проведения предварительного тестирования устройств на стадии разработки. Как следствие, инженеров уже не устраивает распространённый способ обеспечения требований по защите от различного рода помех, к примеру, экранировки по месту. Все чаще возникает потребность детально разобраться в причинах несоответствия требованиям ЭМС стандартам аппаратуры или ЭКБ.



1 Распределение магнитного и электрического полей в корпусе готового устройства

Отказ прибора при прохождении испытания на ЭМС обходится предприятиям дорого как с финансовой, так и с временной точек зрения. Одна из причин такой ситуации – неустойчивость электронных компонентов, микросхем и печатных плат к воздействиям помех. Предотвратить либо уменьшить возможные отказы еще на этапе разработки поможет всесторонний углубленный контроль внутрисхемного ЭМС.

Проводя сертификационные испытания, можно установить, проходит или не проходит устройство испытания по стандартам на ЭМС. Если не проходит, то найти конкретную причину возникновения неисправности сложно.

Самым простым способом защиты от электромагнитных помех является экранирование изделия, однако данный способ довольно затратен и не всегда применим, так как каналы прохождения помех имеют различную природу и могут возникать в кабелях и цепях питания, иметь индуктивный или емкостной характер. В такой ситуации основная задача разработчика аппаратуры – найти источник излучения (помехи), приводящего к функциональной неисправности.

На рис 1 представлено типовое распределение и взаимное влияние электрических, магнитных полей и токов в объеме законченного устройства.

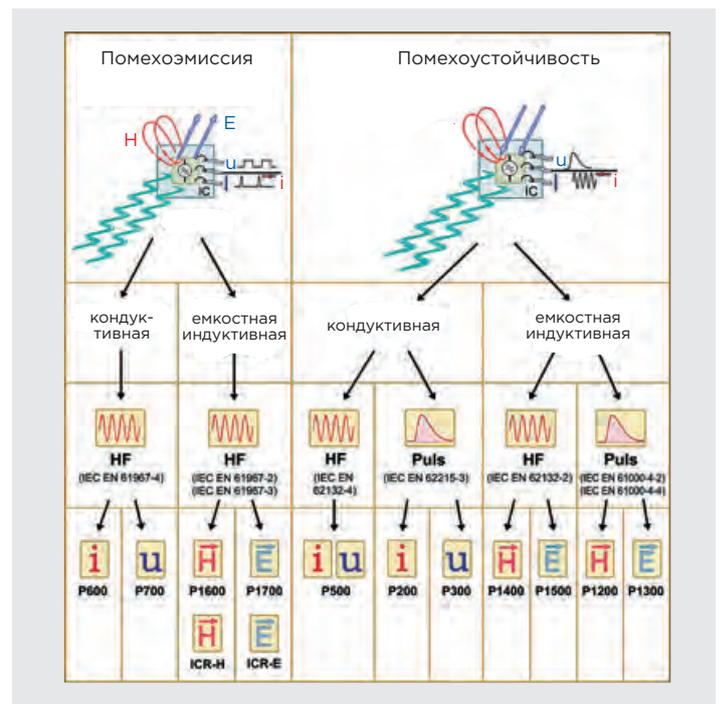
При такой ситуации выявление источника помехи довольно затруднительно, т. к. необходима поочередная проверка каждого компонента прибора отдельно. Используя дифференцированный подход для определения причины возникновения функциональной неисправности, можно упростить и ускорить процесс разработки и сертификации устройства.

Рассматривая стандарты на испытания ЭМС готового изделия, можно заметить, что их наберется несколько десятков, но они неприменимы к платам

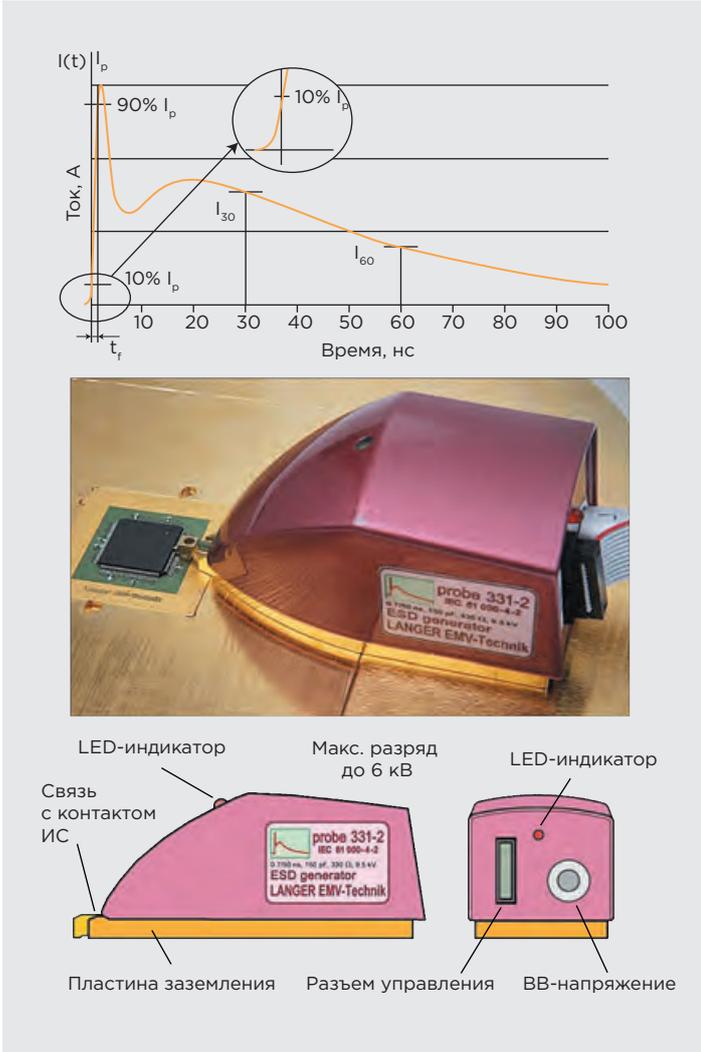
и микросхемам. Микросхемы и платы являются относительно новым объектом ЭМС-стандартизации и требуют введения особых стандартов и нормативов, относящихся исключительно к ним. В настоящее время Международной электротехнической комиссией (МЭК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC) разработаны две группы нормативов (рис 2), стандартизирующих методики измерения излучаемых помех (стандарт IEC 61967) и помехоустойчивости (стандарт IEC 62132) микросхем.

Однако специалисты немецкой фирмы Langer EMV-Technik, помимо аппаратуры для испытаний по указанным стандартам для микросхем, разработали аппаратуру для проведения предварительных испытаний, цель которых – определение и устранение проблемы ЭМС в микросхемах и печатных платах. То есть микросхемы не проходят испытания по ЭМС-стандартам готовых изделий, а позволяют выявлять источники помех и неустойчивые к воздействию помех места. Устранив данные недоработки, можно будет исключить схемотехнический «просчет» при непрохождении готового изделия испытаний на ЭМС готовых устройств.

Для примера рассмотрим испытания по стандарту на устойчивость к электростатическому разряду ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008). Он не является стандартом помехоустойчивости для печатных плат и микросхем. Однако при воздействии высоковольтного электростатического разряда можно определить, выдерживает микросхема данное воздействие,



2 Группы ЭМС-стандартов для печатных плат микросхем с предложенными решениями Langer EMV-Technik по каждому из стандартов



3 Устройство ввода электростатического разряда

Инжекционные пробники



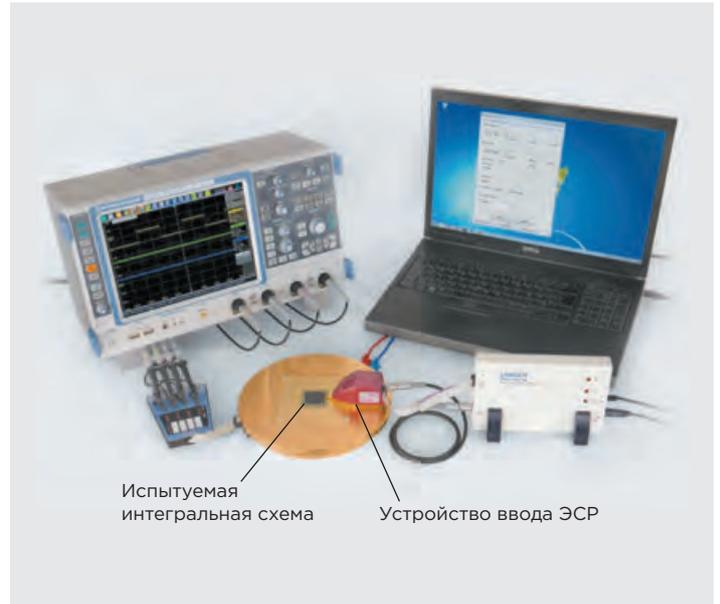
Портативные пробники



IC Пробники

- Используются с генератором НИП
- Средняя разрешающая способность наносекундных импульсных помех
- Ввод помехи в печатные платы (Power Glitch on Blocking capacitors)
- Высокая разрешающая способность
- Встроенный генератор импульсных помех
- Ввод помехи в кристалл (Open-Die Injection)

5 Пробники Langer EMV-Technik для ввода помех в микросхемы и платы

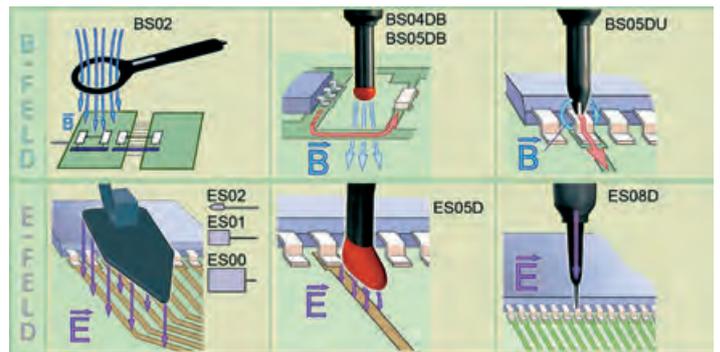


4 Установка для проведения испытаний на устойчивость к высоковольтному электростатическому разряду

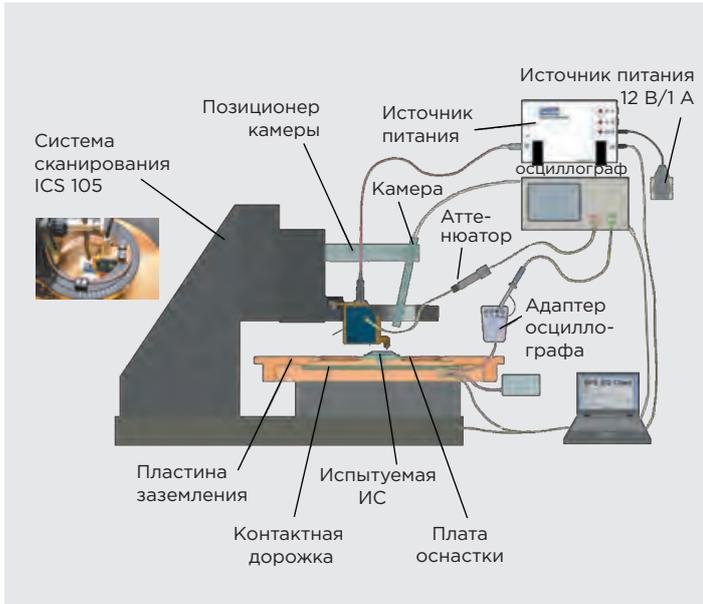
не нарушается ли выполнение заложенных программ, не проявляются ли на ней механические повреждения.

Используя специальное устройство ввода (рис 3), можно воздействовать разрядом на каждую ножку микросхемы, помогая выявить причину неисправности, определив тип паразитной связи (емкостная, индуктивная, кондуктивная) и уровни параметров помехи (время нарастания, интенсивность напряжения, форма волны, амплитуда, ток, напряжение, электрическое или магнитное поле), влияющие на микросхему. Эта информация позволяет разрабатывать меры по повышению помехозащищенности.

Удобным способом проверки на помехоустойчивость печатных плат и микросхем являются также пробники ввода (инъекции) помехи (рис 5). Инжекционные пробники Langer EMV можно разделить на портативные (ручные) и пробники ИС. Их используют как источник паразитного электромагнитного поля (помехи). Благодаря своим габаритам, они позволяют вводить помеху в небольшие области



6 Портативные инжекционные пробники Langer EMV-Technik



7 Система для ввода помех в микросхемы

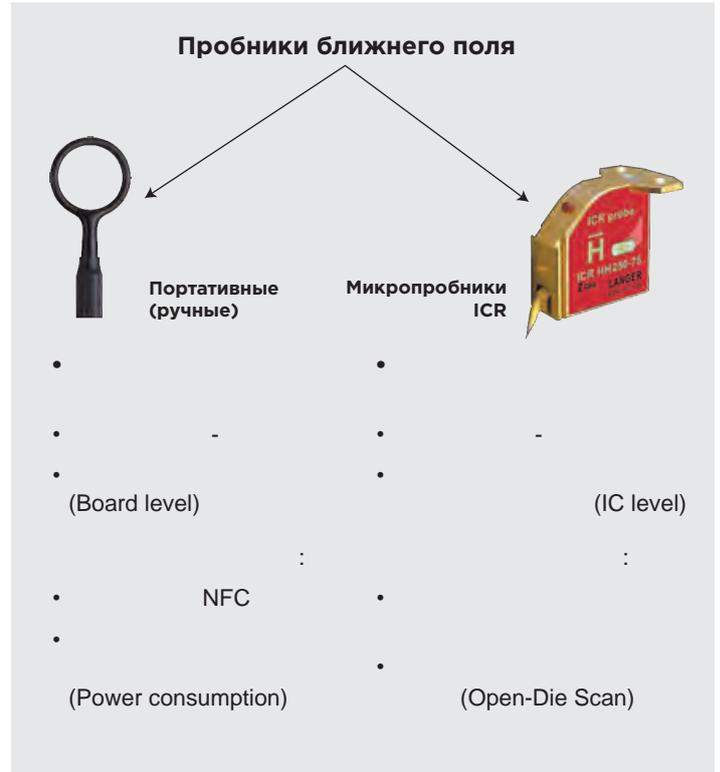
на плате: контактные дорожки, ножки микросхем, цепи связи и питания.

Портативные пробники (рис 6) являются пассивными и подключаются к генератору наносекундных или микросекундных помех в соответствии со стандартами ГОСТ 30804.4.4-2013 (IEC 61000-4-4:2004), ГОСТ IEC 30804.4.5-2017. Пробники ICI – активные. Они имеют собственный генератор импульсов и используются для ввода помехи в интегральные схемы. Благодаря высокому разрешению можно воздействовать на отдельные области на микросхеме.

Портативные пробники бывают разных моделей, выбор которых зависит от типа вводимого поля, размеров исследуемой области и диапазона частот.

Микропробник ICI подключается к автоматической системе сканирования ICS 105 (рис 7), измерения в которой управляются с помощью ПК с предустановленным программным обеспечением. В отличие от портативных пробников ICI-пробники имеют собственный генератор импульсов, который поставляется с удаленным интерфейсом и входами синхронизации. Существуют пробники магнитного/электрического поля. Они генерируют высокие (несколько кВ) импульсы локализованного поля с временем нарастания 2 нс, контролируемые с помощью осциллографа. Есть третий вид пробников – VBI Probe (Body Bias Injection). Этот пробник действует аналогично генератору электростатического разряда и используется для контактного ввода импульсов в подложку интегральной схемы.

Помимо испытаний на помехоустойчивость не менее важным является измерение собственного излучения (помехоэмиссии) печатных плат и микросхем. Для возникновения излучения необходимы источник ВЧ-сигнала и антенна. Источником ВЧ-сигнала может стать сама плата и ее компоненты, антенной – контактные дорожки, кабели и корпус устройства. При этом устройство излучает в ближней зоне.



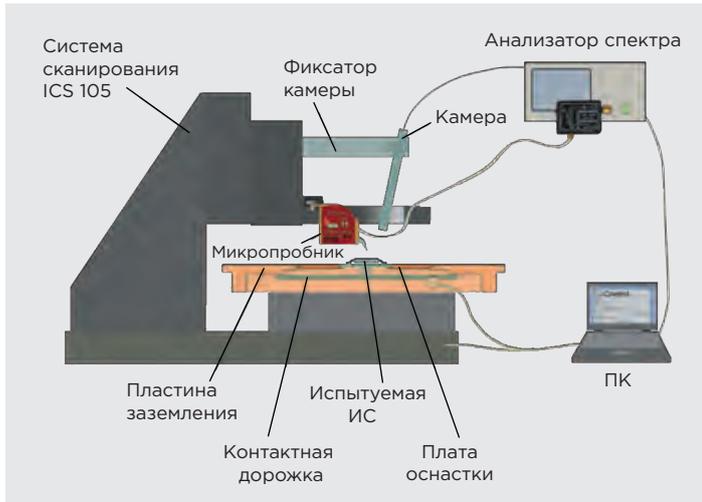
8 Пробники Langer EMV-Technik для измерения собственного излучения плат и микросхем

Для измерений излучения такого рода необходимо использовать специальные пробники ближнего поля (рис 8).

Портативные пробники, аналогично инъекционным, имеют множество моделей, выбор которых зависит от типа измеряемого поля, размеров исследуемой области и диапазона частот.



9 Установка для измерения собственного излучения печатных плат с помощью портативных пробников



10

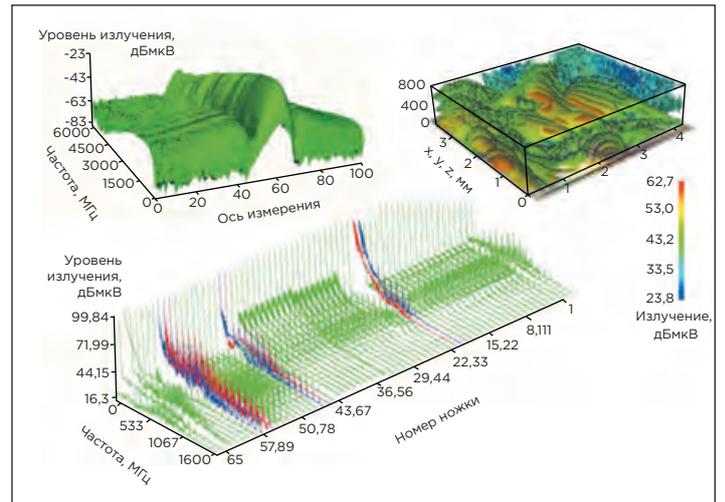
Установка для измерения собственного излучения печатных плат с помощью микропробников ICR

Для корректного измерения собственного излучения необходимо пространство, в котором будет происходить ослабление внешних электромагнитных полей. Такое пространство могут обеспечить экранированная камера или бокс. В линейке EMV-Langer есть складная экранированная камера (тент) (рис 9), представляющая собой металлический каркас и специальную металлосодержащую ткань, препятствующую проникновению электромагнитных волн. Поместив в такую камеру тестируемую плату и используя портативный пробник, подключённый к анализатору спектра, можно измерять собственное излучение платы.

Далее рассмотрим микропробники ближнего поля ICR. Они работают вместе с системами автоматического сканирования ICS 105. Частотный диапазон измерения микропробников от 200 кГц до 6 ГГц. От портативных их отличают: во-первых, наконечник датчика намного меньше. Диаметр наконечника может достигать 100 мкм, что позволяет измерять эмиссию микросхем. Во-вторых, датчики имеют встроенный предусилитель, который питается от отдельного источника питания. Конструкция пробников такова, что пробник, измеряющий магнитную компоненту поля, экранирован от электрического поля, и наоборот, пробник, измеряющий электрическую компоненту поля, экранирован от магнитного поля. Это конструктивное решение позволяет измерять исключительно один тип поля.

Прежде чем использовать данные микропробники, микросхему необходимо разместить на специальной подложке с оснасткой, которая изготавливается для каждого типа схемы индивидуально. С помощью подложки можно управлять различными режимами работы микросхемы, регулируя уровень собственного излучения.

Микропробник ICR, аналогично микропробнику ICI, подключается к автоматической системе сканирования ICS 105 (рис 10), измерения в которой управляются с помощью ПК с предустановленным программным обеспе-



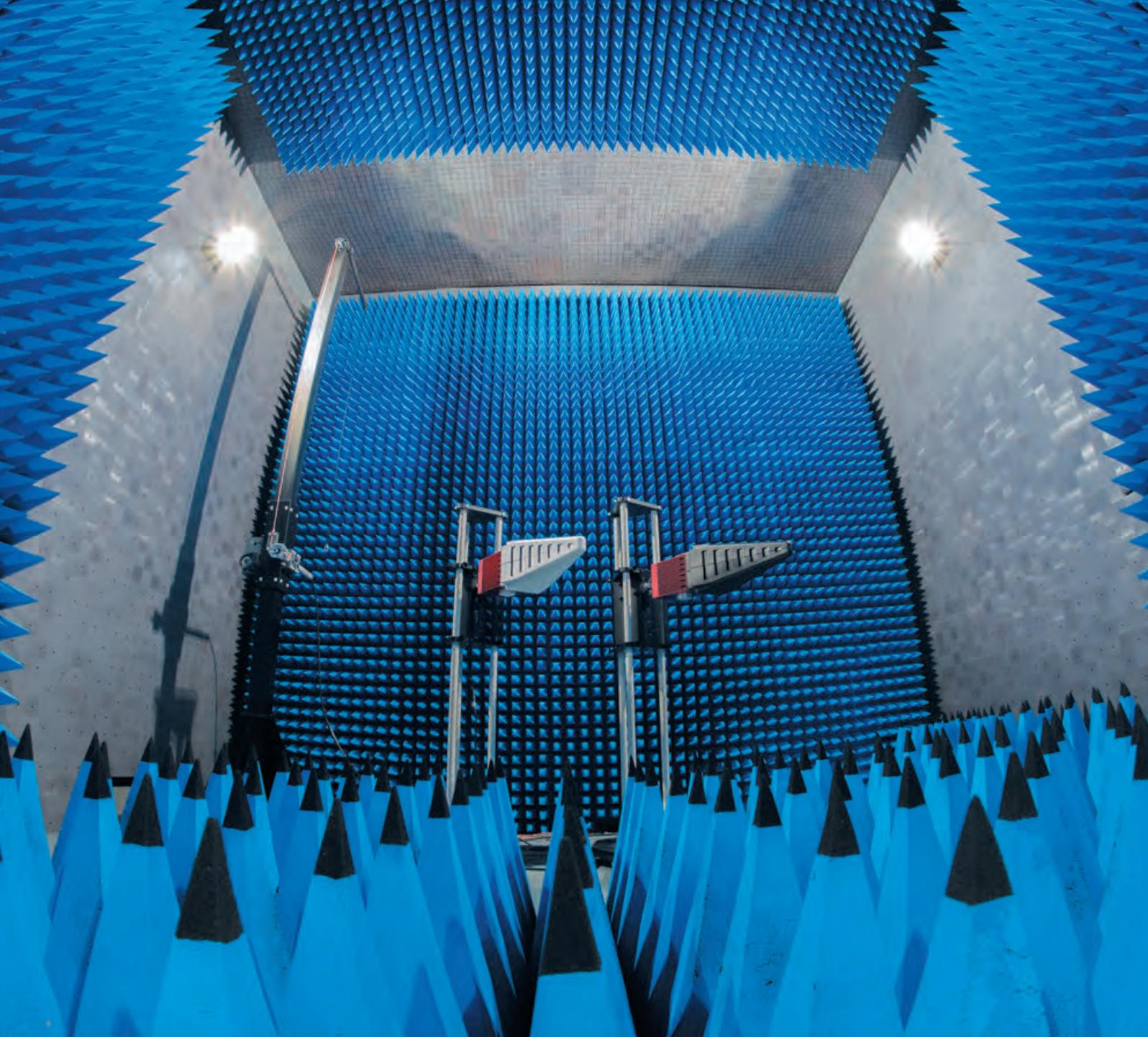
11

Графические результаты измерений плат и микросхем, полученные с помощью ПО Langer EMV-Technik

чением. Микропробник передает данные на анализатор спектра с шагом измерения 10 мкм, определяя наибольшее излучение на всей площади микросхемы и перемещаясь непосредственно в место этого излучения. На основе полученных данных ПО строит трехмерное изображение (рис 11) распределения излучения на микросхеме. Наиболее мощное излучение отображается красным цветом. Также с помощью ПО можно измерять поле по каждой ножке (пину) микросхемы.

Используя аппаратуру Langer EMV-Technik, можно решать различные задачи по проверке помехоустойчивости и излучения печатных плат и интегральных микросхем, увеличивая гарантию прохождения сертификационных испытаний на ЭМС законченных изделий. Применение рассмотренной технологии на данном этапе может иметь только рекомендательный характер. Но учитывая, что плотность монтажа и функциональная сложность аппаратуры во многих областях применения радиоэлектроники будет только возрастать, рекомендации пора переводить в нормативную плоскость, иначе однажды встанет вопрос о невозможности управления сложными системами или группами систем, к примеру, по беспроводному каналу связи, а также многократному увеличению проблем с автоматизацией радиоэлектронных комплексов, что приведет к неспособности выполнять новые задачи, которые необходимы заказчикам и пользователям систем. ▢

Подробнее с решениями на ЭМС компании Langer EMV-Technik можно ознакомиться на сайте www.ostec-electro.ru или отправив запрос по электронной почте ostelectro@ostec-group.ru.



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

* Узнай о **БЭК в Остек** на сайте www.ostec-electro.ru
Эксклюзивный дистрибьютор в РФ и странах Таможенного союза
(Киргизия, Белоруссия, Казахстан, Армения)
ООО «Остек-Электро»

ОПТИМИЗАЦИЯ

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ: ПРАГМАТИЧНЫЙ ПОДХОД «ЭЛКУС» К ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ



Текст: Денис Кулицкий

”

Электронная компания «Элкус» более 25 лет является признанным российским лидером в разработках и производстве устройств сопряжения с бортовыми интерфейсами кабелей информационного обмена, разъемов, а также приборов управления авиационного, космического и флотского применения. Выпускаемые предприятием платы полностью соответствуют международным стандартам по интерфейсам, присоединительным размерам, надежности и качеству.

С техническим директором компании Голубевым Вячеславом Всеволодовичем беседовал Денис Кулицкий, руководитель региональной группы ООО «Остек-СМТ».

Вячеслав Всеволодович, предприятию «Элкус» уже более четверти века, при этом вы постоянно развиваетесь и растете, расширяете производство. В чем секрет успеха?

Наш успех – результат каждодневного труда. Это, в первую очередь, слаженная команда, постоянный мониторинг не только рынка нашей продукции, но и новых технологий, новых производственных возможностей, которые появляются в мире, и желание их внедрять в соответствии с потребностями и задачам нашего производства для достижения максимально эффективного их использования.

Какие технологические новинки дополнили парк оборудования компании за последнее время? На что вы обращали внимание, делая выбор?

Прежде всего, я хотел бы отметить многофункциональный сборочный центр Fox швейцарской фирмы Essemtec. Наше знакомство с Essemtec началось давно, еще в начале 2000-х годов, когда у нас появился первый автомат Pantera. Мы ставили перед собой задачу автоматизации производства, чтобы снизить себестоимость выпускаемой продукции, уйти от влияния человеческого фактора, повысить качество выпускаемой продукции. И на том этапе мы решили поставленную задачу, установив сначала одну технологическую линейку Essemtec, а позднее добавив вторую, так как объемы производства росли. Однако вскоре мы начали ощущать нехватку мощностей для соответствия требованиям растущего рынка и нашего заказчика. Выбирая новый автомат, мы, в первую очередь, смотрели на швейцарский Essemtec, потому что у нас был большой положительный опыт работы с этой компанией, хорошее впечатление о надежности оборудования. Конечно, также мы изучали и аль-

тернативы. Итоговое решение было в пользу многофункционального центра Fox от Essemtec.

Почему вы остановились именно на Fox?

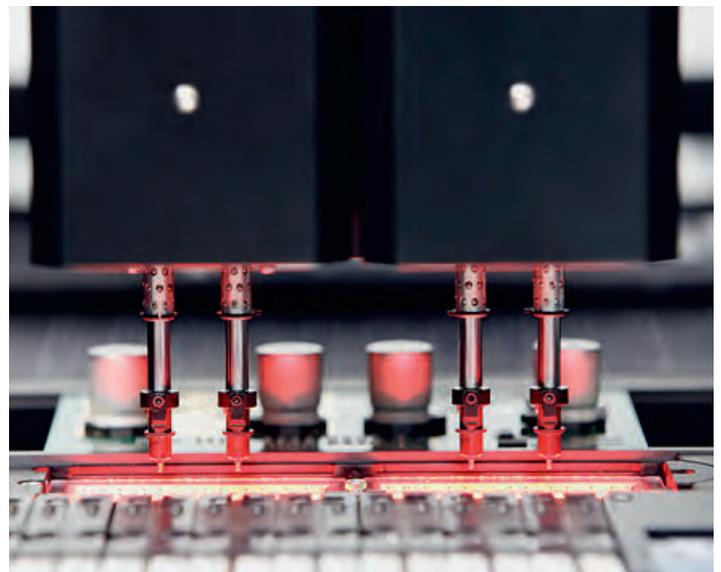
У нас были определенные требования. Первое, это работа с очень большой номенклатурой компонентов, корпусами QFN, LGA. Fox дает возможность работать с компонентами размером от 01005 до 80 × 80 мм. Это очень большой диапазон. Его точностные характеристики позволяли и позволяют нам выпускать изделия по очень высокому классу точности. Второй важный для нас критерий оборудования – вместительность его базы, мы практически полностью обвешиваем его питателями, а это порядка 180 штук. И все это на очень маленьких габаритах – 1 кв. м производственной площади. Автомат очень удачно вписался в наши производственные площади, и мы с облегчением вздохнули, когда поняли, что нам не придется использовать какие-то дополнительные такелажные средства для подъема на этаж. Мы спокойно обошлись обычным лифтом.

Были ли сложности при переходе на новое оборудование – в ходе пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию, в освоении?

Я бы не сказал, что это были сложности. Скорее, это были вопросы изменения сознания операторов – они привыкли работать с оборудованием предыдущего поколения, а у новых автоматов полностью сменилось программное обеспечение и сама концепция написания управляющих программ, работы с оборудованием. В этом смысле операторам нужно было перестроиться. И нельзя забывать о том, что мы не убрали старое оборудование из эксплуатации, оно также у нас эффективно эксплуатируется.



Essemtec Fox: работа сборочного центра не прекращается ни на минуту



Essemtec Fox: возможны различные конфигурации сборочного центра. Вариант с 4 установочными головками – самый быстрый



Essemtec Fox: настройка дозирования материалов и установки компонентов осуществляется при помощи единого программного обеспечения



Essemtec Fox: в автомате опционально может быть использовано до двух систем дозирования, в том числе шнековые и каплеустройные для нанесения паяльной пасты

А как сейчас операторы отзываются о новом сборочном центре? Сравнивают ли с Pantera?

Что касается сравнения, то средняя скорость работы нашего старого станка – 2,5-3 тысячи компонентов в час, которые она реально выдавала. А новый центр в нашей модификации позволяет выдавать 11-15 тысяч в зависимости от сложности изделия. Теперь мы можем работать не впритык ко времени сдачи изделия, а с небольшим временным заделом. Это не может не радовать. А недавно один из операторов предложил два старых станка заменить на еще один Fox от Essemtec.

Производитель сборочного центра гордится программным обеспечением собственной разработки. Что показывает ваш опыт работы?

Самое главное его удобство – это интуитивная понятность и доступность. Очень большой плюс, что интерфейс на русском языке, а также то, что теперь вся работа со станком, с программированием происходит «в одном окне». Если раньше нам приходилось обрабатывать конструкторский файл в одном приложении, импортировать его в другое приложение, прописывать питатели в третьем, то теперь все это делается в одном окне, что очень удобно. Также появилась возможность полной самодиагностики автомата, которая выполняется автоматически без участия оператора. Станок самокалибруется, самодиагностируется. Это очень радует. Процесс обучения происходил быстро, всего за неделю сервис-инженер Остек-СМТ обучил наших специалистов. Операторы уже понимали суть технологического процесса, оставалось только адаптировать их к новому ПО.

Как в целом прошло внедрение сборочного центра, все ли шло по плану?

Проект был глубоко проработан еще до начала его реализации. Здесь во многом заслуга команды Остек-СМТ. Сказалось многолетнее сотрудничество и глубокое знание наших особенностей, налаженное взаимодействие и взаимопонимание. Это важные составляющие проекта. Было много вопросов именно по конфигурации оборудования, по питателям, вариантам исполнения, вариантам системы центрирования. Совместно мы смогли подобрать решение, максимально отвечающее нашим задачам.

Скажите, а как всем известное «швейцарское качество» сказывается на стоимости оборудования и его дальнейшей эксплуатации?

По опыту как многолетней эксплуатации Pantera, так и недавно внедренного Fox могу с уверенностью заявить, что швейцарское качество стоит своих денег, и принцип «экономика должна быть экономичной, а не экономной» здесь реализуется в полном объеме. Безусловно, мы платим изначально несколько дороже, чем за менее дорогие аналоги на рынке, но при этом у нас практически нулевые эксплуатационные расходы. Это – редкое техническое обслуживание, замена ремней, каких-то расходных материалов. Глобальных поломок оборудования не было за весь период эксплуатации.

Вячеслав Всеволодович, благодарю Вас за беседу, желаю развития и процветания Вашему предприятию!



Essemtec Fox

Универсальный сборочный центр



Максимум функций на 1 м²

Установка + дозирование

на одном автомате, 5 видов головок

Быстрая переналадка

революционно удобный интерфейс

Компактность + точность

1 м², 180 питателей, 45 мкм при 3 сигма

Диапазон компонентов

от 01005 до 80 x 80, высота до 25 мм

Простое обслуживание

Подробнее на fox.ostec-smt.ru

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА УМНОГО РАБОЧЕГО МЕСТА – АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧАСТКОВ РУЧНОГО ТРУДА

»

В апреле 2018 года на выставке «ЭлектронТехЭкспо» компания «Остек-СМТ» представила новое технологическое решение – программно-аналитический комплекс «Умное рабочее место»[®] (УРМ), предназначенный для повышения эффективности ручного труда на производстве. О том, какие изменения произошли с УРМ за это время и как решение способно изменить подходы к организации ручного производства редакции журнала рассказал руководитель направления автоматизации рабочих мест ООО «Остек-СМТ» Денис Чернов.

Денис, с момента презентации прошел год. Что за это время было сделано для развития продукта?

Год назад на выставке мы представили прототип решения, который отражал наши идеи в области повышения эффективности ручного труда. Презентация вызвала большой интерес, что подтвердило высокую востребованность этого решения в отрасли. За прошедший год программно-аналитический комплекс «Умное рабочее место» прошел государственную регистрацию программы для ЭВМ. Также мы зарегистрировали товарный знак «Умное рабочее место».

В начале 2019 года состоялось подписание первого контракта на внедрение «Умного рабочего места»: нашим клиентом стало одно из крупнейших предприятий радиоэлектронной отрасли – АО «Рязанский Радиозавод».

Изменились ли приоритеты в плане разработки решения, какие функции, на ваш взгляд, наиболее актуальны?

В течение года мы активно общались с нашими потенциальными клиентами, провели ряд региональных семинаров и выставок в таких городах как Ижевск, Екатеринбург, Новосибирск, Нижний Новгород. Несколько презентаций были проведены непосредственно на производственных предприятиях. В ходе этих мероприятий мы не только представляли и демонстрировали наш комплекс, но и проводили опрос клиентов, благодаря чему был существенно скорректирован перечень задач, решаемых комплексом. Мы выяснили, что ряд функций «Умного рабочего места» избыточен, а некоторые функции клиенты хотели бы дополнительно видеть в нашем решении. Также функционал комплекса корректировался вследствие более глубокой технической проработки.

На текущий момент мы выделили пять функциональных модулей УРМ, каждый из которых решает свою производственную задачу. По словам заказчиков, наиболее актуальные из них «Контроль выполнения производственного плана» и «Цифровой паспорт». Первый в режиме реального времени предоставляет руководителю информацию о ходе производственного процесса и дает возможность оперативно реагировать на отклонения. Второй обеспечивает прослеживаемость, фиксируя все данные по технологическим операциям. Не менее важным является переход предприятий на работу с технологической и конструкторской документацией в электронном виде.

Насколько интересно данное решение для предприятий отрасли?

Группа компаний Остек традиционно работает в радиоэлектронной отрасли. Поэтому и наши пер-



Денис Чернов

вые идеи родились в ходе анализа работы сборочно-монтажных и слесарных участков предприятий по производству радиоэлектронной аппаратуры. Зависимость производства от человеческого фактора на этих заводах весьма высока. Связано это в основном с высокой долей ручного труда при производстве радиоэлектроники. И руководители предприятий это хорошо понимают.

Тем не менее, «Умное рабочее место» является универсальным решением для любых предприятий, где для выполнения тех или иных операций используется ручной труд.

Как УРМ меняет подходы к организации ручного производства?

Анализируя технологические процессы радиоэлектронных заводов, мы пришли к выводу, что для многих изделий сократить долю ручных операций не представляется возможным. Это связано с компонентной базой, технологией производства, государственными стандартами и так далее. Поэтому в этих условиях основным организационным вопросом становится повышение эффективности ручного труда. Текущие потери времени колоссальные. Приведу два примера. На одном из предприятий директор рассказал, что к ним периодически приходят заказы на одно очень старое изделие. Собирается оно только вручную. Поиск документации для этого изделия, поиск нужных мест в этой документации и прочие подготовительные мероприятия для начала производства занимают у сотрудников до 30 % рабочего времени! Второй пример – участок слесарной сборки: слесарь выполняет операцию и заполняет таблицу в паспорте изделия. В ходе разговора мы выяснили, что на ручное заполнение этих таблиц он тратит 20 % своего рабочего времени! И таких примеров масса. Сокращение подобных затрат является одной из главных задач «Умного рабочего места».



Приведет ли внедрение УРМ к массовому сокращению персонала?

Объективно внедрение УРМ позволит повысить производительность труда, что при неизменном объеме производства создаст избыток рабочей силы. Но в действительности на многих предприятиях существует дефицит квалифицированных рабочих специалистов, а большинство текущих сотрудников монтажных и сборочных участков – это люди пенсионного и предпенсионного возраста. Следовательно, все острее встает вопрос замены сотрудников. «Умное рабочее место» – это определенная возможность повысить престиж рабочих мест, так как молодые специалисты лучше адаптируются к цифровой среде. При прочих равных современное рабочее место более привлекательно, чем оборудованное на уровне технологий 60-70-х годов прошлого века.

Есть ли риск негативной реакции сотрудников на внедрение средств автоматизации, которые,

среди прочего, анализируют их эффективность?

Целью любой автоматизации является повышение производительности, в нашем случае – производительности ручного труда. Разговаривая с клиентами, мы часто слышим, что они постоянно работают в авральном режиме. Времени на выполнение заказа не хватает, сотрудники вынуждены работать в выходные дни, всё это приводит к дополнительным затратам, не говоря уже о негативных эмоциях. «Умное рабочее место» позволяет сократить производственные затраты времени на подготовку, решение различных проблем, заполнение документов. Тем самым у сотрудников высвобождается рабочее время, которое они могут эффективно использовать на выполнение технологических операций.

Настороженного отношения сотрудников конечно же не избежать. Люди так устроены, что всё новое автоматически отторгается. Поэтому внедрение «Умного рабочего места» мы всегда проводим поэтапно. Система максимально интегрируется

в существующие процессы конкретного производства. Оборудование и функционал появляются у сотрудников постепенно. Это дает им возможность адаптироваться к изменениям и оценить удобство работы с УРМ.

Кроме того, мы сопровождаем процесс внедрения решения активной работой с людьми: это обучение, консультирование и так далее, что позволяет снимать возражения и возможные вопросы персонала на всех этапах реализации проекта.

Возможно ли внедрение УРМ там, где еще нет электронной документации, автоматизации производства и учетных систем?

Основная задача «Умного рабочего места» – автоматизация участков ручного труда. Часто эти подразделения представляют собой информационные «черные дыры», откуда поступает крайне скудная информация. Поэтому УРМ решает локальную задачу по оцифровке рабочего процесса участков ручных операций. И в первую очередь информация о состоянии производства предоставляется начальнику участка и начальнику цеха. Если необходимо передавать данные в информационные системы предприятия, то возможна их интеграция с УРМ.

Что касается электронной документации, то она хранится в собственном хранилище УРМ, что позволяет ее структурировать наиболее удобным способом. К каждому типу изделия привязаны свои документы, возможна привязка документации и к конкретной операции с изделием. Поэтому какие-либо внешние системы «Умному рабочему месту» не нужны.

С какими главными сложностями вы столкнулись при разработке УРМ?

Самым сложным было определение функционала «Умного рабочего места». Поток проблем от клиентов огромен. Мы потратили очень много времени на структурирование этой информации, расстановку приоритетов и выделение главных задач. Сейчас их пять, и в очереди на рассмотрение и принятие решения о реализации стоит еще столько же.

Периферийное оборудование также вносит свои коррективы в проект. Так интеграция с паяльными станциями JBC привела к замене базового оборудования рабочего места. При этом нам удалось составить гораздо более эргономичный комплект без увеличения его стоимости. Специально пришлось переработать конструкцию самого рабочего места, так как оснащение его монитором, сканерами штрихкодов и другим оборудованием меняет эргономику места и механику работника. В итоге была разработана специальная серия промышленной мебели, адаптированная под УРМ, установку оборудования, прокладку кабелей и т.д.

Важной задачей является интеграция УРМ с существующими информационными системами предприятия. Сейчас на заводах все чаще встречаются MES-системы. Заказчики в числе прочего формируют в них свои сменные задания и хотят передавать их в УРМ на рабочее место конкретного сотрудника. Аналогичная ситуация с PDM-системами, откуда конструкторская и технологическая документация может попадать на экран конкретного монтажника или слесаря.

Каковы перспективы комплекса? Что планируете сделать в будущем?

По нашим оценкам перспективы у продукта весьма обширны. Отрасли необходимо подобное решение, и наши клиенты это подтверждают. Мы знаем несколько примеров, когда предприятия собственными силами разрабатывали подобные системы. Однако их тиражирование невозможно. Контроль плана в режиме реального времени, прослеживаемость, соблюдение технологии производства изделий и уменьшение брака – одни из самых важных задач, стоящих перед каждым производством.

В наших планах на ближайший год внедрение первых проектов и получение обратной связи от заказчиков. Нам важно понять, насколько УРМ помогает в условиях реального производства, что нужно изменить, дополнить, скорректировать. Следующим этапом развития станет расширение функционала и стандартизация алгоритмов интеграции УРМ с PDM-, MES- и ERP-системами заказчиков.

Программно-аналитический комплекс «Умное рабочее место» – собственная запатентованная разработка компании «Остек-СМТ». Область применения – автоматизация и повышение эффективности ручных технологических операций на радиоэлектронных и иных производствах. Комплекс обеспечивает снижение влияния человеческого фактора при выполнении ручных операций, обеспечивает комплексный контроль выполнения производственного плана, прослеживаемость изделий, безбумажный доступ к информации и документации, контроль технологических параметров.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦСУП ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВА



Текст: Юрий Смирнов

”

В журналах «Вектор высоких технологий» № 1 (41) и № 2 (42) 2019 на примере ЦСУП Logos рассматривался вопрос оценки экономической эффективности внедрения Цифровых Систем Управления Производством на промышленном предприятии; механизмы контроля и влияния ЦСУП Logos на основные статьи затрат производственного предприятия, в том числе механизмы контроля и оптимизации стоимости материалов, комплектации, комплектующих; вопросы прозрачности расходов на оплату труда основных производственных рабочих.

В этой статье будет рассмотрено влияние ЦСУП на экономическую эффективность производства за счет встроенного механизма контроля плановой и фактической себестоимости в реальном режиме времени, а также влияние системы на снижение потерь от брака.

1. Повышение экономической эффективности производства за счет контроля плановой и фактической себестоимости

Анализ плановой и фактической себестоимости в режиме реального времени – это важный аналитический инструмент руководителя для контроля и управления экономической эффективностью производства. Современная ЦСУП должна мгновенно информировать о факте превышения плановой себестоимости по исполняемому заказу, чтобы у руководителя была возможность своевременно повлиять на ситуацию. Например, в ЦСУП Logos при увеличении стоимости основных материальных затрат, кооперации или увеличении трудоемкости и размера ФОТ сверх плановых показателей для заказа, который еще находится в стадии производства, происходит оповещение руководителей соответствующего уровня. Без применения ЦСУП такой инструмент недоступен, так как невозможно в режиме реального времени оперативно собирать и обрабатывать большой объем фактической информации о ходе производства и фактических затратах и сравнивать эти данные с плановыми показателями из калькуляции.

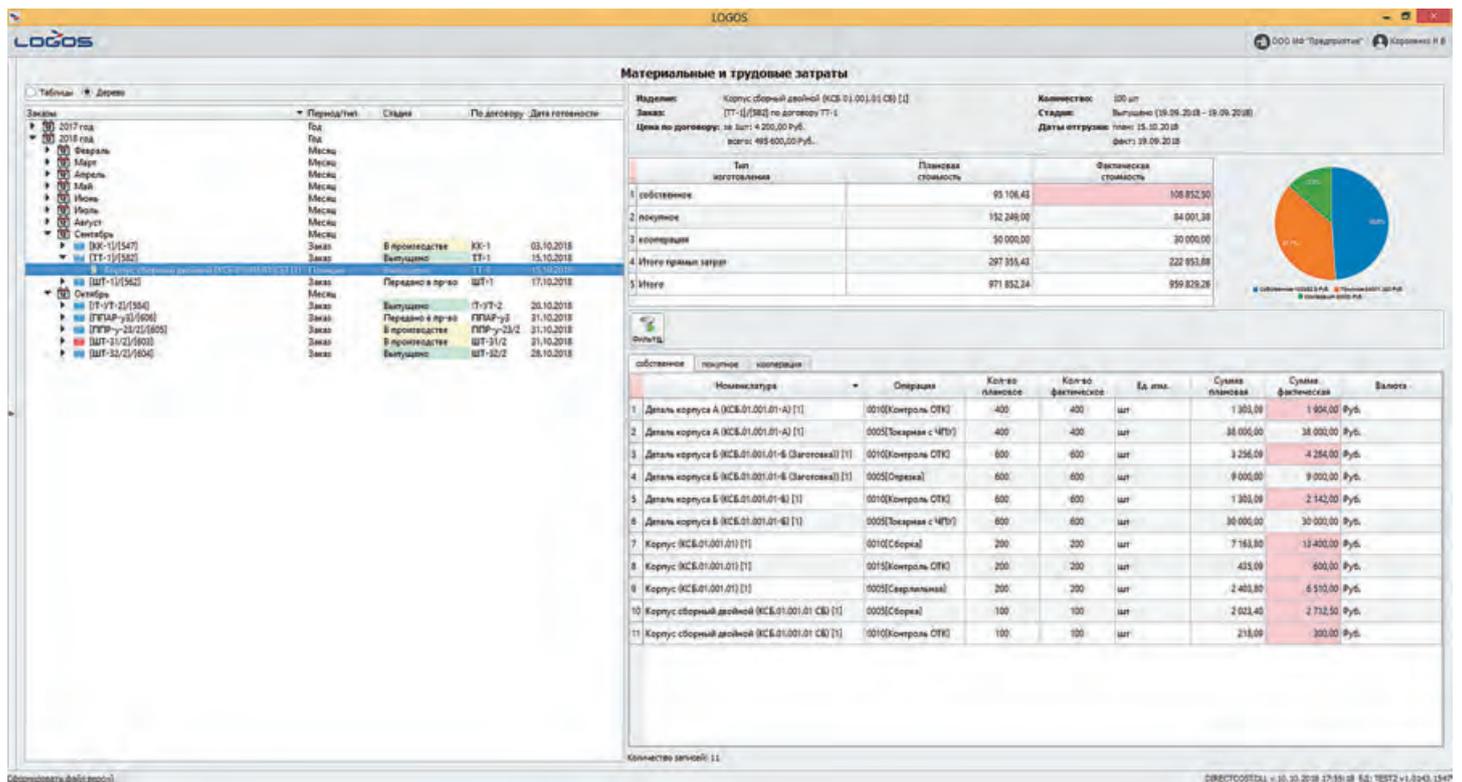
В аналитическом разделе ЦСУП должна быть структурировано представлена информация о текущем состоянии производства. Раздел должен иметь встроенные механизмы фильтрации и сортировки

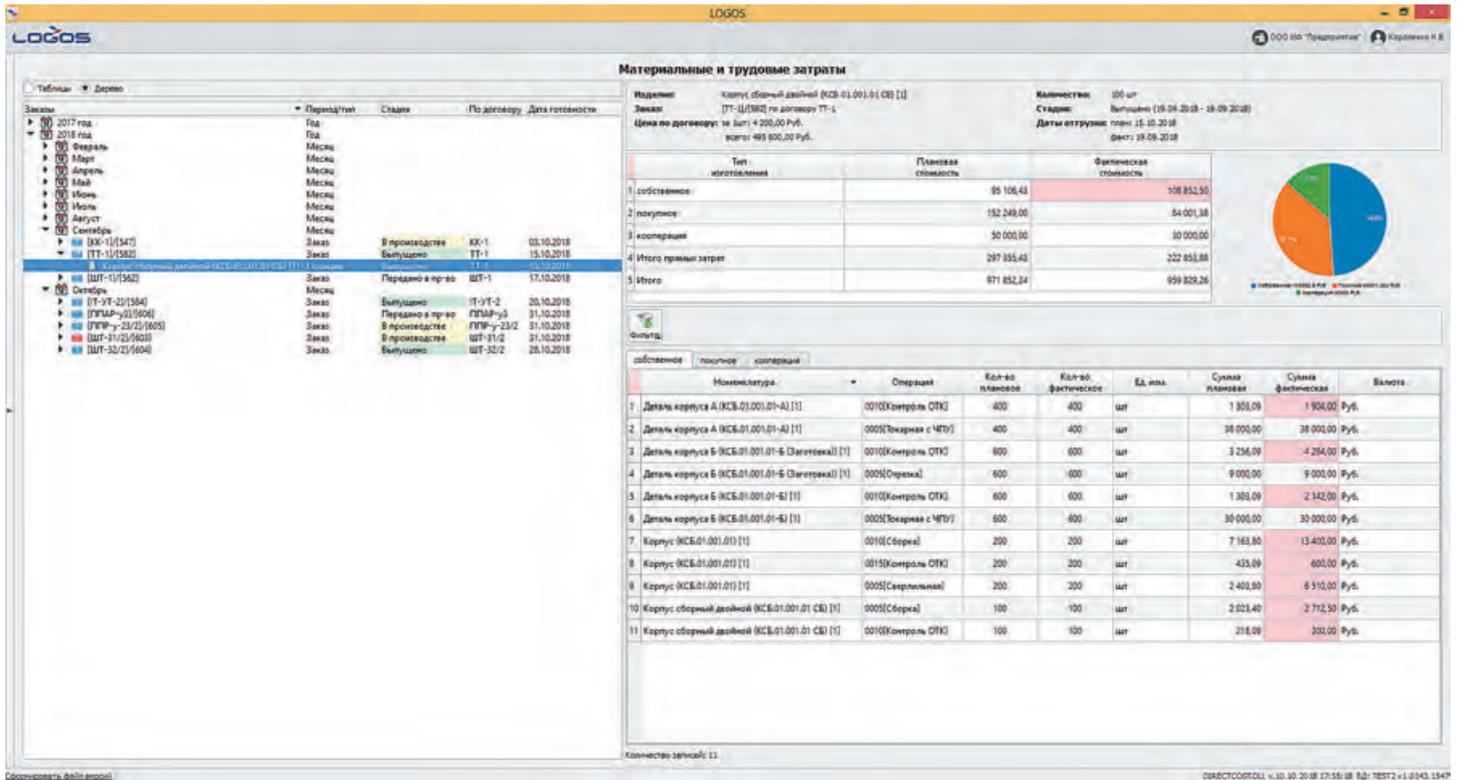
Руководитель может в режиме реального времени видеть статус и оценочный процент выполнения заказов и заявок, а также информацию о наличии проблем с качеством, сроками или себестоимостью и имеет возможность принимать своевременные меры по исправлению ситуации. Это существенное отличие ЦСУП от других программных продуктов, в которых статистическая информация доступна по факту выпуска продукции, когда уже нет возможности повлиять на ход и экономику производства.

отображаемых данных, которые позволяют гибко анализировать ситуацию в разрезе заказов и подразделений.

Для каждой заявки в производстве в разделе детализации должна отображаться подробная информация на текущий момент времени:

- **Основные и вспомогательные материалы**, плановые значения в соответствии с технологической документацией и фактически затраченные на выпуск продукции в натуральном и денежном выражении.
- **Комплектация**, плановая в соответствии с технологической документацией и факти-





ЦСУП Logos. Интерфейс для анализа плановой и фактической себестоимости

чески приобретенная и затраченная на выпуск продукции в натуральном и денежном выражении.

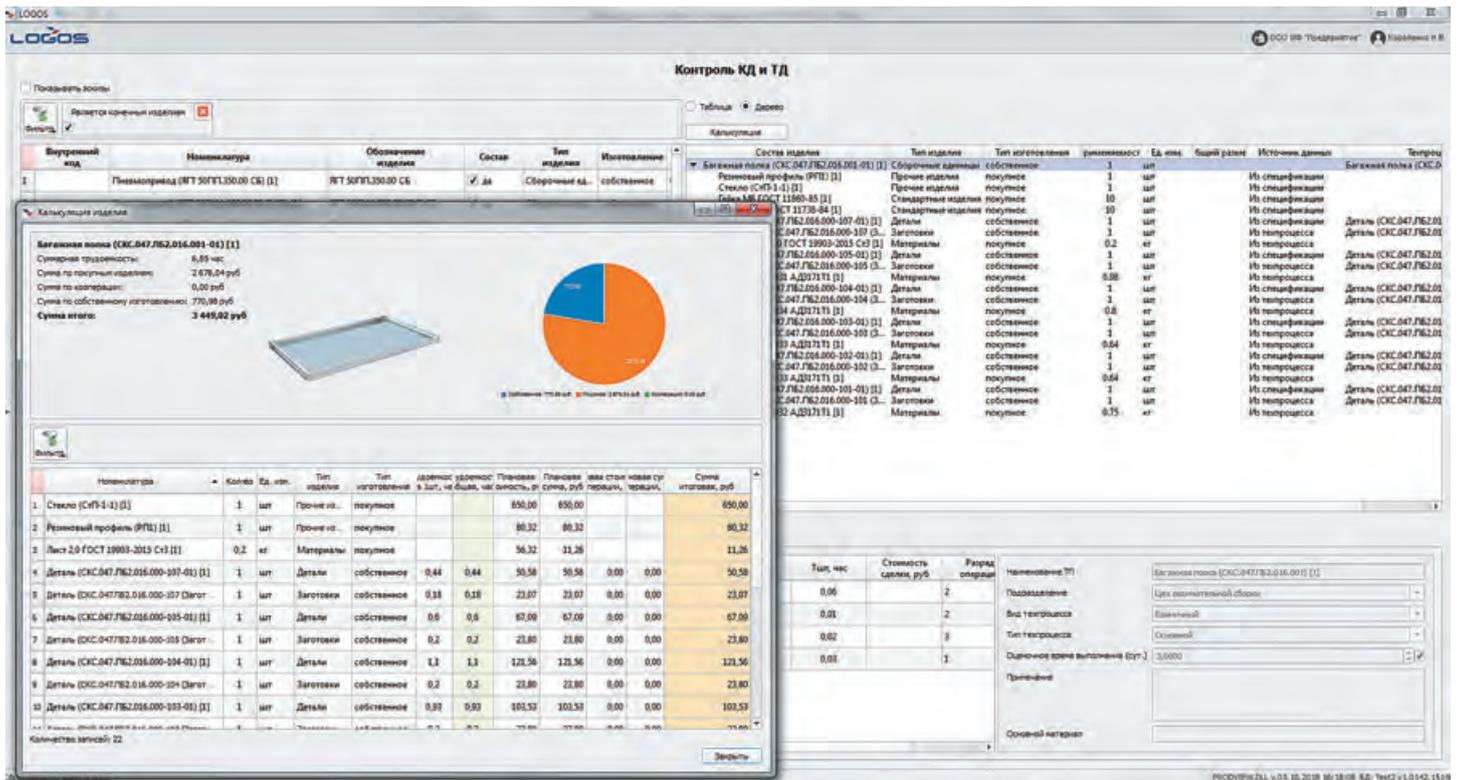
- **Кооперация**, плановые объемы в соответствии с технологической документацией и фактические значения в натуральном и денежном выражении.
- **Инструмент и оснастка**, плановые значения в соответствии с технологической документацией и фактически затраченные на выпуск продукции в натуральном и денежном выражении.
- **Трудоемкость и ЗП**, плановые и фактические значения в норма-часах и денежном выражении.
- **Информация о дополнительных технологических операциях** с указанием причин и ФИО назначившего эти операции.
- **Информация о дополнительных связанных внутренних заказах и заявках.**
- **Фактическая и плановая себестоимость** (сравнение с калькуляцией) для выпущенных изделий и изделий в производстве. Изделия, выпущенные за месяц (период), и соотношение цена (договор) / себестоимость.

Данный инструмент в ЦСУП Logos позволяет руководителю видеть всю необходимую сгруппированную информацию с возможностью перейти в соответствующий раздел ЦСУП для детального

ознакомления. Форма имеет встроенные механизмы сигнализации об имеющихся проблемах. Разделы и значения, требующие внимания руководителя, визуально выделяются цветом и шрифтом.

Отдельно стоит вопрос контроля экономической целесообразности запуска внутренних заказов, не связанных напрямую с реализацией готовой продукции, с помощью ЦСУП. К таким заказам можно отнести заказы службы главного инженера на изготовление запчастей для оборудования, хозяйственного инвентаря, инструмента или технологической оснастки, не включённой в себестоимость конкретной продукции или заказа.

Как правило, решение о самостоятельном изготовлении всего перечисленного принимается из соображений экономической эффективности. С одной стороны, внутренняя производственная себестоимость должна быть ниже рыночной стоимости. С другой стороны, это позволяет дать дополнительный объем работы и возможность заработать сотрудникам предприятия. Традиционно отношение к таким заказам на предприятиях положительное. И контроль экономической эффективности осуществляется слабее, чем в случае с коммерческими заказами. Так как продукция или услуги потребляются непосредственно самим предприятием, то рыночных ограничений по стоимости нет. Расчет себестоимости может происходить по фактическим затратам на материал и фактической трудоемкости.



2

ЦСУП Logos. Автоматическое формирование калькуляции (ПМЗ) на основании данных о составе изделия и ТП

Из-за отсутствия необходимости обеспечивать рыночный уровень себестоимости и сниженного контроля эти заказы часто становятся экономически не эффективными. Особый или упрощенный порядок запуска в производство, без конструкторской и технологической документации, без расчета плановой себестоимости и утверждения калькуляции позволяет сотрудникам, не отвечающим за экономическую эффективность, увеличивать стоимость заказа, по ходу производства свободно добавляя дополнительные технологические операции, увеличивая трудоемкость или изменяя нормы расхода материала и комплектующих. В результате на предприятиях могут появляться испытательные стенды, штампы или другая оснастка с завышенной относительно рынка стоимостью, а амортизация такой оснастки может серьезным образом влиять на финансовые показатели предприятия в худшую сторону. При слабом контроле внутренние заказы могут использоваться для необоснованного увеличения размера ФОТ подразделения и/или списания завышенного объема материалов и комплектации.

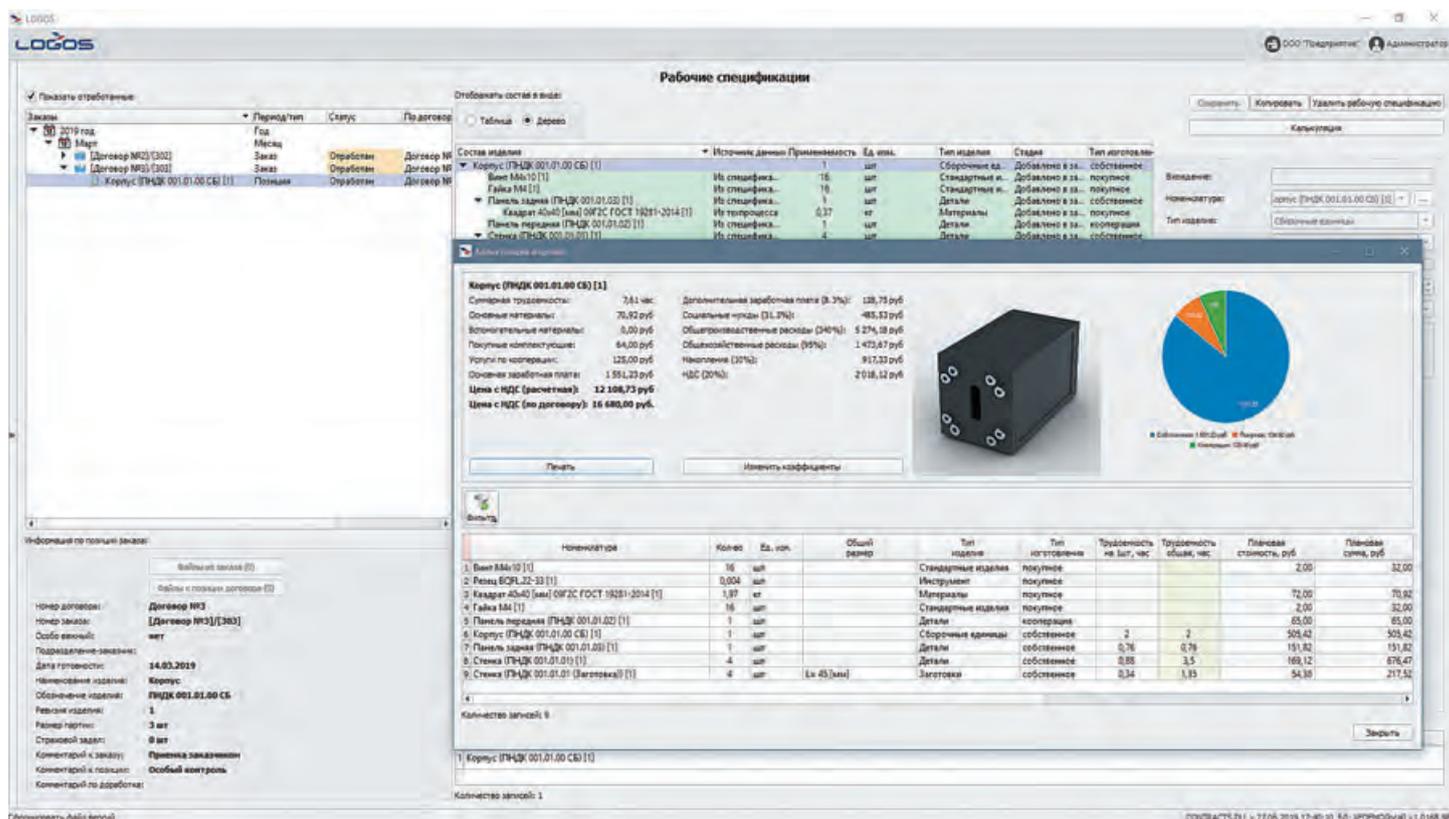
Например, использование стандартного механизма ЦСУП Logos для внутренних заказов не позволяет бесконтрольно запускать заказы в производство и увеличивать стоимость их изготовления, так как при запуске автоматически будет сформирована плановая калькуляция и зафиксирована плановая производственная себестоимость. Таким образом, руководи-

тель, принимая решение о запуске внутреннего заказа, будет видеть объем необходимых затрат и понимать экономическую эффективность внутреннего заказа.

Стандартное сопровождение внутренних заказов в ЦСУП – с внесением информации о выполнении технологических операций сотрудниками и формирование всех документов о движении ТМЦ, необходимых для изготовления, – обеспечит наличие в ЦСУП всей нужной информации для автоматического анализа на предмет экономической эффективности.

Механизм контроля плановой и фактической себестоимости не позволяет бесконтрольно увеличивать затраты на оплату труда и материалы (комплектацию) по ходу производства, чем значительно снижает злоупотребления.

Для управления эффективностью производства необходимо иметь возможность анализировать незавершенное производство в денежном выражении, а также его состав.



3

Сравнение в реальном режиме времени стоимости изделия в соответствии с условиями договора и формирующейся на этапе подготовки производства плановой калькуляции, для предотвращения запуска заведомо убыточного заказа

2. Контроль незавершенного производства

С точки зрения ЦСУП незавершенное производство (НЗП) – это продукция, находящаяся на различных стадиях производственного процесса. НЗП на предприятии состоит из материалов, комплектации, полуфабрикатов, которые выданы в производство и к которым приложен живой труд в процессе превращения их в готовую продукцию.

Негативная динамика изменения НЗП в сторону ее увеличения в абсолютных показателях говорит о необходимости анализировать структуру НЗП. Учитывая, что вся необходимая информация есть в ЦСУП, можно оперативно получить информацию в денежном, количественном и натуральном выражении об объеме уже понесенных материальных затрат и затрат на оплату труда при изготовлении

находящихся в настоящее время в производстве изделий. А также сравнить эти значения с плановыми значениями из калькуляции для оценки степени (процента) изготовления.

Так, например, ЦСУП Logos позволяет представить детализированный состав НЗП в разрезе заказов и конечных изделий. Сформированная таким образом ведомость НЗП дает возможность оперативно проводить инвентаризации НЗП, в том числе выборочно, для позиций с признаками наличия проблем. К проблемным позициям можно, например, отнести продукцию, процесс изготовления которой закончен на 100 %, но которая по каким-то причинам не поступает на склад, или продукцию, которая имеет длительный срок нахождения в производстве без движения.

3. Влияние ЦСУП на уровень потерь от брака

Прослеживаемость производства, которую должна обеспечивать современная ЦСУП, является одним из важнейших элементов системы качества, во многом определяющим эффективность ее функционирования. Механизм идентификации (исполнителя, компонента, материала, полуфабриката, изделия), обеспечивающий прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу изготовления, дает возможность гарантировать высокий уровень качества и надежности выпускаемой продукции за счёт:

ЦСУП должна иметь стандартные инструменты, позволяющие контролировать и наглядно отображать динамику изменения НЗП.

LOGOS

ООО ИФ "Подарител" Карелия П.В.

Мониторинг текущих заказов

№	Номер заказа	На основании договора	Номенклатура	Обозначение	Кол-во	Срочный заказ	Ед. изм.	Особо важный	Приоритет	Дата готовности	Операционный срок (дней)	Дата отгрузки	Стадия	Создан автоматически	Уровень РС (%)	Добавлено в заказ (%)	Комментарий
3	УП-2		Уплотнение (И...)	ИТ 150ФЦП13...	5	0	шт	<input checked="" type="checkbox"/>	5	27.03.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	0%	
4	РЗ-1		Адаптер (ИТ 1...)	ИТ 150ФПЦ30...	5	0	шт	<input type="checkbox"/>	0	03.10.2018	0		Новый	<input type="checkbox"/>	0%	0%	
5	РЗ-1(342)	РЗ-1	Адаптер (ИТ 1...)	ИТ 150ФПЦ30...	2	1	шт	<input type="checkbox"/>	3	18.03.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	0%	
6	ТО-1(362)	ТО-1	Крем шаровой...	ИТ 150ФЦА08...	5	0	шт	<input type="checkbox"/>	5	03.10.2018	0	30.05.2018	Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	0%	
7	31052018		Кольцо (РЗ1-0...)	РЗ1-01	1	0	шт	<input type="checkbox"/>	0	29.06.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	0%	
8	РЧС-1		Ручка сборная...	Ручка ИТ ПП...	1	0	шт	<input type="checkbox"/>	0	03.10.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	0%	
9	УП-1(350)	УП-1	Уплотнение (И...)	ИТ 150ФЦП13...	3	0	шт	<input type="checkbox"/>	5	31.08.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	100%	Без привязки заказчиком
10	УП-1(358)	УП-1	Уплотнение (И...)	ИТ 150ФЦП13...	7	0	шт	<input type="checkbox"/>	5	03.10.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	100%	Без привязки заказчиком
11	ПР-УТ-1(358)	ПР-УТ-1	Канал в сборе...	ИИ020.01.03000	500	0	шт	<input checked="" type="checkbox"/>	5	17.08.2018	0		В производстве	<input type="checkbox"/>	100%	100%	Свой контроль
12	РЧС-2		Ручка сборная...	Ручка ИТ ПП...	10	0	шт	<input type="checkbox"/>	5	03.10.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	75%	
13	ШЖ-1		Банок (ИТ 150...)	ИТ 150ФПЦ30...	5	0	шт	<input type="checkbox"/>	0	20.08.2018	0		В производстве	<input type="checkbox"/>	100%	100%	
14	ШЖ-1(347)	ШЖ-1	Шпилька (ИВ...)	ИТ 100ФТ04.05	1	0	шт	<input type="checkbox"/>	5	03.10.2018	0		Передано в пр-во	<input type="checkbox"/>	100%	100%	Особый контроль внешнего в...

Количество позиций: 14

Материалы					Детали					Оборуд.				
Номенклатура	Тип изготовления	Статус	Кол-во	Ед. изм.	Номенклатура	Тип изготовления	Статус	Кол-во	Ед. изм.	Номенклатура	Тип изготовления	Статус	Кол-во	Ед. изм.
1 Крут 15 ТОС 2...	покупное	Получено на склад	5505	кг	1 Каркас (ШЖ)...	собственное	Получено на склад	5505	шт	1 Канал в сборе (ИВ)...	собственное	Получено на склад	500	шт
2 ШЖ-1(347) ГО...	покупное	Получено на склад	11010	кг	2 Болт нерж. М8...	покупное	Получено на склад	11010	шт	2 Уплотн в сборе (ИВ)...	собственное	Партия в производстве	11010	шт
					3 Уплотн гнутый...	собственное	Получено на склад	11010	шт					
					4 Шпилька резьб...	покупное	Получено на склад	5505	шт					

СТАВРОПОЛЬ v. 22.06.2018 12:17:45 52; Тенд v.1.013; 1334

3

ЦСУП Logos. Пример работы системы прослеживаемости: от материала и комплектации до конечного изделия

- непрерывного контроля производственной и технологической дисциплины;
- постоянного контроля использования только разрешённых к применению компонентов, комплектующих и материалов;
- персонификации ответственности производственных подразделений и должностных лиц.

Система прослеживаемости позволяет собирать и анализировать статистическую информацию для постоянного совершенствования производства. Ее применение делает возможным построение много-ступенчатой системы контроля качества, фиксацию причины возможного массового брака и недопущение отгрузки несоответствующей продукции заказчику.

Фиксируемые в ЦСУП по умолчанию параметры производства:

- время начала и завершения операции;
- ФИО оператора;
- применяемое оборудование;
- рабочие режимы оборудования;
- версии управляющих программ;
- материалы и комплектация;
- фактический состав изделия;
- применяемые вспомогательные материалы и оснастка;
- климатические параметры помещения;
- другое.

Применение **ЦСУП Logos** или **аналогичной** позволяет аккумулировать информацию, анализировать ее на предмет отклонений от плановых показателей, контролировать действия персонала и сигнализировать о наличии проблем, что дает **возможность принимать своевременные управленческие решения на основании оперативной достоверной информации.** 

Степень использования результатов работы ЦСУП Logos менеджментом предприятия во многом определяет эффект от ее внедрения. Если руководитель, ответственный за финансовый результат, регулярно, ежедневно использует в своей работе данные ЦСУП Logos, то можно с уверенностью ожидать максимального экономического эффекта.

ТЕХПОДДЕРЖКА

ЭЛЕКТРО- ХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ. БОРЬБА С НЕВИДИМЫМ ВРАГОМ



Текст: Роман Порядин



Электрохимическая миграция (ЭХМ) – один из важных процессов, влияющих на надежность и долговечность электронных блоков, и она то и дело попадает в список возможных причин эксплуатационных отказов. Все чаще возникают вопросы о причинах дефектов и сбоев, вызванных загрязнениями различной природы в совокупности с высокой влажностью. И электрохимическая миграция здесь является одной из ключевых причин. Например, автомобильная, специальная и телекоммуникационная отрасли обязаны гарантировать работоспособность электронных узлов в любой климатической зоне в условиях сильных колебаний температур и экстремальной влажности. Поэтому необходимо понимать, какие процессы протекают в изделиях в жестких климатических условиях при наличии различных загрязнений на поверхности.

В статье мы рассмотрим причины, механизмы возникновения и методы предотвращения электрохимической миграции, а также ее отличия от других типов отказов в электронных изделиях.



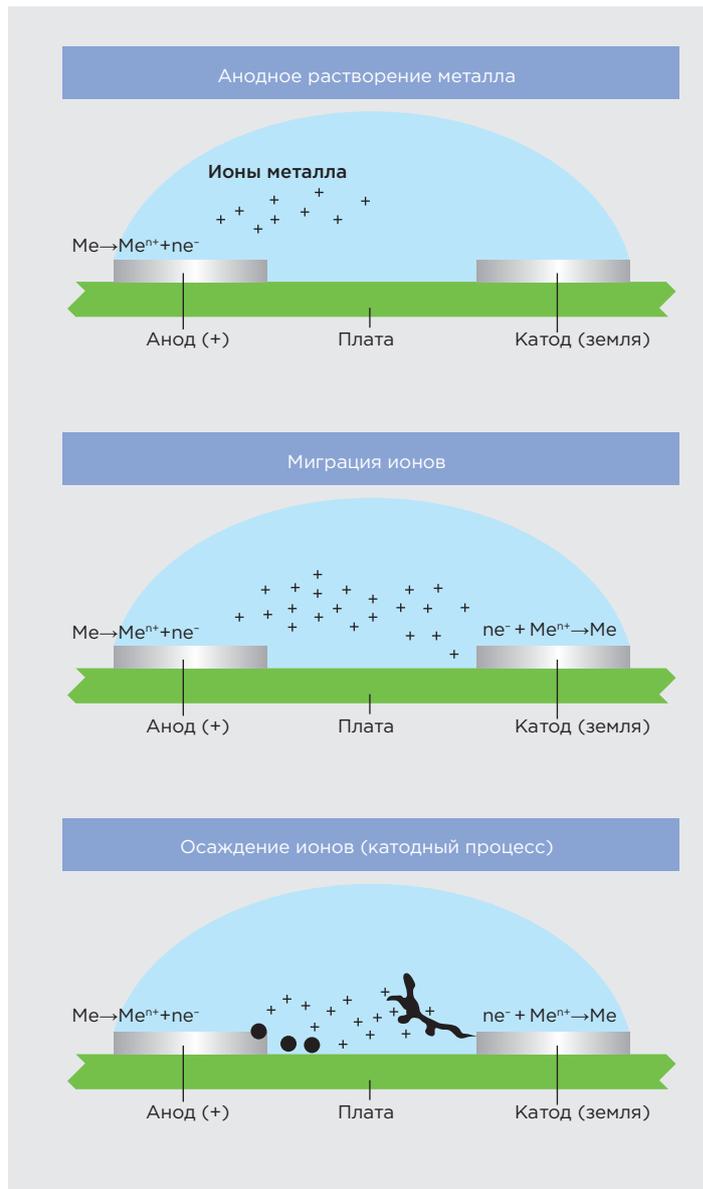
1 Повреждения, вызванные электрохимической миграцией (слева) и пробоем диэлектрика (справа)

Электрохимическая миграция (электрохимическая коррозия) – это тип коррозии, который протекает под действием приложенного электрического напряжения при обязательном присутствии электролита и металлов с высокими или низкими окислительно-восстановительными потенциалами (электродные потенциалы).

Электрохимическая миграция является наиболее распространенным типом коррозии. По электрохимическому механизму корродируют металлы в контакте с растворами электролитов (морская вода, остатки флюсов, солей, щелочей). Для радиоэлектроники примером может являться ситуация, когда на печатном узле остатки флюса оказываются между двумя проводниками в условиях конденсации влаги, возникает ток утечки, который приводит к возникновению электрохимической миграции и росту дендритов. Этот процесс уменьшает надежность и срок службы электронных изделий и часто является причиной отказов, связанных с работой в агрессивных условиях окружающей среды. Типовые признаки электрохимической миграции – временные и постоянные короткие замыкания. Даже временные короткие замыкания могут приводить к отказу электронных устройств, вызывая сбои в их работе. Постоянные короткие замыкания могут вызывать локальный перегрев печатного узла, приводящий к выгоранию компонентов или участка печатной платы.

Чтобы определить наличие электрохимической миграции, необходимо исследовать поврежденные платы в лабораторных условиях под сканирующим электронным микроскопом, а это часто не представляется возможным. Поэтому подобные отказы причисляют к функциональным сбоям, пробоям диэлектрика или воздействию токов утечки (рис 1).

Чаще всего очень сложно или невозможно установить, что причиной отказа стала именно электрохимическая миграция. В течение непродолжительного времени конденсации влаги (обычно несколько минут) образуются непроводящие дендриты малого размера, которые быстро выгорают, но приводят к выходу изделия из строя.



2 Схематическое представление механизма возникновения электрохимической миграции

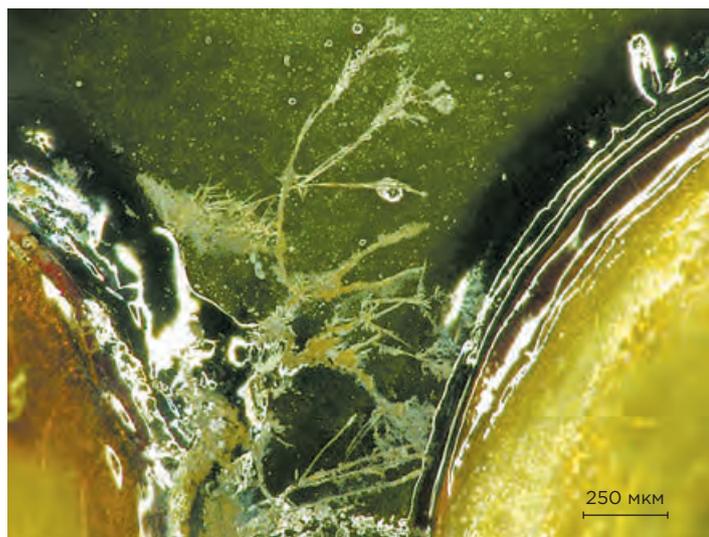
Каким образом возникает электрохимическая миграция? Как оценить риски и, самое важное, как их избежать? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо детально исследовать лежащие в ее основе процессы.

Механизм возникновения электрохимической миграции

Электрохимическая миграция может протекать в любом участке печатного узла при наличии высокого электрического напряжения и загрязнений, оставшихся после процесса пайки, некачественной отмывки или при неправильном манипулировании с печатным узлом.

Стандартный алгоритм выглядит следующим образом (рис 2):

- анодное растворение металла ($Me \rightarrow Me^{n+} + ne^-$);
- миграция ионов металлов;

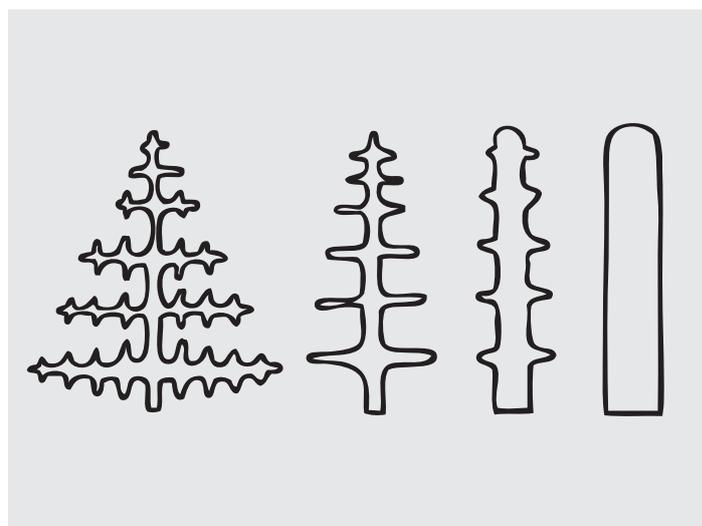


3

Образование металлических структур

- катодное осаждение ионов металлов ($ne + Me^{n+} \rightarrow Me$).

Под воздействием электрического напряжения проводник-анод растворяется, отдавая в электролит положительно заряженные ионы металла. Эти ионы направляются к проводнику-катоде и восстанавливаются на нем до металлического состояния, образуя проводящие перемычки в виде дендритоподобной рыхлой металлической структуры (рис 3). Если



4

Виды структур роста: пучки волокон и полосы

концентрация ионов в электролите велика, образуются более гладкие структуры в виде пучков волокон или полос (рис 4). В результате этих процессов за несколько минут могут создаваться нитевидные кристаллы толщиной в несколько микрон и длиной до десятков миллиметров.

Скорость электрохимической миграции зависит от температуры, высокой влажности и загрязнений на печатном узле, а также от соотношения электро-

Т 1

Стандартные электродные потенциалы металлов

ЭЛЕКТРОД	E°, В	ЭЛЕКТРОД	E°, В	ЭЛЕКТРОД	E°, В
Li ⁺ /Li	-3,05	Mn ²⁺ /Mn	-1,18	2H ⁺ /H ₂	0
Rb ⁺ /Rb	-2,93	V ²⁺ /V	-1,18	Sb ³⁺ /Sb	+0,20
K ⁺ /K	-2,92	Cr ²⁺ /Cr	-0,91	Bi ⁵⁺ /Bi	+0,22
Cs ⁺ /Cs	-2,92	Zn ²⁺ /Zn	-0,76	Cu ³⁺ /Cu	+0,34
Ba ²⁺ /Ba	-2,90	Cr ³⁺ /Cr	-0,74	Cu ⁺ /Cu	+0,52
Ca ²⁺ /Ca	-2,87	Fe ²⁺ /Fe	-0,44	Hg ₂ ²⁺ /2Hg	0,79
Na ⁺ /Na	-2,71	Cd ³⁺ /Cd	-0,40	Ag ⁺ /Ag	+0,80
Mg ²⁺ /Mg	-2,37	Co ³⁺ /Co	-0,28	Hg ³⁺ /Hg	+0,85
Al ³⁺ /Al	-1,70	Ni ³⁺ /Ni	-0,25	Pt ³⁺ /Pt	+1,19
Ti ²⁺ /Ti	-1,60	Sn ²⁺ /Sn	-0,14	Au ⁵⁺ /Au	+1,50
Zr ⁴⁺ /Zr	-1,58	Pb ²⁺ /Pb	-0,13	Au ⁺ /Au	+1,70
		Fe ³⁺ /Fe	-0,04		

дных потенциалов металлов и сплавов паяных соединений и материалов компонентов. Причем электродный потенциал анода должен быть меньше электродного потенциала катода, только при этом условии возможна миграция. (Т 1)

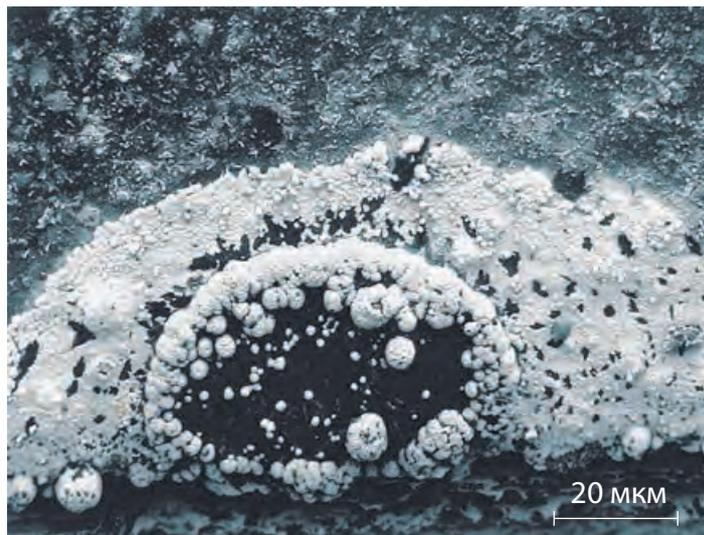
Вещества, повышающие скорость коррозии, называют стимуляторами; вещества, которые снижают скорость коррозии – ингибиторами. Например, кислород является одновременно и стимулятором, и ингибитором. Он способствует улучшению защитно-окисной пленки, то есть действует как ингибитор, уменьшает вероятность коррозии, сокращает число очагов, в которых может возникнуть коррозионный процесс. Вместе с тем кислород повышает скорость коррозии в начавших корродировать точках, действует стимулирующе, поскольку является сильным катодным деполяризатором¹.

Предпосылки возникновения электрохимической миграции

Причины возникновения электрохимической миграции могут быть различными. Обычно процесс протекает под влиянием нескольких причин, одна из которых является доминирующей. Электрохимическую миграцию могут вызывать:

1. Наличие неоднородностей на поверхности паяного соединения или металлизации выводов и различных физических условий (включение примесей других металлов; наличие неодинаковых внутренних напряжений в различных точках металла или сплава).
 - Металлы и сплавы неоднородны. При соприкосновении их с электролитами (кислотами, щелочами, солями) одни участки поверхности металла играют роль анода (отдают электроны), а другие (различного рода включения) – катода (принимают электроны). На поверхности металла возникает множество микрогальванических пар, при этом чем больше неоднородность металла, тем больше скорость роста металлических дендритов.
2. Присутствие загрязнений и влаги на поверхности печатного узла (остатки флюса и отмывочной жидкости, коррозионные газы, различие в концентрации кислорода и других окислителей).
 - Влага может образоваться на печатном узле двумя способами: во-первых, из-за адсорбции и, во-вторых, при конденсации.

Адсорбированное количество влаги зависит главным образом от поверхностной энергии, полярности и пористости материалов (паяльных масок и их состава). Для возникновения коррозии достаточно адсорбированной пленки толщиной всего несколько молекулярных слоев.



5

Коррозия, вызванная коррозионными газами

Наряду с адсорбцией к электрохимической миграции может приводить конденсация, вызванная перепадами температуры. В отличие от адсорбированной влаги конденсат концентрируется в теплоинертных областях (слоях металлизации) или в местах загрязнений². Типовые загрязнения после процесса пайки печатных узлов, такие как органические кислоты или галогениды, локально снижают точку росы. Существенное влияние на возникновение электрохимической миграции оказывают коррозионные газы, H_2S и CO_2 , которые также растворяются в пленке влаги (рис 5)³. Помимо влажности и используемых материалов на возникновение электрохимической миграции влияют загрязнения после технологических процессов сборки печатных узлов (гигроскопические остатки флюса, щелочи, пыль и кристаллы солей на поверхности).

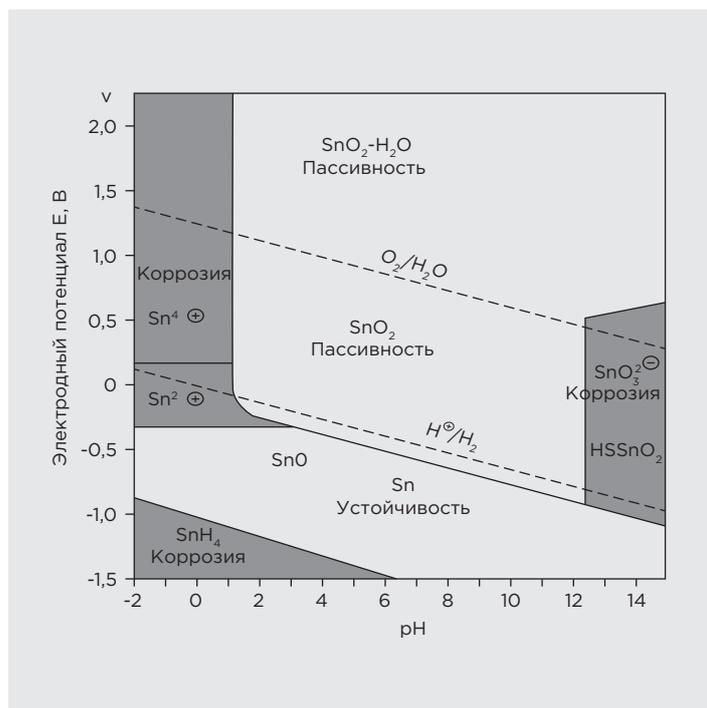
3. Величина электрического напряжения и разности потенциалов металлов.

Для оценки степени подверженности сплава электрохимической миграции можно использовать диаграммы электродных рН-потенциалов (диаграммы Пурбе) (рис 6). Эта диаграмма наглядно отображает термодинамически устойчивые формы ионов или молекул в растворах при различных значениях рН и потенциала E. Она строится в координатах E (ордината) – рН (абсцисса) для конкретных сплавов или металлов при заданной температуре 25 °С в водных растворах. С помощью диаграммы Пурбе можно определить, будет ли в заданных условиях металл подвергаться коррозии. Металл должен иметь активную

¹ Schweigart H., Electrochemical migration - how field failures occur how to avoid them / part1. Zestron. 2016

² Leygraf C., Graedel T. Atmospheric Corrosion. Wiley and Sons Press; New York, NY, USA: 2000

³ Song B., Azarian M.H., Pecht M.G. Effect of temperature and relative humidity on the impedance degradation of dust-contaminated electronics. J. Electrochem. Soc. 2013



6
 Диаграмма Пурбе для олова

зону в щелочных или кислотных электролитах – это необходимое условие для разрушения металлов и их соединений (серые зоны на рис 5). Для конструкторов и технологов радиоэлектронной аппаратуры диаграмма Пурбе является мощнейшим средством выявления коррозии в разных условиях. Сопоставляя диаграммы Пурбе для двух элементов, можно выявить окислительно-восстановительные реакции между их соединениями и, следовательно, возникновение электрохимической миграции при дальнейшей эксплуатации в агрессивных условиях окружающей среды.

Решения для предотвращения возникновения электрохимической миграции

Для предотвращения возникновения электрохимической миграции есть три основных подхода:

- правильное проектирование печатной платы и выбор материалов;
- качественная отмывка печатного узла и нанесение влагозащитных покрытий;
- герметизация в корпус.

Рассмотрим их подробнее.

Проектирование печатной платы и выбор материалов

Используемые материалы в процессе изготовления и сборки печатной платы оказывают значительное влияние на возникновение электрохимической миграции. Влияние материалов и конструкции печатной платы может оказаться решающим, однако не многие конструкторы учитывают это на этапе проекти-

рования. В идеале приведенную ниже информацию следует учитывать на этапе разработки либо уже при создании конечного прототипа изделия.

Для обеспечения оптимальной устойчивости к электрохимической миграции следует правильно выбирать паяльную маску. Гидрофобные жидкие фотоэкспонируемые паяльные маски минимизируют адсорбцию влаги в отличие от других паяльных масок с различными наполнителями.

При выборе финишного покрытия печатных плат необходимо выбирать то покрытие, которое формирует нерастворимые комплексы при эксплуатации в жестких климатических условиях и, в идеале, не формирует гидроксиды в щелочном диапазоне. Примером такого финишного покрытия являются покрытия ENIG (иммерсионное золочение) или ENIPG (финишное покрытие никель-палладий-золото). В условиях конденсации влаги при наличии никеля электрохимическая миграция и дальнейшая коррозия не возникают. Но в любом случае необходимо учитывать поведение металлов и их активную зону в щелочном электролите, а также потенциалы металлов электрохимического ряда (рис 7)⁴.

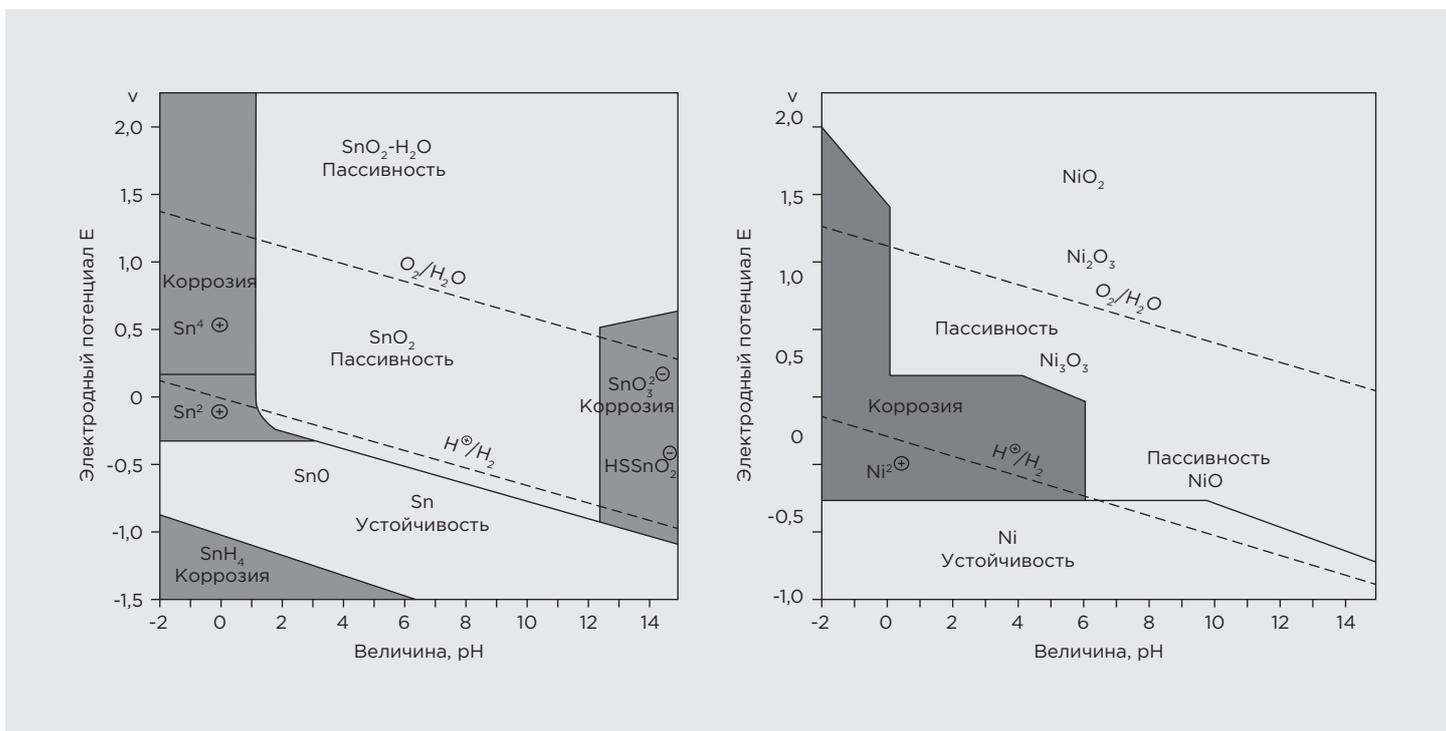
При выборе материалов для пайки рекомендуется избегать гидроксидов серебра как потенциально опасных, так как они легко растворяются в адсорбированной пленке жидкости всего в несколько молекулярных слоев при относительной влажности 60 % или более. Следует отдавать предпочтение припоям с малым количеством серебра (не более 3 %).

Также возникновение электрохимической миграции можно предотвратить путем грамотного выбора топологии печатной платы (создание электрической изоляции и физическое разделение проводников (анод) и земли (катод)). Но как показывает практика, устойчивость к электрохимической миграции не является главной задачей при проектировании печатных плат, уступая приоритетам к требованиям размеров и электромагнитной совместимости.

Качественная отмывка печатного узла и нанесение влагозащитных покрытий

Для гарантированного предотвращения электрохимической миграции необходимо выбирать соответствующий процесс отмывки печатного узла. После отмывки на поверхности узла не должно оставаться каких-либо загрязнений после технологических процессов сборки. Для реализации качественной отмывки и длительного срока службы конечного изделия важно обращать внимание на такие основные составляющие, как:

⁴ Hannigan K., Reid M., Collins M.N., Dalton E., Xu C., Wright B., Demirkan K., Opila R.L., Reents W.D., Jr., Franey J.P., et al. Corrosion of RoHS-Compliant surface finishes in corrosive mixed flowing gas environments. J. Electron. Mater. 2012



7 Диаграмма Пурбе для олова и никеля

- отмывочная жидкость;
- оборудование для отмывки;
- контроль технологического процесса отмывки.

Также помимо использования современных установок для отмывки и отмывочных жидкостей все большую популярность набирает плазменная обработка поверхностей перед нанесением влагозащитных покрытий. Плазма увеличивает поверхностную энергию печатного узла после отмывки и улучшает адгезию влагозащитных материалов. Но в любом случае отмывка является обязательной.

Как же определить, действительно ли поверхность печатного узла после отмывки чистая? Существуют различные методы анализа качества отмывки, которые дополняют друг друга (Т 2). При контроле качества отмывки рекомендуется использовать их все, чтобы быть уверенными, что поверхность перед нанесением влагозащитного покрытия является чистой, и при дальнейшей эксплуатации изделия удастся избежать возникновения электрохимической миграции.

Еще один способ предотвращения возникновения электрохимической миграции – нанесение влагозащитного покрытия. Качество влагозащитного покрытия зависит от типа используемых компонентов для монтажа, дизайна печатной платы и чистоты всего изделия.

Также важную роль играет расстояние между отдельными компонентами, поскольку оно должно соответствовать используемому процессу нанесения

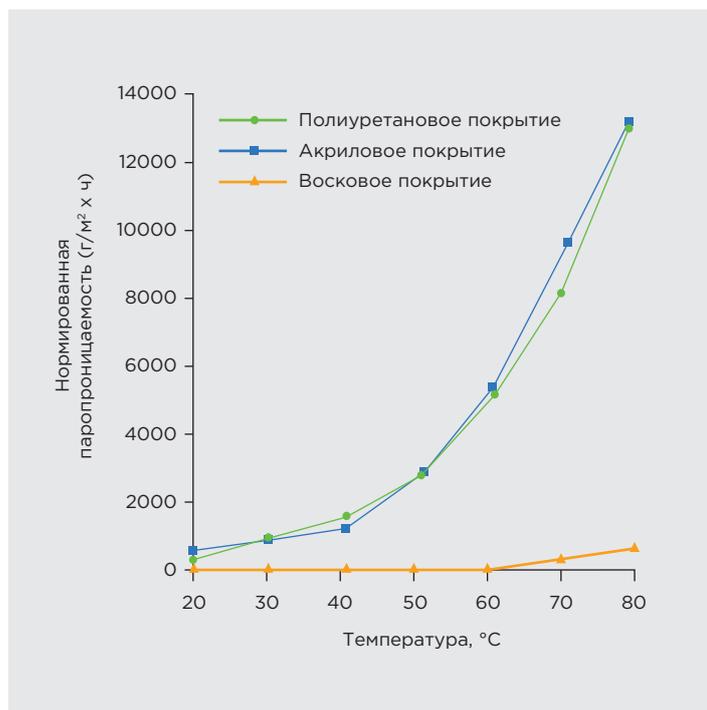
и типу влагозащитного покрытия. Помимо этого, необходимо обеспечить возможность нанесения покрытия на все компоненты.

Для организации технологического процесса нанесения влагозащитного покрытия необходимо понимать принцип сшивки полимера и его дальнейшие свойства. Существует мнение, что влагозащитные покрытия препятствуют проникновению влаги на печатный узел. Для восковых покрытий это дей-

Т 2

Анализ чистоты печатного узла перед нанесением влагозащитного покрытия

ТЕСТ	КОНТРОЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	
Концентрация ионных примесей	<0,4 мкг/см ²	✓
Поверхностное натяжение	> 40 мН/м	✓
Тест ZESTRON® Flux	Не обнаруживается	✓
Тест ZESTRON® Resin	Не обнаруживается	✓



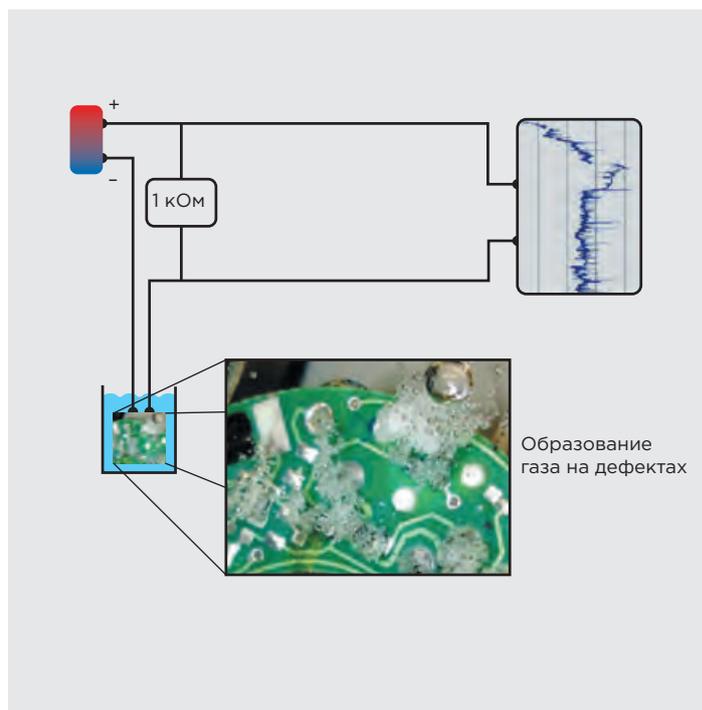
8

Паропроницаемость влагозащитных покрытий

ствительно так, но данные типы покрытий не нашли применения. Самые распространенные влагозащитные покрытия, используемые во всем мире, – акриловые, полиуретановые и силиконовые, они являются паропроницаемыми (рис 8). Именно поэтому необходимо, чтобы перед нанесением покрытия печатный узел был абсолютно чистым. При соблюдении этого условия влагозащитное покрытие выполнит свою функцию защиты даже при условии проникновения в него водяного пара. Вода сможет проникнуть через покрытие, но не сможет сконденсироваться на поверхности печатного узла, влага останется внутри покрытия, не причиняя вреда.

Если влагозащитное покрытие наносится на поверхность без предварительной отмывки изделия, то активаторы и канифоль, оставшиеся на поверхности платы после пайки, станут центрами конденсации и накопления влаги, способствуя формированию электролитов. После проникновения влаги через влагозащитное покрытие это приведет к развитию электрохимической миграции. Поэтому необходимо, чтобы печатный узел был полностью чистым перед процессом нанесения защитных покрытий.

Один из методов анализа качества нанесения влагозащитного покрытия – CORE-тест⁵. Он гарантирует обнаружение дефектов влагозащитного покрытия, проблем с адгезией вследствие некачествен-



9

Схема проведения CORE-теста

ной отмывки, токов утечки, вызванных коррозией и электрохимической миграцией. Тест выполняется в течение 15–30 минут для одного узла. Печатный узел с нанесенным покрытием полностью погружается в деионизованную воду, подключается к источнику питания и работает в режиме ожидания. В ходе испытаний измеряется регистрируемый рабочий ток (рис 9). Также с помощью данного теста можно определить минимальную необходимую для защиты толщину покрытия. Для этого печатный узел подвергают испытаниям, постепенно уменьшая толщину покрытия, пока не возникнет отказ.

Герметизация в корпус

В некоторых случаях конструкция устройства, используемые компоненты, проектные ограничения не позволяют использовать влагозащитные покрытия. И альтернативой будет герметизация устройства в хорошо вентилируемом корпусе. Корпус будет выполнять функцию, аналогичную влагозащитным покрытиям – защита устройства от конденсации влаги. Для надлежащей вентиляции важна конструкция корпуса. Однако даже при установке изделия в корпус чистота печатного узла играет решающую роль для защиты изделия от возникновения электрохимической миграции.

Оценка мер защиты от электрохимической миграции

Поскольку каждый из трех подходов для предотвращения электрохимической миграции влечет

⁵ Stratmann M. The investigation of the corrosion properties of metals, covered with adsorbed electrolyte layers – A new experimental technique. Corros. Sci. 1987

ТЗ

Критерии приемки по стандарту IPC9202, глава 9

РАЗДЕЛ	КРИТЕРИЙ ПРИЕМКИ
9.1	Тест SIR: $> 10^8$ Ом при 40°/90% отн. вл. (24-168ч) ЭХМ: дендриты $< 20\%$ пространства между проводниками
9.2	Ионный анализ: результаты ионной хроматографии должны быть документированы Предельное значение: устанавливается производителем / пользователем

за собой определенные затраты, следует тщательно проанализировать все защитные меры, чтобы определить, какой подход будет наиболее эффективным для конкретного применения. Опыт показывает, что наиболее важным критерием является стоимость реализации одной из вышеприведенных мер предотвращения электрохимической миграции. Чтобы выбрать определенный метод, необходимо испытать изделия после сборки, для чего готовят специальные образцы печатных плат по стандарту IPC-B-52⁶. Оценка защитных мер проводится на основе критериев приемки, приведенных в главе 9 стандарта IPC9202 (ТЗ)

В разделе 9.1 стандарта IPC9202 рассматривается поверхностное сопротивление изоляции. Если в устройстве обеспечено минимально необходимое сопротивление изоляции 10^8 Ом, то изменение топологии и остаточный ток утечки соответствуют минимальным требованиям. В разделе 9.2 стандарта рассматриваются остатки ионных загрязнений. Для анализа веществ на поверхности печатного узла используется ионная хроматография. Необходимо проанализировать полученные вещества на их способность порождать коррозию и приводить к появлению электрохимической миграции. В качестве критериев оценки можно использовать предельные значения стандарта IPC9202⁷.

Эти методы оценки используются для определения пригодности и выбора мер для предотвращения возникновения электрохимической миграции. Если

испытываемые прототипы удовлетворяют критериям стандарта IPC9202, этот подход можно применить уже к реальному изделию. После сборки конечного устройства необходимо также провести ее приемку заказчиком, выполнив приемо-сдаточные испытания и тест FMEA (анализ характера и эффекта отказов) в дополнение к тестам, определенным в стандарте IPC9202.

После проведения всех вышеперечисленных испытаний и их положительного результата можно быть уверенными, что такой коварный невидимый враг как электрохимическая миграция не потревожит ваши изделия и они прослужат длительное время.

Заключение

В данной статье были рассмотрены механизм и причины возникновения и протекания электрохимической миграции, а также решения для предотвращения ее возникновения.

Для предотвращения возникновения электрохимической миграции были рассмотрены три основных подхода:

- Правильное проектирование печатной платы и выбор материалов.
- Качественная отмывка печатного узла и нанесение влагозащитных покрытий.
- Герметизация в корпус.

Помимо этого, мы рассмотрели методы оценки мер защиты от электрохимической миграции в соответствии с международными стандартами качества.

Не зря электрохимическую миграцию называют невидимым врагом, и часто очень сложно или невозможно установить, что причиной отказа стала именно она. Поэтому важно правильно организовывать и контролировать технологический процесс сборки, отмывки и влагозащиты изделия для предотвращения дальнейших отказов. 

Накопленный опыт ООО «Остек-Интегра» и тесное сотрудничество с техническими специалистами компании Zestron предлагают отечественным производителям радиоэлектронной аппаратуры широкие возможности по исследованию и анализу печатных узлов, отмывочных жидкостей и совершенствованию технологических процессов сборки электроники.

⁶ Stratmann M., Streckel H. On the atmospheric corrosion of metals which are covered with thin electrolyte layers—I. Verification of the experimental technique. Corros. Sci. 1990

⁷ IPC-9202 Material and Process Characterization/ Qualification Test Protocol for Assessing Electrochemical Performance

ОБЗОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН и ИХ КОМПОНЕНТОВ



Текст: Александр Туренко



Электрические машины (ЭМ) – электродвигатели и электрогенераторы находят широкое применение в различных областях современной жизни, их используют в быту и промышленности.

Чтобы обеспечить современные требования по изготовлению надёжных и долговечных ЭМ и их основных компонентов – статоров, роторов, корпусов, управляющей электроники, разнообразных электрических катушек и т. д., необходимо специализированное высококачественное оборудование.

Сегодня на российских производствах реализуются обширные программы модернизации, поэтому российские промышленные предприятия активно интересуются современным и надёжным оборудованием для производства электрических машин. Процесс изготовления ЭМ является технически сложным и требует использования современных технических и технологических решений.

ЭМ состоят из множества деталей и узлов. Есть узлы, которые вращаются с высокой скоростью до нескольких тысяч и более оборотов в минуту (роторы). При их значительном весе (особенно для больших электродвигателей и генераторов (БЭМ)) и высоких скоростях вращения роторов необходимо избегать вибраций и перегрева узлов машин для обеспечения длительной и надёжной работы.

Особенно ответственным является процесс изготовления статоров и роторов БЭМ. Требуется сложное оборудование для обеспечения надёжной электрической изоляции роторов и статоров, для качественной сварки коллекторов и т.д. Это изолировочные машины, машины для намотки роторов и статоров, машины для сварки коллекторов, балансировочные станки, станки для прорезки пазов коллекторов и многие другие.

Еще один важный процесс – изготовление статорных катушек БЭМ. Для этого используют полуавтоматы и автоматы для изготовления статорных катушек, их изолировки, машины для окончательного формования катушек. Здесь требуется высокая точность формовки, чтобы эти изделия точно ложились в пазы статоров при окончательной сборке БЭМ. Сейчас на многих производствах России осуществляют ручную сборку БЭМ и изготавливают статорные катушки на простых станках. При этом используется ручная подгонка для помещения катушек в пазы статоров, где приходится использовать такой «высокотехнологический» инструмент, как монтажный молоток. Сам процесс изготовления и сборки катушек занимает много времени, что недопустимо при требуемом объёме производства.

В статье будет представлен обзор единиц оборудования компаний **CAM Innovation** и **Broomfield** и компании **FASP Automazioni**. Они хорошо зарекомендовали себя как качественные производители специального оборудования для изготовления больших электрических машин мощностью от нескольких киловатт до мегаваттного уровня мощности. В ассортименте их продукции есть также намоточное оборудование и другое спецоборудование, например, для пропитки намотанных катушек, для изготовления специальных катушек индуктивности, заливаемых жидким гелием для компьютерных томографов в медицине и т. д.

CAM Innovation уже в течение 100 лет проектирует, изготавливает и поставляет современное оборудование для производства, ремонта и обслуживания электрических машин. Оборудованием компании оснащены электромашинные цеха более чем в 60 странах мира. Заказчики CAM Innovation: РЖД, Русэлпром, Татэлектромаш, Rem-and-Coil, General Electric, EMD, Alstom, Bombardier, ABB, Siemens, Baldor, Hitachi, Toshiba. С 1920 года компания CAM Innovation произвела тысячи станков для изготовления моторов постоянного и переменного тока.

Рассматриваемые компании поставляют свою продукцию в крупнейшие мировые энергетические концерны, предприятиям авиационного и космического комплекса, компаниям-производителям судов, в небольшие частные компании и ремонтные цеха электрооборудования.

Оборудование компании CAM Innovation

Оборудование предназначено для производства/ремонта электродвигателей (электромоторов) и электрогенераторов.

На рис. 1 показан станок для «продорожки» коллектора коллекторных электромоторов для изготовления параллельных пазов в коллекторах электро-



1

Автомат для «продорожки» коллектора



2

Бандажировочный станок



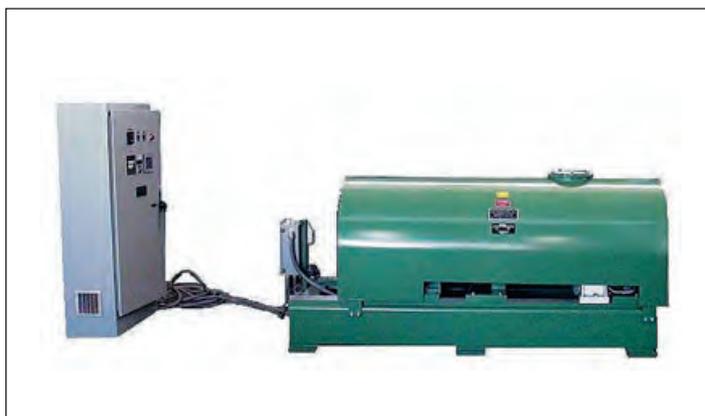
3

Автомат для зачистки и обрезки проводов RW



4

Автомат для прорезки коллектора в сборе



5

Автоматизированный станок для термодинамической формовки коллектора



6

Универсальное оборудование для ремонта якорей

двигателей. Пазы электрически изолированы друг от друга. Они разделяют ламели коллектора, которые электрически изолированы между собой. К ним привариваются выводы намотанных полюсов якорей электродвигателей.

«Бандажировочный» станок (рис 2) предназначен для бандажирования в плотную упаковку выводов намотанных полюсов электродвигателей.

На рис 3 показан автоматический станок для сварки выводов намотанных полюсов якорей электродвигателей, а на рис 4 – автоматический станок для прорезки коллекторов в сборе.

Автоматический станок, представленный на рис 5, предназначен для термодинамической формовки коллекторов.

На рис 6 показано оборудование для ремонта якорей электродвигателей.

Также CAM Innovation является широко известным в мире производителем современной технологии изготовления статорных обмоток для асинхронных двигателей



7
Линия для намотки «лодочек»

Flat Coil System. Это оборудование применяют для изготовления электрических катушек такие компании, как Hitachi, Toshiba, General Electric, General Motors, Rockwell и каждый производитель электрических обмоток в Северной Америке.

Существуют два способа изготовления статорных катушек. Первый способ – традиционный. Он применяется наиболее широко, но требует ручной изолировки головок статорных катушек:

- На намоточном станке наматывается катушка формы «лодочка» из проводника (медная шина прямоугольного сечения).
- Затем катушка формируется на формовочном станке для придания ей окончательной формы.
- На изолировочном станке проводится изолировка катушки, возможна автоматическая изо-



8
Формовочный автомат модели RAL



9
Лентоизолировочный автоматический станок ХУТ

лировка пазовых и лобовых частей. Изолировка головки статорной катушки осуществляется вручную.

Второй способ производства статорных катушек является революционным и осуществляется по **технологии FLAT COIL.**

Технология Flat Coil снижает трудоёмкость производства до 40-50 %, исключая ручной труд изолировки головок и одновременно обеспечивая высокое качество катушек.

Суть данной технологии в следующем: На намоточном станке наматывается катушка формы «лодочка» из проводника (медная шина прямоугольного сечения).

На автоматизированном изолировочном станке проводится изолировка катушки «лодочка» изолирующей лентой. Изолируются зоны пазовых, лобовых частей и головки катушки.

Затем заизолированная «лодочка» подается на предформовочный станок для придания катушке формы «D» и далее на автоматизированный формовочный станок для придания катушке окончательной формы.

Особый интерес у заказчиков вызывают станки для производства катушек с намоткой на ребро. CAM Innovation производит такие станки модели EW.

Еще один станок CAM Innovation – автомат для обжата ротора. Автомат для обжата ротора асинхронного двигателя разработан для закрепления стержней в пазах ротора путем их обжата для предотвращения осевого движения стержней во время работы мотора.

Оборудование компании CAM Innovation гарантирует изготовление электрических машин по-



Автомат дает постоянный одинаковый результат по параметрам заготовки, имеет автоматическое направляющее устройство для провода и автоматический контроль натяжения провода.

1 0

Автомат SW для намотки «лодочек»

стоянного и переменного тока в соответствии с самыми современными технологиями и высоким качеством.

Оборудование компании Broomfield

Другим известным производителем станков и линий для производства электротехнического оборудования, включая электродвигатели и генераторы, является американская компания Broomfield.

Рассмотрим продукцию этой компании.

Broomfield выпускает станки средней и большой мощности для рядовой намотки провода круглого и прямоугольного сечения. На данном оборудовании



Формование формы «D» из «овальной лодочки». Для этой предварительной формовки используется автомат SCC. Для формовки оператору достаточно нажать кнопку «старт». Процесс занимает всего несколько секунд.

1 2

Автомат SCC для предформовки катушки в форму «D»



1 1

Автомат намотки статорных катушек

можно наматывать катушки диаметром от 200 мм (можно и меньшего диаметра) до катушек диаметром 1990 мм. При этом диаметр провода для намотки катушек может варьироваться от 0,1 мм до 2-7,3 x 29 мм. Вес катушек может достигать 13,6 т. при длине катушек до 3,6 м.



Формование финальной формы катушки из заготовки формы «D» на формовочных автоматах моделей RAL или SCZ. При этом автоматически достигается точный радиус лобовых частей. На выходе получают точную геометрию катушки, готовой для укладки непосредственно в статор.

1 3

Формовочные автоматические станки моделей RAL и SCZ



1 4

Станок EW для намотки катушек на ребро

Кроме того, имеется широкий выбор моделей машин для перемотки фольги/ленты от минимальной её ширины до максимальной, составляющей 1524 мм.

Есть намоточные станки для намотки тяжёлых роторов БЭМ.

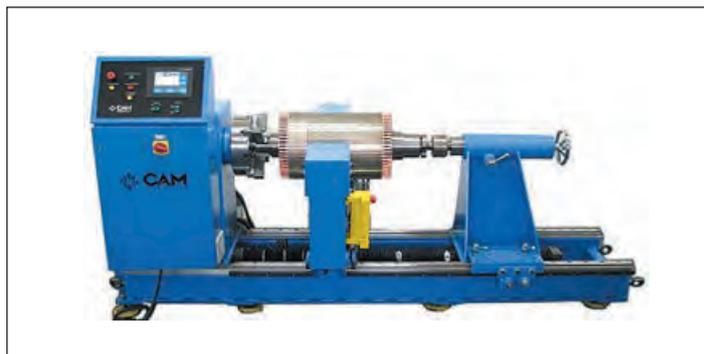
Broomfield также производит намоточные станки для намотки многополюсных якорей электро-



- ручная и автоматическая намотка;
- диаметр катушек до 1600 мм;
- провод 2,6-7,3 мм;
- три ступени с регулировкой скорости до 85 об/мин.;
- совместимость с катушками до 3600 кг.

1 7

Станок 500С для рядовой намотки провода



1 5

Автомат для обжигия ротора



- диаметр катушек до 254 мм;
- провод 0,25-3,6 мм;
- 6 скоростных передач;
- электронная направляющая система для провода;
- простая наладка для катушек: поштучно и партиями.

1 6

Станок 200С для рядовой намотки провода

Компания **Broomfield** основана и выпускает свою продукцию с 1980 г. Ассортимент включает самые разные модели: от простых ручных намоточных установок до крупных высокопроизводительных автоматических намотчиков с устройствами натяжения. Последние позволяют изготавливать обмотки очень больших размеров. Эти намоточные станки применяются для производства:

- трансформаторов (с обмоткой из проволоки и из фольги);
- генераторов;
- электромагнитов для МРТ-оборудования;
- сварочных станков;
- зарядных устройств;
- электродвигателей и прочего оборудования, в котором используются обмотки.



- диаметр катушек до 1880 мм;
- совместимость с катушками до 13600 кг;
- длина катушек до 3,6 м;
- возможность индивидуального выбора параметров скоростей и крутящего момента для станков до 20 300 Нм.

1 8

Тяжёлый станок 900С для рядовой намотки провода

двигателей. Доступен широкий выбор намоточных станков для МРТ-оборудования, различные установки капельной пропитки якорей электродвигателей.

Имеются также станки для формирования катушек с использованием CNC-управления (рис 2 2), механизмы натяжения проволоки, станки для обвязки якорей, расширяемые механизированные оправки и т.д.

Компания **Broomfield** предлагает оборудование для производства электротехнических изделий в очень широком спектре интересов наших производителей.



- направляющие системы для провода (шины);
- постоянное натяжение для провода;
- органы управления для намотки с расщеплёнными полюсами и со смещением.

2 0

Станок для полюсной намотки тяжёлых генераторов



- ширина фольги до 1524 мм;
- одна или несколько полос фольги;
- изоляция слоёв;
- присоединение выводов при помощи систем холодной сварки, прессовой и газо-вольфрамовой сварки.

1 9

Станок для намотки фольги шириной до 1524 мм

Оборудование компании FASP Automazioni (Италия)

Изготовление статоров электрических машин является ответственным и сложным процессом при производстве генераторов. Наиболее интересным европейским



- большой выбор стандартных моделей для обработки якорей диаметром до 146 мм;
- нанесение на якорь электродвигателя различных смол и покрытий;
- программируемая печь с несколькими зонами для предварительного прогрева и термоотверждения;
- система управления на базе PLC;
- датчики температуры деталей;
- точное нанесение смолы.

2 1

Установка капельной пропитки якорей электродвигателей



- программируемая 8-координатная высокоскоростная система управления станком Fanuc;
- программируемые серво оси для контроля формы и размера катушек;
- гидравлические оси для зажима катушек;
- самоустанавливающаяся винтовая ось с «маховичком» для настройки положения бокового зажима;
- безопасные контрольные кнопки с двуручным управлением для установки катушки.

2 2

Станок для формирования катушек

поставщиком оборудования для производства статоров электрических машин является компания FASP Automazioni (Италия).

Оборудование, производимое компанией FASP

- Станки для сборки и сварки электродвигателей 1.
- Станки для изоляции слотов электродвигателей. Эти станки автоматически осуществляют изоляцию слотов генераторов 2.
- Станки для намотки полюсов статоров электродвигателей 3.
- Станки для формования головной части статоров. Эти станки используются после намотки генераторов для уплотнения намотки и придания ей определённой формы для вставки в корпус генератора 4.
- Станки для изоляции статоров 5.
- Автоматические центры по намотке катушек статоров и втягиванию их в пазы статоров 6.
- Роботизированные автоматические линии для производства статоров.
- Сборочный робот.

Сегодня в ООО «Остек-ЭТК» поступает большое количество запросов на машины и линии для изготовления больших электрических машин (БЭМ). Заказчиков интересует качественное и надежное оборудование для изготовления электродвигателей и генераторов. Большой интерес вызывают станки для производства

FASP Automazioni это итальянская компания, которая разрабатывает и производит оборудование для производства электродвигателей и генераторов от отдельных машин до роботизированных автоматических производственных линий.



статорных катушек: станки для изолировки статорных катушек, формования статорных катушек, катушек намотки на ребро, для производства различных типов электродвигателей коллекторного типа, асинхронных электродвигателей, электродвигателей с магнитным ротором и т.д.

Оборудование компаний CAM Innovation, Broomfield, FASP отвечает всем актуальным требованиям предприятий и отличается надежностью, качеством и высокой эффективностью. ▢

СПЕКТРОМЕТРЫ BRUKER: БЫСТРЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЛЮБЫХ МАТЕРИАЛОВ



Текст: Екатерина Томилина

”

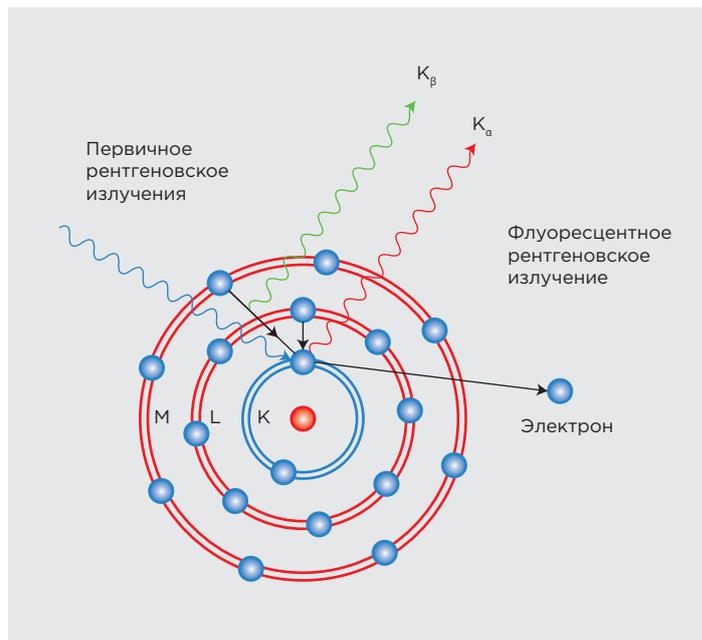
При производстве практически любого материала одним из наиболее важных параметров является его химический (или элементный) состав, который напрямую влияет как на качество конечного изделия, так и на технологический процесс в целом. Ответить на вопрос, из каких химических элементов состоит тот или иной материал, помогает рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). РФА является одним из наиболее эффективных методов анализа, позволяющих за минимальное время получить наиболее полную и достоверную информацию об элементном составе сложных образцов независимо от их агрегатного состояния и происхождения. В статье мы рассмотрим суть метода и оборудование, реализующее данную технологию.

Метод РФА традиционно используют в заводских лабораториях как надежный способ неразрушающего контроля элементного состава материалов. Он позволяет одновременно определять более 80 элементов от бора до урана и может быть использован для контроля содержания как элементов матрицы, так и микропримесей элементов в различных по составу материалах. Неоспоримое достоинство метода – возможность получения данных о составе сложного материала без его разрушения с сохранением полного комплекса физико-химических свойств, что особенно важно при работе с дорогостоящими и новыми экспериментальными образцами. Важна также возможность реализации в методе РФА безталонного анализа, что позволяет обходиться без стандартных образцов, приготовление которых часто затруднительно, а то и просто невозможно, особенно для микрограммовых количеств веществ. Конструктивные особенности современных рентгенофлуоресцентных спектрометров позволяют проводить анализ не только в стационарных лабораторных условиях, но и непосредственно в технологическом процессе, что исключает многие проблемы, связанные с отбором, подготовкой и хранением проб анализируемых материалов. Сочетание всех перечисленных достоинств метода РФА делает его незаменимым для анализа материалов, используемых в металлургии и медицине, веществ высокой степени чистоты, применяемых в оптике и оптоэлектронике, материалов для микроэлектроники и современных инновационных технологий.

С 2016 года компания Остек АртТул является официальным дистрибьютером одного из самых передовых мировых производителей рентгеновских спектрометров – Bruker AXS.

Немного о физике процесса

Когда атомы образца облучают фотонами с высокой энергией – возбуждающим первичным излучением рентгеновской трубки – происходит испускание электронов. Электроны покидают атом. Как следствие, в одной или более электронных орбиталях образуются «дырки» – вакансии, благодаря чему атомы переходят в возбужденное состояние, т.е. становятся нестабильными. Через миллионные доли секунды атомы возвращаются к стабильному состоянию, когда вакансии во внутренних орбиталях заполняются электронами из внешних орбиталей. Такой переход сопровождается испусканием энергии в виде вторичного фотона: этот феномен и называется «флуоресценция». При этом длина волны испускаемого фотона как отпечаток пальца – строго индивидуальна для каждого элемента периодической таблицы (рис 1). А интенсивность (число фотонов, поступающих за единицу времени) пропорциональна концентрации (количеству атомов) соответствующего элемента. Это позволяет сделать элементный анализ вещества: определить количество атомов каждого элемента, входящего в состав образца.



1

Формирование характеристического рентгеновского излучения

История компании Bruker началась более 50 лет назад в Германии, когда профессор экспериментальной физики г-н Гюнтер Лаукиен создал собственную компанию и начал выпуск первых коммерческих ЯМР-систем. Bruker быстро вышла на международный уровень и чуть позже приобрела компанию, производящую масс-спектрометры, а затем в 1997 году в состав Bruker вошло подразделение рентгеновской спектроскопии Siemens AG, которое стало называться Bruker AXS.

Сегодня в компании работают более 6 000 сотрудников, свыше 90 отделений открыты во многих странах мира, в том числе в России. Инновационные решения компании нацелены на широкий круг пользователей в области тяжелой промышленности, химии, фармацевтики, полупроводниковой промышленности, нанотехнологий и академических исследований для создания технологических преимуществ и ускорения научного прогресса. Спектрометры и дифрактометры компании Bruker на сегодняшний день являются одними из лучших в мире и занимают лидирующие позиции на рынке аналитического оборудования.

В линейке рентгеновских спектрометров Bruker есть приборы, способные решать как простые рутинные задачи, так и сложные исследовательские.

В прошлом году компания Bruker презентовала свой новый прибор – S6 JAGUAR (рис 2, 3) с отличными аналитическими характеристиками, основанными на передовых технологиях, с компактными размерами и простой в использовании.

S6 JAGUAR предлагает больше аналитических возможностей, чем любой другой компактный волнодисперсионный РФА-прибор.

Как известно, существует два метода рентгенофлуоресцентного анализа – энергодисперсионный (ЭД) и волно-



2

Спектрометр Bruker S6 JAGUAR

дисперсионный (ВД). При энергодисперсионном анализе регистрируется одновременно весь диапазон энергий рентгеновского излучения от пробы. Характеристическое излучение раскладывается в спектр при помощи одного полупроводникового детектора, который находится в фиксированном положении. Волнодисперсионный анализ позволяет получить спектр с более высоким разрешением. Оптимизированные под определенные элементы кристаллы-анализаторы и детекторы используются для разделения и регистрации испускаемых пробой рентгеновских фотонов. По аналитическим возможностям ВД РФА является более точным методом.

Спектрометр S6 JAGUAR оснащен новым компактным гониометром, близко расположенной оптикой и источником с прямым возбуждением мощностью 400 Вт. S6 JAGUAR обеспечивает превосходную точность и воспроизводимость благодаря новому детектору HighSense XE со скоростью сканирования до 2 млн имп./с. Его измерительные компоненты хорошо защищены проверенной технологией SampleCare, гарантируя продолжительную безотказную работу прибора и низкую стоимость эксплуатации, особенно при работе с жидкими или порошковыми пробами.

Основное преимущество последовательного волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа (ВД РФА) заключается в том, что каждый элемент регистрируется с оптимальными режимами измерения. И S6 JAGUAR является примером аналитической гибкости – прямое возбуждение при мощности 400 Вт обеспечивает превосходную чувствительность при напряжении 30 кВ для легких элементов и 50 кВ для тяжелых.

Детекторы S6 JAGUAR с технологией HighSense и диапазоном линейности до 2 млн имп./с легко охватывают весь ряд концентраций в одной калибровке. Они обладают энергетическим разрешением в два раза выше, чем обычные сцинтилляционные детекторы, значительно уменьшая межэлементные влияния.

Кристаллы-анализаторы играют важную роль: они выделяют из общего спектра только излучение определенной длины волны от какого-либо элемента. Возможность



3

Внутреннее устройство спектрометра S6 JAGUAR

кристалла разделять излучение существенно влияет на чувствительность и разрешение ВД РФА-метода. Чтобы охватить весь диапазон элементов в ВД РФА необходимы три кристалла-анализатора. А четвертый кристалл-анализатор сделает прибор более оптимальным для особенных задач. В S6 JAGUAR гониометр HighSense оснащен автоматическим сменщиком на 4 позиции, что позволяет расширить возможности прибора, в зависимости от конкретных применений того или иного кристалла:

- Ge, чтобы повысить скорость анализа Р и S, например, для стандарта ASTM D 2622;
- XS-400, чтобы добавить 35 % интенсивности для элементов от К до Am;
- LiF 220 для более высокой разрешающей способности и пределов обнаружения элементов от V до Am.

Для более низких пределов обнаружения элементов с высоким Z предусмотрен сменщик фильтров на 5 позиций для улучшения соотношения пик-фон.

Благодаря таким технологиям спектрометр S6 JAGUAR обеспечивает превосходную точность анализа, необходимую для контроля качества в промышленных лабораториях, на горнорудном, цементном, химическом и нефтехимическом производствах. ▢

Таким образом, при минимальных затратах и глубоких знаниях в области аналитической химии, всего лишь нажав одну кнопку на дисплее прибора, мы можем получить полную информацию об элементном составе практически любого материала.



- Как оптимизировать работу монтажников РЭА?
- Как увеличить производительность труда?
- Как повысить качество выпускаемой продукции?
- Как снизить влияние человеческого фактора?
- Как совместить ручной труд и автоматизацию производства?

Закажите производственный аудит цехов и участков ручного монтажа РЭА!

А также получите рекомендации и квалифицированные ответы на интересующие вопросы:

+7 495 788-44-44, доб. 5500
urm@ostec-group.ru



будущее
создается

Специальные условия

для предприятий с численностью
рабочих мест монтажников 100+



productronica

SEMICON
EUROPA

Международные выставки электроники, технологий, оборудования
и материалов для производства радиоэлектронной аппаратуры

PRODUCTRONICA '19 SEMICON EUROPA'19

Станьте участником всех самых ярких событий выставок!

11-15 ноября
2019 г.

Германия,
Мюнхен

От 850 Евро
на 5 дней*

* цена указана без НДС. Оплата по курсу ЦБ на день оплаты. В стоимость включено: перелет, проживание, экскурсия в политехнический музей, входной билет и русскоязычное сопровождение на выставке, посещение производств, приветственный ужин.



ВИЗОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Мы поможем в формировании правильного пакета документов, оформлении приглашения, анкеты и страховки.



ПОСЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ

С нами вы посетите известные заводы – возможность, которая предоставляется только организованной группе и компании с именем.



ОТЕЛИ

Только с нами выгодные цены на проживание в горячий сезон выставок. Мы бронируем номера за год до мероприятия.



ДЕЛОВЫЕ СВЯЗИ

Наши групповые бизнес-туры – это уникальная возможность для общения, знакомств и новых деловых контактов.



ЭКСПУРСИИ ПО СТЕНДАМ

Каждую группу сопровождает гид – наш эксперт в оборудовании и технологиях, который поможет вам общаться с иностранными экспонентами.



будущее
создается

Подробности на сайте productronica2019.ru или по телефону +7 (495) 788-44-44.
Заявки принимаются по адресу productronica@ostec-group.ru.