

05 (50) декабрь 2020

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал

30 ЛЕТ  
СОДЕЙСТВУЕМ  
РАЗВИТИЮ

## СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

Антон Большаков

**10** ТЕХНОЛОГИИ НЕ СТОЯТ НА МЕСТЕ.  
ОНИ НИКОГДА НЕ БУДУТ СТОЯТЬ НА МЕСТЕ.  
ИНТЕРВЬЮ С А.А. ВФРЕМОВЫМ

## ТЕХНОЛОГИИ

Владимир Иванов

**24** ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ  
ЗАЛИВКИ В ПЛАСТИК  
ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ  
ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ  
И ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОМПОНЕНТОВ

## ОПТИМИЗАЦИЯ

Семен Хесин

**64** КАК ЭФФЕКТИВНО  
ИНВЕСТИРОВАТЬ В УЧАСТОК  
СВЕРЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ  
В КРИЗИСНОЕ ВРЕМЯ?

Комплекс поверхностного монтажа

# УМНАЯ ЛИНИЯ



  
**290 000 €**  
Специальная цена

## Высококласное оборудование

Надёжное оборудование от ведущих мировых производителей

## Комплексная автоматизация

Управление качеством и эффективностью на базе ПАК Умная линия®

## Сервисная поддержка

Расширенная гарантия 2 года, годовое ТО и онлайн-поддержка

## Технологическое обучение

Курс обучения по технологии, доступ к базе знаний онлайн



Узнать больше

Остек-СМТ | Группа компаний Остек

Технологические решения для производств радиоэлектронной аппаратуры  
+7 (495) 788-44-41 | [smt@ostec-group.ru](mailto:smt@ostec-group.ru) | [ostec-smart.ru](http://ostec-smart.ru)



### *Уважаемые читатели!*

Наступающий год для Группы компаний Остек станет особенным – в 2021 году Остек отмечает юбилей! Эти 30 лет вместе с вами, дорогие клиенты и партнеры, мы внедряли передовые технологии, развивали отрасль и развивались сами.

В юбилейный год мы хотим не только предаваться воспоминаниям, но и продолжать вместе с вами обсуждать и реализовывать технологические и производственные проекты, планировать полезные и интересные отраслевые события и публикации. Следите за анонсами на сайте ГК Остек, участвуйте в наших мероприятиях – мы будем рады видеть всех вас!

А обо всем самом важном мы как всегда будем рассказывать на страницах научно-практического журнала «Вектор высоких технологий». Несколько интересных сюрпризов мы приготовили уже в этом – 50-м выпуске журнала!

История компании – это история развития, история не старения, а вечной молодости. Мы болеем за людей, которые мечтают и рискуют, преодолевая препятствие за препятствием, чтобы получить опыт и победить!

Желаем вам в новом году уверенно смотреть в будущее, изменяя к лучшему себя и мир вокруг!

С Новым годом!

**Антон Большаков,**  
директор по маркетингу

# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- 4 ОСТЕК В ЧИСЛЕ ПОЛУФИНАЛИСТОВ ВСЕРОССИЙСКОГО КОНКУРСА «ИНВЕСТИЦИИ В РАЗВИТИЕ ЗДОРОВОЙ СТРАНЫ. ЛУЧШИЕ КОРПОРАТИВНЫЕ ПРАКТИКИ-2020»
- 5 КОМПАНИЯ WAYGATE TECHNOLOGIES ПОЛУЧИЛА НАГРАДУ BEST PRACTICES AWARD
- 5 ПОКРЫТИЕ HUMISEAL® UV40 УСПЕШНО ПРОШЛО ИСПЫТАНИЯ НА ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ ПО СТАНДАРТУ ISO 10993-5
- 6 КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭК ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ В ЕЖЕГОДНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ SEMIEXPO RUSSIA 2020
- 7 ОСТЕК ОТКРЫВАЕТ ЗАПИСЬ НА 2021 ГОД НА ЦИКЛ ТРЕНИНГОВ ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610
- 8 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НИИ «ЭЛЕКТРОНИКА» ПРЕДСТАВИЛ РЕЙТИНГ КРУПНЕЙШИХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ
- 8 В ЦЕНТРЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ ИССЛЕДОВАЛИ ЧЕРЕПА, КОТОРЫМ БОЛЕЕ 30 000 ЛЕТ
- 9 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ЖГУТОВ – МАШИНА ЭКРАНИРОВАНИЯ COBRA

## СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

**ТЕХНОЛОГИИ НЕ СТОЯТ НА МЕСТЕ. ОНИ НИКОГДА НЕ БУДУТ СТОЯТЬ НА МЕСТЕ. ИНТЕРВЬЮ С АЛЕКСЕЕМ АЛЕКСЕЕВИЧЕМ ЕФРЕМОВЫМ . . . . . 10**

Автор: Антон Большаков

## ТЕХНОЛОГИИ

**БЕЗМАСКОВАЯ ЛИТОГРАФИЯ – ТЕХНОЛОГИЯ MLE™ ИЛИ КАК ПРЕОДОЛЕТЬ ДОСТИГНУТЫЙ ПРЕДЕЛ В 3D-И ГЕТЕРОГЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ . . . . . 16**

Автор: Дмитрий Суханов

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЛИВКИ В ПЛАСТИК ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ И ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ. . . . . 24**

Автор: Владимир Иванов

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ТРАВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ . . . . . 32**

Авторы: Аркадий Медведев, Аркадий Сержантов





КАЧЕСТВО стр. 52



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 72

## КАЧЕСТВО

**«УМНОЕ» ПРОИЗВОДСТВО ГРАЖДАНСКОЙ ПРОДУКЦИИ. ВИЗИТ НА СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ОТДЕЛА ПРИБОРОСТРОЕНИЯ АО «НПП «ИСТОК» ИМ. А. И. ШОКИНА» . . . . 40**

Автор: Юрий Ковалевский

**ВОЗМОЖНО ЛИ ТЕСТИРОВАТЬ АППАРАТУРУ, СОЗДАННУЮ НА ОСНОВЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ КОМДИВ, ДЕШЕВЛЕ, ЧЕМ НА ДРУГИХ? . . . . . 52**

Авторы: Алексей Иванов, Гиви Чхутиашвили

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**«УМНЫЙ» УЧАСТОК МЕЛКОСЕРИЙНОЙ СБОРКИ: МАКСИМУМ ГИБКОСТИ, БЫСТРАЯ ПЕРЕНАЛАДКА, ТОЧНЫЙ УЧЕТ . . . . . 56**

Авторы: Юрий Ковалевский, Владимир Мейлицев

**КАК ЭФФЕКТИВНО ИНВЕСТИРОВАТЬ В УЧАСТОК СВЕРЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В КРИЗИСНОЕ ВРЕМЯ?. . . . . 64**

Автор: Семен Хесин

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО УЧЁТА И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ТМЦ. . . . . 72**

Авторы: Игорь Бенгин, Артур Данчук

## ТЕХПОДДЕРЖКА

**БУДУЩЕЕ ЗА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯМИ. ГОТОВЫ ЛИ К ЭТОМУ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ?. . . . . 76**

Автор: Любовь Минина

**МИРОВОЙ ПРОВАЙДЕР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ – ORVOTESH . . . . . 82**

Автор: Семен Хесин

## АВТОРЫ НОМЕРА

### Антон Большаков

Директор по маркетингу  
ООО Предприятие Остек  
marketing@ostec-group.ru

### Дмитрий Суханов

Заместитель технического директора  
по продуктам для полупроводниковых  
производств  
ООО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru

### Владимир Иванов

Ведущий специалист группы пресейл-  
инженеров Технического управления  
ООО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru

### Аркадий Медведев

Начальник отдела научных разработок  
ООО «Остек-Сервис-Технология»  
ost@ostec-group.ru

### Аркадий Сержантов

Главный технолог  
ООО «Остек-Сервис-Технология»  
ost@ostec-group.ru

### Юрий Ковалевский

Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

### Алексей Иванов

JTAG Technologies  
alexey@jtag.com

### Гиви Чхутиашвили

JTAG Technologies  
givi@jtag.com

### Владимир Мейлицев

Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

### Семен Хесин

Главный специалист отдела  
инжиниринга  
ООО «Остек-Сервис-Технология»  
ost@ostec-group.ru

### Игорь Бенгин

Начальник отдела автоматизированных  
систем хранения  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

### Артур Данчук

Старший специалист отдела  
автоматизированных систем хранения  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

### Любовь Минина

Специалист коммерческого управления  
ООО «Остек-Тест»  
test@ostec-group.ru

## ОСТЕК В ЧИСЛЕ ПОЛУФИНАЛИСТОВ ВСЕРОССИЙСКОГО КОНКУРСА «ИНВЕСТИЦИИ В РАЗВИТИЕ ЗДОРОВОЙ СТРАНЫ. ЛУЧШИЕ КОРПОРАТИВНЫЕ ПРАКТИКИ-2020»

Корпоративный проект «#Остек\_вовлекайся» по организации эффективной работы персонала в период самоизоляции стал одним из пяти полуфиналистов всероссийского конкурса «Инвестиции в развитие здоровой страны. Лучшие корпоративные практики-2020»<sup>1</sup>. В число номинантов вошли крупнейшие российские и международные компании: СИБУР, «Спортмастер», X5 Retail Group, Ростелеком, Adidas.

Финальный этап конкурсного отбора проходил в формате вебинаров, где представители компаний-участниц защищали свои проекты перед членами жюри. Изначально предполагалось, что победители будут объявлены осенью на конференции Go Global Summit 2020. Однако из-за введенных ограничений церемония награждения прошла онлайн в начале декабря.

«Остек стал призером конкурса в номинации «Создание новой HR-реальности» и вошел в пятерку лидеров в номинации – «Забота о психологическом комфорте сотрудников», – рассказала куратор проекта, бренд-директор ГК Остек Олеся Рыкова. – Сейчас мы наблюдаем переломный момент не только для представителей бизнеса, но и власти, когда к руководителям приходит понимание

фразы «Культура съедает стратегию на завтрак» ©. От нас это требует осознания собственной идентичности, четкой идентификации корпоративного кода своей компании, ее корневых ценностей. Не менее важно научиться сохранять этот код и правильно доносить ценностное предложение компании-работодателя до всех сотрудников. Мы не боимся вызовов – Остек всегда предопределял развитие отрасли. И сейчас мы просто оформили в проект для внешней аудитории то, какие изменения привнесены в HR-среду за последнее время».

По данным международного исследования вовлеченности Kincentric<sup>2</sup> (Aon Hewitt) 71 % опрошенных сотрудников российских инжиниринговых компаний отмечают, что понимание того, как индивидуальные рабочие цели соотносятся с целями организации, максимально влияет на уровень их вовлеченности. По факту, это второй по значимости показатель после качества взаимодействия с коллегами в рамках достижения общих целей компании (72 %).

«#Остек\_вовлекайся» – это комплекс мер по поддержанию психологического здоровья и микроклимата компании в условиях происходивших в 2020 году изменений. В Остеке мы постепенно внедрили лучшие HR-практики:

- проведение пульс-опросов на злободневные темы, в том числе исследование вовлеченности персонала;
- информирование сотрудников о ситуации в компании из первых уст в рубрике «Горячая линия» и через серию интервью с ГД БЕ;
- развитие обучающих программ, в том числе на базе Учебного

центра ООО Предприятие Остек; развитие «мягких навыков» и профессиональных компетенций через подборки вебинаров, статей, аналитических материалов;

- поддержание баланса работы и личной жизни через запуск telegram-канала и публикации в нем полезного развлекательного контента с ссылками на мероприятия и проекты;
- публикация статей, вебинаров и видео об инструментах снижения стресса и предотвращения эмоционального выгорания;
- запуск конкурсов/челленджей для вовлечения сотрудников в проекты смежных подразделений.

«На сегодняшний день мировые и российские эксперты отмечают существенные изменения на рынке труда. Проявление их последствий вынуждает на государственном уровне рассматривать заботу о здоровье сотрудников шире – с позиции поддержания психологического климата в компании. Все больше внимания уделяется вопросам баланса работы и личной жизни. В фокусе внимания находится популяризация корпоративной культуры, где главная ценность – люди. Компании сегодня оцениваются не только по таким показателям как своевременность и полнота профилактических мероприятий, качество организации дистанционной работы, но и, что особенно важно, по качеству оказываемой информационной и психологической поддержки. Мы рады, что проекту «#Остек\_вовлекайся» удалось не только поддержать в сложный момент каждого сотрудника, но и объединить всех нас, повысив вовлеченность и интерес к корпоративной жизни компании и ее подразделений» – отметил Александр Разоренов, руководитель ГК Остек.

<sup>2</sup> Kincentric Best Employers – это программа сертификации, которая измеряет и признает ведущих работодателей во всем мире, проводится компанией AON

<sup>1</sup> Подробная информация о конкурсе на официальном сайте: <http://hr.aotrf.ru>

## КОМПАНИЯ WAYGATE TECHNOLOGIES ПОЛУЧИЛА НАГРАДУ BEST PRACTICES AWARD

Партнер Остек-СМТ, поставщик рентгеновского и КТ-оборудования компания Waygate Technologies (ранее GE Sensing & inspection Technologies), объявлена лидером на мировом рынке промышленной компьютерной томографии 2020 года. Компания уже в третий раз за пять лет – 2016, 2019, 2020 – получает эту награду от международной консалтинговой и исследовательской фирмы Frost & Sullivan.

Премия «За лидерство на рынке» опирается на такие критерии, как: скорость внедрения новых разработок, качество продукции, технологическое опережение конкурентов, опыт работы с клиентами. Чтобы определить победителей, команда отраслевых аналитиков Frost & Sullivan провела сравнительный анализ участников рынка и оценила их эффективность с помощью независимых интервью и исследований.



Waygate Technologies соединила в себе все богатое наследие и 125-летний опыт дочерних компаний в области неразрушающего контроля, компания имеет долгосрочные соглашения о продолжении использования технологий GE в своих продуктах в будущем.

«Эта награда очень много значит для нас, особенно с учетом того, что она получена через несколько месяцев после запуска нового бренда нашей компании, – отметил Никола Яннис, генеральный директор Waygate Technologies. – Используя самый широкий набор продуктов для неразрушающего контроля, мы помогаем нашим клиентам осуществлять переход к цифровому контролю, повышать их производи-

тельность и обеспечивать безопасность и качество. Наши инженеры заинтересованы в постоянном поиске лучших способов контроля. Они бросают вызов самым высоким стандартам, чтобы сделать невидимое видимым».

Остек-СМТ сотрудничает с Waygate Technologies с 2008 года и предлагает широкий ассортимент решений для промышленного контроля, включая рентгенографию и компьютерную томографию, которые обеспечивают качество, безопасность и производительность. Полный перечень поставляемого оборудования можно посмотреть на сайте Остек-СМТ: <https://ostec-3d.ru/catalog/equipment/rentgenovskie-sistemy-i-kompyuternaya-tomografiya>.

## ПОКРЫТИЕ HUMISEAL® UV40 УСПЕШНО ПРОШЛО ИСПЫТАНИЯ НА ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ ПО СТАНДАРТУ ISO 10993-5

Компания HumiSeal®, мировой лидер в производстве влагозащитных покрытий, анонсировала успешное завершение тестирования влагозащитного покрытия ультрафиолетового отверждения UV40 на цитотоксичность по стандарту ISO 10993-5.

Итоги тестирования дают производителям электроники для медицин-

ской отрасли гарантию в безопасном применении UV40 для защиты печатных узлов. Покрытие UV40 и раньше применялось для защиты медицинской электроники, а пройденные испытания еще раз подтвердили, что продукт отвечает растущим требованиям по безопасности и отсутствию вреда здоровью для медицинских изделий и носимой электроники.

UV40 сохраняет лидерство в применении среди влагозащитных покрытий, обеспечивая долговечность и устойчивость к воздействию пыли, грязи, эрозии, влажности, жидкостям и реагентам.

Кейт Вэриолд, вице-президент компании HumiSeal®, сказал: «Мы рады представить аттестацию влагозащитного покрытия UV40 на соответствие стандарту ISO 10993-5. Квалификация по ISO 10993-5 создает новый уровень доверия при проектировании печатных узлов для медицинских и персональных устройств».

*Более подробную информацию можно получить у специалистов ООО «Остек-Интегра» по телефону (495) 788-44-44 или по электронной почте [materials@ostec-group.ru](mailto:materials@ostec-group.ru).*

## КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭК ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ В ЕЖЕГОДНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ SEMIEXPO RUSSIA 2020

2 и 3 ноября в Москве на территории ЦВК «Экспоцентр» прошла ежегодная международная выставка и конференция по технологиям, стандартам и оборудованию в области микроэлектроники – SEMIEXPO Russia 2020.

Компания «Остек-ЭК» приняла участие в отраслевом онлайн мероприятии – одной из немногих живых площадок этого года. Непростая эпидемиологическая ситуация повлияла на посещаемость, однако многие представители основных предприятий-заказчиков и научно-исследовательских институтов пришли на выставку, чтобы обсудить новые технологии и поделиться планами.

Помимо выставки компания приняла участие в деловой программе: заместитель технического директора по продуктам для полупроводниковых производств Дмитрий Суханов провёл семинар «Гетерогенная интеграция – расширение возможностей для производства микроэлектроники». Актуальность темы была подтверждена особым интересом со стороны участников и слушателей деловой программы. Мы уверены, что подобный формат помогает наладить эффективные пути развития и внедрения новейших технологий в микроэлектронике.

«Остек-ЭК» благодарит организаторов и участников за возможность представить свой опыт и пообщаться с коллегами в рамках проведенного мероприятия.



## ОСТЕК-ИНТЕГРА ОТКРЫВАЕТ ЗАПИСЬ НА 2021 ГОД НА ЦИКЛ ТРЕНИНГОВ ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610

Тренинг интересен, в первую очередь, для специалистов, непосредственно участвующих в процессе сборки и ремонта печатных узлов. Основные задачи тренинга – в сжатые сроки и максимально эффективно изучить современные критерии качества в соответствии со стандартами IPC и научить корректно применять изученные критерии качества в отечественном производстве, правильно выявлять дефекты печатных узлов для всех классов оборудования после основных операций сборки, при диагностике и выполнении ремонта.

Практические занятия проводятся под руководством сертифицированного тренера IPC с использованием лучших единиц современного оборудования и образцов печатных узлов, содержащих различные дефекты.

Мы предлагаем участникам привезти с собой печатные узлы для работы во время тренинга.

В процессе обучения участники ежедневно выполняют задания, а после окончания каждого модуля сдают экзамены. Открытый экзамен сдается с использованием тренинговых материалов, закрытый экзамен – на усвоение пройденного материала – без использования внешних источников информации.

Участникам, успешно сдавшим экзамены, выдается международный сертификат специалиста по стандарту IPC-A-610 сроком действия 2 года.

Подробную информацию о датах и месте проведения тренингов смотрите на сайте:

<https://ipc610.ostec-materials.ru>



### ДАТЫ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ТРЕНИНГОВ

Москва	26-28 января 2021
Санкт-Петербург	16-18 февраля 2021
Казань	23-25 марта 2021
Москва	20-22 апреля 2021
Екатеринбург	25-27 мая 2021
Чебоксары	22-24 июня 2021
Санкт-Петербург	24-26 августа 2021
Москва	28-30 сентября 2021
Ростов-на-Дону	26-28 октября 2021
Москва	14-16 декабря 2021

## ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НИИ «ЭЛЕКТРОНИКА» ПРЕДСТАВИЛ РЕЙТИНГ КРУПНЕЙШИХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

Центральный НИИ «Электроника» совместно с журналом «Электроника: Наука, Технология, Бизнес» и аудиторской компанией «БДО Юникон» представил рейтинг крупнейших радиоэлектронных предприятий России. Ведущий аналитический центр Ростеха составляет отраслевой рейтинг третий год подряд. Основные цели документа – повышение известности предприятий отрасли, выявление ключевых игроков и их роли в экономике страны, объективное подтверждение рыночных позиций компаний. Использование такого инструмента делает отрасль более информационно открытой, а также помогает работающим в ней организациям привлечь внимание потенциальных заказчиков и инвесторов.

По итогам 2019 года в рейтинг вошли 69 организаций радиоэлектронной промышленности с суммарной вы-

ручкой 149,7 млрд руб. и численностью сотрудников 62,5 тыс. человек. На государственные заказы приходится 38 % общей выручки.

Напомним, что в исследовании принимают участие предприятия, готовые поделиться данными о своих финансовых результатах в открытых источниках.



Рейтинг организаций радиоэлектронной промышленности России 2020

В тройку лидеров по объему выручки вошли: впервые участвующее в рейтинге АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина» (12,3 млрд руб.), ГК «Микрон» (11,7 млрд руб.), которая была лидером двух предыдущих рейтингов, и АО «Научно-исследовательский институт систем связи и управления» (8,5 млрд руб.).

Лидером ТОП-25 производственных организаций стало АО «Радиозавод», также впервые участвующее в рейтинге и занимающее пятую позицию в ТОП-50 организаций по объему выручки в сегменте радиоэлектроники.

Среди ТОП-30 научно-производственных организаций первое место

заняло АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина». Лидер двух предыдущих лет – АО «Научно-исследовательский институт систем связи и управления» – занял в этом году третью позицию.

Лидером ТОП-10 научных организаций и конструкторских бюро стало АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения», вторая позиция – у АО «НИИМЭ», третья – у МОУ «Институт инженерной физики».

Из общей выручки 38 % приходится на государственные заказы.

«Одна из целей, которая заложена в Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года, – обеспечение доминирования отечественного производителя на внутреннем рынке. Данные рейтинга организаций радиоэлектронной промышленности России показывают, что в стране есть много производителей, которые достаточно успешно работают в современных условиях», – прокомментировал Василий Шпак, директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России.

## В ЦЕНТРЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК- СМТ ИССЛЕДОВАЛИ ЧЕРЕПА, КОТОРЫМ БОЛЕЕ 30 000 ЛЕТ

В июле 2020 года антропологи из Института этнологии и антропологии РАН обратились в лабораторию центра развития технологий Остек-СМТ для проведения антропологического исследования черепов из Сунгирских погребений. Исследование специалисты лаборатории провели на оборудовании Phoenix V | tome | x M300.



Лаборатория Остек-СМТ является одной из самых больших в России. Она оборудована передовыми установками компании Waygate Technologies (General Electric Sensing & inspection Technologies), а также системами для рентгеноскопии, 3D-сканирования и аддитивного производства.

Команда археолога Отто Бадера в 1969 году занималась археологическими раскопками на территории Владимирской области вблизи речки Сунгирь и обнаружила захоронение взрослого мужчины и двух подростков. Также там находилось множество украшений и двухметровые копья, вырезан-

ные из мамонтовых бивней, что указывало на ритуальный характер погребения. Эти находки до сих пор представляют большую редкость и интерес для антропологов и археологов, каждое подобное захоронение уникально, и лишь единицы сохранились до наших дней.

На протяжении последующих лет содержимое могильных ям подвергалось различным исследованиям, в том числе с целью реконструкции и восстановления внешности сунгирцев.

Главная задача исследования в лаборатории Остек-СМТ состояла в более детальном изучении вну-

тренних морфологических структур, которые ранее было возможно наблюдать только при физическом разрушении черепа. К ним относят мозговую полость, описание которой помогло антропологам понять когнитивные возможности сунгирских людей; внутренние полости пирамиды височной кости, где расположены органы слуха и равновесия, что позволяет судить о пространственной ориентации; гайморовы полости, величина которых связана с адаптацией к холодным стрессам. Было подробно исследовано ранение взрослого мужчины

и выполнена реконструкция каменного орудия и траектории нанесенного удара.

Примечательно, что захоронение было найдено всего в нескольких километрах от лаборатории, где затем проводилось исследование. После его успешного окончания останки были перемещены обратно в Институт этнологии и антропологии Российской академии наук.

Именно благодаря современной технологии КТ и компетенциям сотрудников лаборатории Остек-СМТ стало возможным качественное решение поставленной задачи.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ЖГУТОВ – МАШИНА ЭКРАНИРОВАНИЯ СОБРА

Современная экономика немислима без рационального отношения к расходным материалам и комплектующим. Компания «Остек-ЭТК» предлагает ряд решений по замене устаревших технологий. Одно из них – оплетение жгутов луженой проволокой типа ММЛ различных сечений или кевларовыми, полиэфэровыми, а также иными нитями взамен классической технологии натягивания готовых плетенок типа ПМЛ и прочих.

Многие предприятия используют плетенки для защиты тела жгута. Экранирование позволяет повысить эксплуатационные характеристики оборудования, надежность и качество передаваемого сигнала. Остек-ЭТК предлагает для работы установки экранирования Cobra серии 450. Принцип их работы заключается в том, что оплетаемый жгут пропускают через установку в вертикальном направлении, где он оплетается проволокой с требуемой плотностью, после чего наматывается на устройство сбора (намотки) жгута. Cobra работает с широким спектром различных материалов: медная луженая проволока, проволока

из алюминиевых сплавов, текстильные нити, полимерные нити. Установки позволяют оплетать жгуты с заданной плотностью с учетом требований конструкторской документации. Это возможно благодаря большому числу размотчиков проволоки (шпуль): от 16 до 64. Количество шпуль подбирается в зависимости от технических особенностей экранирующего материала и диаметра оплетаемого жгута. Например, установка экранирования Cobra на 64 шпули позволяет проводить экранирование жгутов диаметром от 40 до 60 мм. В то же время при работе с 32 шпулями диаметр экранируемого жгута можно снизить до 13 мм без снижения качества экранирования.

Преимущества установок для оплетения неоспоримы. В первую очередь, это снижение влияния человеческого фактора – процесс натягивания плетенок на тело жгута может сопровождаться неравномерным растяжением ячеек материала, и в результате нарушается целостность покрытия и ухудшается защита жгута. Во-вторых, обеспечивается высокая повторяемость процесса. Это важно при изготовлении крупных партий жгутовой продукции, особенно большой длины. Также важна возможность обслуживания установки оплетения одним человеком – это позволяет сократить численность персонала

и снизить накладные расходы.

Одна установка оплетения может заменить сразу несколько устаревших технологических процессов, таких как надевание плетенки на тело жгута, необходимость сращивания покрытий на ветвях жгута, бандажирование сочленений. Проведение подобных операций требует наличия на складе большого количества разнообразных материалов и оборудования. Это плетенки различных марок и размеров, материалы для бандажирования, паяльное оборудование. Кроме того, требуются обученные мастера соответствующей квалификации.

Применение установки оплетения исключает эти проблемы, поскольку для оплетения жгута требуются только луженая проволока или нить.

Кроме того, установки экранирования Cobra позволяют производить оплетение с различной плотностью, вплоть до 98 % или в несколько слоев различными материалами без снижения качества покровов изделия.

*Специалисты «Остек-ЭТК» готовы оказать помощь в подборе необходимого оборудования и выполнить точный расчет технологических процессов изготовления соответствующих жгутовых изделий. По всем вопросам обращайтесь по электронной почте: etc@ostec-group.ru.*

## СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

# ТЕХНОЛОГИИ НЕ СТОЯТ НА МЕСТЕ. ОНИ НИКОГДА НЕ БУДУТ СТОЯТЬ НА МЕСТЕ

*ИНТЕРВЬЮ С АЛЕКСЕЕМ АЛЕКСЕЕВИЧЕМ ЕФРЕМОВЫМ*

”

В 2021 году Группе компаний Остек исполняется 30 лет, а в декабре 2020 вышел 50-й номер научно-практического журнала «Вектор высоких технологий», предшественником которого был бюллетень «Поверхностный монтаж», издававшийся практически с момента основания компании. Авторы статей для этих журналов – сотрудники компании, носители конструкторских и технологических знаний, с которыми связаны ее история и важные достижения. Из этого родилась идея бесед со значимыми авторами – подготовка серии интервью, которую мы планируем опубликовать в течение всего юбилейного года.

Первым, с кем побеседовал директор по маркетингу Антон Большаков, стал Алексей Алексеевич Ефремов. С 2003 по 2005 годы коллеги работали в отделе технологических материалов Остека, а в 2005 году Алексей, руководивший в то время этим отделом, передал руководство Антону.

**Алексей, расскажи, пожалуйста, с какого по какой год ты работал в Остеке, как ты пришел в компанию? Какова была область твоих профессиональных интересов?**

В Остеке я работал с апреля 1996 года по, дай Бог памяти, июль 2014, получается что-то около 18 лет. Я пришел в компанию на должность менеджера по продаже электронных компонентов. Было такое направление на заре деятельности Остека. И первые четыре года я занимался именно поставкой, продажей электронной компонентной базы.

Но к 2000-м годам сложилась ситуация, когда для дальнейшего развития поставок ЭКБ требовались существенные капиталовложения. При этом на рынке было достаточно много компаний, которые занимались продажей именно компонентов, и очень мало организаций, которые занимались конкретными технологическими решениями. Собственниками компании было принято решение, что компания сконцентрируется именно на технологических решениях, на поставке оборудования. В тот момент это было оборудование поверхностного монтажа и, соответственно, все то, что связано с обеспечением технологий. А это и технологические материалы, и необходимые технологические компетенции специалистов. Поэтому, начиная с 2000 года, я возглавлял отдел технологических материалов, в котором проработал до 2005, когда передал отдел тебе.

В 2005 году я возглавил Сервисную службу предприятия – тогда она была относительно небольшой – и в течение пяти лет занимался ее развитием. К 2010 Сервисная служба Остека стала крупнейшей в России. Она включала семь отделов и четыре распределенных офиса, расположенных в других регионах. У нас работали и сервисные инженеры, и технологи, и были преподаватели, то есть те люди, которые, собственно говоря, занимались и подготовкой технологической документации, и подготовкой учебных материалов. Были специалисты, которые разрабатывали методики проведения технических и технологических аудитов. Под техническими аудитами подразумевается именно эффективность работы производственного оборудования, производственных линий. Велась работа по разработке методик повышения эффективности производства, аналитическая работа, была своя научно-исследовательская лаборатория. То есть в тот момент это было очень мощное подразделение, которое решало фактически весь спектр задач: от ввода в эксплуатацию крупных производств до подготовки персонала заказчика; выполнялись отработка технологических решений, проведение собственных технологических исследований, подготовка собственной аналитики и так далее. В том числе готовились



Ефремов Алексей Алексеевич

материалы для публикации в различных источниках и проводились технологические семинары, конференции, учебные мероприятия.

С 2010 по 2014 годы я занимался развитием направления образования и прикладных исследований в Остеке, тогда же был создан свой научно-исследовательский институт. Мы вели плотную работу с научно-исследовательскими организациями, с учебными вузами и занимались созданием собственной научно-исследовательской базы, в том числе по такой передовой технологии как печатная электроника. Вошли в государственные федеральные целевые программы, в частности, в ФЦП «Развитие электронно-компонентной базы до 2015 года». Получили ряд НИОКР-их работ, в рамках которых велись научные разработки и исследования. Ряд этих разработок был внедрен в промышленность.

В 2014 году я уже покинул Остек и занимался другой деятельностью.

**Алексей, у тебя сложился очень интересный и разнообразный профессиональный путь в Остеке. Но еще ты очень много писал для бюллетеня «Поверхностный монтаж», предшественника журнала «Вектор высоких технологий». Расскажи, пожалуйста, с чего начинался бюллетень, как развивался, когда ты начал писать статьи?**

По-моему, первые 2–3 выпуска бюллетеня «Поверхностный монтаж» вышли в 93-м году. Но у предприятия тогда еще не было ресурсов на регулярные выпуски, был достаточно долгий перерыв до 1998 года, когда бюллетень начал выходить на регулярной основе. На начальном этапе создания журнала я в нем не

участвовал, поскольку моя деятельность была связана с электронно-компонентной базой, и это выбивалось из его основной концепции.

Что касается предпосылок появления бюллетеня «Поверхностный монтаж», то стоит вспомнить, что тогда было не так много инструментов продвижения. Не было того, что сейчас нам кажется абсолютно естественным – электронных каналов коммуникации: интернета, сайтов, электронной почты, вебинаров. Мы использовали факс, телетайп и почту, но почту не электронную, а самую обыкновенную – отправляли обычные бумажные письма. Проводились выставки – на моей памяти один раз в год проходила выставка «Связь-Экспокомм», в которой компания участвовала. Семинары, конференции – тогда это были огромные события, проводимые максимум один раз в год, и их организация требовала в то время значительных для компании усилий и затрат. Например, не было собственного конференц-зала, его приходилось арендовать.

Соответственно, стоял вопрос – как обеспечить взаимодействие, диалог с нашими клиентами, нашими заказчиками? На тот момент инструментов для этого было очень мало: либо реклама в журналах, которых существовало не так уж много, либо прямая рассылка предприятиям бумажных писем. Если сделать материал чисто рекламным, то попав в руки какого-то сотрудника, будь то генеральный или технический директор, начальник производства, главный технолог, технолог, он просто отправится в мусорную корзину. Перед нами стояла задача сделать бюллетень таким, чтобы люди не просто читали информацию, а фактически создавали у себя библиотеку публикаций. То есть, чтобы бюллетени оставались внутри организаций и становились настольной книгой. И мне кажется, что в конечном итоге компании удалось это сделать, потому что «Поверхностный монтаж» был наполнен информацией не столько рекламного, сколько технологического характера. И рубрика «Энциклопедия поверхностного монтажа», появившаяся в 1998 году, как раз стала таким аккумулятором идей, необходимых на любом производстве.

В то время не было необходимой технологической информации в области производства электроники. Дело в том, что в середине и конце 90-х годов практически не существовало современной отечественной нормативной и технологической документации по технологиям поверхностного монтажа. Те разработки, которые велись в Советском Союзе, к тому моменту уже морально устарели. Сложного технологического оборудования не было или оно было не очень надежным. Закупка иностранного технологического оборудования в советское время велась в ограниченном количестве. Поэтому, фактически, поступление технологического оборудования

для промышленного широкомасштабного серийного, многосерийного производства электроники началось только с середины 90-х годов. А подавляющее большинство отечественных предприятий использовало ручные технологии монтажа компонентов. На крупных телевизионных заводах были автоматы типа Panasert, которые осуществляли набивку компонентов, потом выполнялась пайка волной. На предприятиях поменьше набивка компонентов в отверстия в основном шла вручную.

**Алексей, ты говорил, что тогда был информационный вакуум. А откуда вы брали полезную для специалистов технологическую информацию и, в частности, для рубрики «Энциклопедия поверхностного монтажа»?**

Здесь нужно отметить два основных источника. Во-первых, костяк команды, компании, состоял из сотрудников ЦНИТИ «Техномаш», который на конец 80-х годов был головным в Союзе институтом по технологиям поверхностного монтажа. Это те люди, которые были фактически знакомы с этой технологией еще с начала или середины 80-х.

А второй и, наверное, ключевой – это зарубежные источники. Из поездок за границу на различные мероприятия, выставки, конференции обязательно привозили технологическую литературу. Таким образом у нас сформировалась своя библиотека, которая состояла из десятков томов различных книг, в большинстве своем посвященных автоматизированным процессам сборки электроники. Естественно, вся эта документация, вся литература была на английском языке. Уровень владения английским у специалистов в отрасли был не очень высокий. То есть продать книгу – очень подробную, очень интересную, но на английском языке – было практически невозможно. Ее просто некому было читать. Поэтому в основу многих стайных материалов ложилась та информация, которую мы аккумуляли и переводили из зарубежных источников.

**Но со временем в «Энциклопедии» начала появляться информация, подготовленная уже на основе собственного опыта. Кто и как ее собирал?**

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно снова ненадолго обратиться к истории. Сначала рубрика «Энциклопедия поверхностного монтажа» была посвящена ручной пайке. Здесь нужно отдать должное усилиям, прежде всего, Тренисова Льва Генриховича, который на тот момент как раз возглавлял направление технологического оборудования. Именно благодаря ему родилась и наполнялась материалами эта рубрика. В ней подробно описывались ручные технологии

монтажа электронной компонентной базы с помощью различных инструментов, различные компоненты. На тот момент это была очень нужная и полезная информация. Как я уже говорил, тогда подавляющее большинство предприятий пользовалось именно ручным монтажом.

В 2002 году, перейдя в отдел технологических материалов, я активно подключился к подготовке бюллетеня. Я взял на себя рубрику «Энциклопедия поверхностного монтажа», потому что к тому моменту у меня накопилось довольно большое количество материалов, которые, с моей точки зрения, должны были быть интересны и полезны прежде всего специалистам на действующем производстве.

А дальше возникли два момента. Первый связан с тем, что накопленные материалы стали заканчиваться, а второй, не менее существенный, заключался в том, что те подходы, те ошибки и проблемы, которые существуют на Западе, не очень актуальны для нашей действительности и специфики. В 2002 году уже появилось энное количество отечественных предприятий, которые имели мелкосерийное производство, появились маленькие настольные автоматы и полуавтоматы для установки компонентов, небольшие печки оплавления. То есть от полностью ручного труда шел переход к автоматизированному производству через полу-

автоматизированное. И если полностью автоматизированных производств было очень мало, то предприятий, которые имели мелкосерийное производство, на тот момент существовало уже много. А зарубежная технологическая информация была ориентирована прежде всего на полностью автоматизированные процессы. Соответственно для того, чтобы та информация, те знания, которые мы передаем предприятиям, были наиболее эффективны, необходимо было учитывать не только зарубежную нормативную базу, но и ту специфику, которая существовала у нас.

Собственно, мы и накапливали эту информацию и статистику дефектов. С момента моего перехода в отдел технологических материалов мы сразу же начали развивать технологическое направление, то есть технологическое сопровождение наших решений у заказчика. Это была не просто продажа оборудования или продажа технологических материалов, а постановка технологических процессов на производстве. И в процессе отработки, в процессе взаимодействия с заказчиками мы формировали свою базу и дефектов, и проблем, и их возможных решений на разных предприятиях. Поэтому со временем «Энциклопедия» начала трансформироваться в информацию, основанную не только на зарубежных источниках, но и на тех наработках, которые были получены у нас в России

## Обложки бюллетеня «Поверхностный монтаж» разных лет



**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

**Рекомендации по выбору и конструированию трафаретов.**

Даже относительно несложные печатные узлы (далее ПУ) содержат более сотни различных компонентов и, как правило, свыше 1000 паяных соединений (контактных площадок). Известно, что до 80% дефектов появляется на этапе нанесения паяльной пасты. В свою очередь результаты трафаретной печати в значительной степени зависят от геометрии конструкции и качества изготовления трафарета. Как правильно выбрать толщину или размеры окон в трафарете, из каких материалов и каким методом можно изготавливать трафареты? Ответы на эти и многие другие вопросы Вы сможете найти в настоящей публикации, подготовленной на основе практического опыта наших заказчиков и авторитетных зарубежных источников информации, в том числе международного стандарта IPC-7525 "Руководство по конструированию трафаретов" (Stencil Design Guidelines).

**Основные материалы и методы изготовления трафаретов.**  
 В настоящее время для нанесения паяльной пасты используются трафареты, изготовленные из металлизированной фольги. При изготовлении трафаретов наиболее часто используются следующие материалы: нержавеющей сталь, никель, медь, латунь или оксидированная бронза. Следует отметить, что при использовании микроскопа с малым шагом (меньше 0,05 мм) необходимо использовать трафареты из нержавеющей стали.

**Метод лазерной резки.**  
 Метод лазерной резки позволяет получить точный рисунок с притягательным лоском, но имеет более высокую стоимость изготовления. Трафареты изготавливаются из нержавеющей стали.



Рис. 12 Изготовление трафарета лазерной резкой.

Пример: для стандартных компонентов и под компоненты с малым шагом (см. рис. 14), а также для нанесения пасты в отверстия для монтажа выводных компонентов на паяльную пасту.



Рис. 14 Гибридный трафарет. Минимальный размер окон в трафарете может быть равен толщине трафарета.

Существует три основных метода изготовления трафаретов:  
 1) Метод химического травления;  
 2) Метод лазерной резки;  
 3) Метод гальваники.

**Метод химического травления.**  
 Изготовление трафаретов химическим травлением применяется наиболее часто, т.е. используется старейшая технология с наименьшими затратами на изготовление. Как правило, трафареты можно заказать там же, где Вы изготавливаете печатные платы. Для изготовления трафаретов используются специальные фотолитоны, и производится двустороннее травление (см. рис. 11).

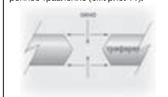


Рис. 11 Очистка трафарета изготовленного методом химического травления.

Для улучшения качества нанесения паяльной пасты, особенно под компоненты с малым шагом необходимо провести обработку поверхности трафарета для удаления заусенцев после лазерной резки и шлифовки отверстий для лучшего прохождения паяльной пасты. Для уменьшения вероятности разрывания паяльной пасты по поверхности трафарета рекомендуется подвергнуть трафарет дополнительной обработке: сделать более широкую левую сторону контактирующую с раствором, для того чтобы паяльная паста капала по трафарету в виде валика.

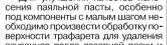


Рис. 13 Трафарет после изготовления.

**Метод гальваники.**  
 Данный метод позволяет получить очень точный рисунок окон в трафарете, уменьшить вероятность образования перемычек и загрязнение трафарета с нижней стороны в процессе работы. Основной материал при изготовлении трафаретов — никель. Однако из-за очень высокой стоимости изготовления метод гальваники не получил широкого распространения.

**Выбор толщин и размеров окон трафарета.**  
 На толщину трафарета и конструкцию окон оказывают влияние различные факторы, в том числе: тип зрительных компонентов, размеры контактных площадок, тип паяльной пасты и другие факторы. Правило трех шариков является простой формулой для определения толщин и минимальной ширины окон в трафарете в зависимости от размера частиц пасты входящих в состав паяльной пасты. Правило трех шариков гласит: максимальная толщина трафарета должна быть близка трем максимальным диаметрам частиц пасты, входящих в состав паяльной пасты. Минимальная ширина окна в трафарете тоже должна быть равна трем максимальным диаметрам шариков припоя (см. рис. 15). Однако с точки зрения обеспечения высокой надежности паяных соединений, хорошей и стабильной формы отечественная паяльная паста

раз прошли через такую школу и также учились и познавали технологии на чужих и своих ошибках. Это было очень интересное время!

**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

**Часть XIII. ДЕФЕКТЫ ПАЙКИ ВОЛНОЙ ПРИПОЯ – ШАРИКИ И БРЫЗГИ ПРИПОЯ**



Шарики припоя — один из самых распространенных дефектов возникающих при пайке волной припоя. Шарики припоя могут появиться как на нижней стороне платы (сторона пайки), так и на верхней стороне (сторона установки компонентов). Структура больше-меньше припоя возникает шарика припоя на пайке волной, однако в большинстве случаев, причины возникновения шариков припоя связаны с неправильными настройками процесса и оборудованием. В настоящей публикации приведен анализ всех возможных причин возникновения шариков припоя на пайке волной.

Алексей Ефремов  
 service@osteck-smt.ru

Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
<p>Рис. 1 Шарик припоя — шарик припоя и лобовой или концевой элемент пайки</p>	<p>Шарики припоя на поверхности печатной платы после пайки волной припоя в соответствии с требованиями стандарта IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок» не являются безусловными дефектами, если выполняются следующие условия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Не нарушается требование по минимальному электрическому зазору;</li> <li>• Шарик припоя зафиксирован, например отстоит от флюса и не может переместиться по плате;</li> <li>• Валерование или калусированные шарик припоя, находясь на расстоянии не менее 0,13 мм от контактных площадок или проводников и диаметры которых не превышают 0,13 мм (рис. 2);</li> <li>• Не более пяти шариков припоя размером 0,13 мм (или меньше) на площади 600 мм<sup>2</sup>.</li> </ul>	<p><b>Нарушения процесса:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Избыточное количество флюса на плате;</li> <li>2. Низкая температура предварительного нагрева. Не полностью удаленный растопленный припой на этапе предварительного нагрева приводит к избыточному флюсу и процессу пайки и разбрызгиванию шариков припоя;</li> <li>3. Неправильная фиксация печатной платы в конвейере или паяльнике;</li> <li>4. Высокая скорость конвейера. В результате не полностью удаленный растопленный припой на этапе предварительного нагрева может быть вынесен до 130–140°C;</li> <li>5. Обеспечение правильной фиксации печатной платы (высота, параллельность волне припоя);</li> <li>6. Оптимизация скорости конвейера. В зависимости от типа машины скорость конвейера регулируется в пределах 80–140 см/мин;</li> <li>7. Контроль и корректировка плоскости флюса для пайки. Флюсовый дождь должен осуществляться 2–3 раза в секунду для расплавления флюсов — порошкового;</li> <li>8. Оптимизация конструкции турбулентной и ламинарной волны припоя, обеспечивая равномерную ширину сканивания по стальной волне;</li> </ol>	
<p>Рис. 2 Дефект — большое количество шариков припоя на печатной плате, не соответствующее стандарту флюса.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не нарушается требование по минимальному электрическому зазору;</li> <li>• Шарик припоя зафиксирован, например отстоит от флюса и не может переместиться по плате;</li> <li>• Валерование или калусированные шарик припоя, находясь на расстоянии не менее 0,13 мм от контактных площадок или проводников и диаметры которых не превышают 0,13 мм (рис. 2);</li> <li>• Не более пяти шариков припоя размером 0,13 мм (или меньше) на площади 600 мм<sup>2</sup>.</li> </ul>	<p>Нарушение данных условий свидетельствует о наличии дефекта (рис. 1 и 2).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Настроить режим флюсования по стальной волне. Ширина сканивания стальной волне флюса должна составлять около 1 см. Использовать воздушный нож для удаления избытка флюса; флюс не должен капать с печатной платы;</li> <li>2. Оптимизировать температуру предварительного нагрева. Если для флюса на стальной волне основной температурой предварительного нагрева является диапазон от 90 до 120°C, то для оптимальной толщине флюса на волновой стороне температура предварительного нагрева должна быть увеличена до 130–140°C;</li> <li>3. Обеспечить правильную фиксацию печатной платы (высота, параллельность волне припоя);</li> <li>4. Оптимизировать скорость конвейера. В зависимости от типа машины скорость конвейера регулируется в пределах 80–140 см/мин;</li> <li>5. Контроль и корректировка плоскости флюса для пайки. Флюсовый дождь должен осуществляться 2–3 раза в секунду для расплавления флюсов — порошкового;</li> <li>6. Оптимизация конструкции турбулентной и ламинарной волны припоя. Выставить по уровню, обеспечить параллельность, одинаковую ширину сканивания по стальной волне;</li> </ol>
<p>Рис. 3 Крупный дефект — максимальный диаметр шарика припоя не должен превышать 0,13 мм, минимальное расстояние до проводника или контактной площадки флюса — не менее 0,13 мм.</p>	<p>Шарики припоя обычно полностью удаляются при очистке печатных плат после сборки.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• для турбулентной волны — 1–1,5 см;</li> <li>• для ламинарной волны — 3–5 см;</li> </ul>

Рубрика журнала "Энциклопедия поверхностного монтажа"

и в наибольшей степени отражали специфику отечественных производств.

**Алексей, хочу отметить, что сбор материалов для «Энциклопедии» был также полезен молодым специалистам. Я помню, что ты, как мой руководитель, просил меня привозить из командировок фотографии примеров дефектов. Мы одалживали печатные узлы, чтобы у нас под микроскопом их сфотографировать. И надо было не только обнаружить дефект, но и установить его возможные причины и способы устранения.**

Антон, да, ты совершенно прав. Я сам прошел точно такой же путь, и для меня это была очень большая школа. Когда я работал в компании, к нам приходило много молодых специалистов, мы даже вели занятия в нескольких учебных заведениях — я лично проводил занятия в МИЭМе. Когда мы переехали в собственное здание на Молдавской улице, и у нас появился свой конференц-зал, появилась также возможность принимать студентов, они к нам приезжали несколько раз в неделю, мы вели занятия по технологиям. И те ребята, которые хотели связать свою жизнь с технологией, с производством, потом оказались в Остеке. Они как

раз прошли через такую школу и также учились и познавали технологии на чужих и своих ошибках. Это было очень интересное время!

**За многие годы существования «Энциклопедии» в ней рассматривались самые различные аспекты технологии производства электроники. Были целые циклы, посвященные дефектам поверхностного монтажа, отмывке, бессинцовой пайке, влагозащите и многому другому. Была ли у тебя любимая тема, наиболее интересная или наиболее запомнившаяся?**

Нельзя сказать, что были какие-то особые, потому что каждая тема сложна, интересна и по-своему значима. Вопрос в другом, в том, что все темы рано или поздно исчерпываются. Сначала были исчерпаны материалы, полученные на основе зарубежных источников, потом — полученные на основе уже собственных наработок. Поэтому одна тема сменялась другой, переходила в третью и так далее. И, естественно, мы выбирали те из них, которые были в то время наиболее востребованы и применимы на наших производствах.

Но были и нетривиальные темы, которые запомнились. Например, отмывка печатных узлов. Задача была изначально непростая, потому что технологии отмывки были известны в Советском Союзе очень давно. В основном

для отмывки использовалась спирто-бензиновая смесь, но ее нельзя было использовать в автоматизированных процессах из-за пожаро- и взрывоопасности. А появление зарубежных материалов позволяло, с одной стороны, в корне изменить качество отмывки, но с другой – такие материалы стоили в десятки раз дороже. Встала задача их продвижения на отечественный рынок. Ее решение мы нашли в обосновании экономической эффективности применения импортных промывочных жидкостей. То есть благодаря длительному сроку жизни мощного раствора удалось экономически обосновать высокую выгоду и снижение затрат производства и мы смогли выйти на существенные в рамках рынка объемы продаж.

**Смена тем публикаций в рубрике означала, что тема уже исчерпана, больше писать не о чем, или это говорило о том, что рынок получил достаточный уровень информации и специалисты ей овладели?**

Скорее всего и то, и другое по той простой причине, что «Энциклопедия» – это определенный объем информации. А если у тебя нет материалов, которые интересны и полезны, наполнить раздел невозможно.

Бывали ситуации, когда я садился писать раздел, напишу немного, а дальше не получается, ну вот не выходит. Смотришь на это, откладываешь и снова возвращаешься к теме через день или через два, собираешься с мыслями и продолжаешь. И в какой-то момент действительно приходило осознание, что накопленные материалы по какой-то из тем – исчерпаны. А давать пустой материал – это бессмысленно и бесполезно.

Второй момент, как ты абсолютно правильно отметил, это информационная насыщенность, когда клиенты, заказчики, партнеры обладают достаточными знаниями по тому или иному разделу. Собственно говоря, продолжать дальше – это писать одно и то же. Поэтому уже приходилось менять тематику, переходить к чему-то другому.

**Наша беседа началась с того, что раньше каналов коммуникации было гораздо меньше. Сейчас, когда есть Интернет и совершенно другой уровень информированности, есть ли необходимость в подготовке и публикации технических статей?**

Я считаю, что писать однозначно нужно. Вопрос в другом. Я работал с разными организациями, и часто люди считают, что писать должны маркетологи. То есть у нас есть отдел маркетинга, он и пусть пишет статьи, а я занимаюсь производством, либо технологией, либо продажами. Это в корне неверный подход, потому что написать хороший материал, хороший именно с точки зрения пользы и содержания, может только специалист в своем деле. Безусловно, писать нужно. Потому что производственные технологии не стоят на месте, они меняются, транс-

формируются, появляются новые возможности, новые нюансы, новые проблемы и задачи. Технологии не стоят на месте. Они никогда не будут стоять на месте.

Вопрос в том, как это делать, в каком формате. И, конечно, если раньше, лет 20 назад, альтернативы бумажным носителям по сути дела не существовало, то сейчас информация в электронном виде кое-где полностью заменила бумагу. Нужно ли выпускать бумажный журнал или достаточно только электронной версии? Не знаю. Мне кажется, что право на существование имеют оба варианта по той простой причине, что кому-то гораздо удобнее работать с бумажными носителями, раскладывая их на столе, а кто-то воспринимает информацию уже только с электронных устройств.

**Алексей, я думаю, что многим будет интересно узнать, в какой области ты сейчас работаешь, связана ли по-прежнему твоя профессиональная деятельность с производством электроники или ты занимаешься чем-то другим?**

Последние несколько лет я консультирую одно предприятие по реализации проекта реконструкции и технического перевооружения. Это достаточно большой завод с численностью более 5 тысяч сотрудников, имеющий все производственные направления: это и производство печатных плат, и сборка печатных узлов, и микроэлектроника, и толстопленочные и тонкопленочные технологии, различные виды испытаний, аддитивные технологии и практически все виды механообработки. То есть традиционное предприятие, которое включает все виды производственной деятельности.

Дело в том, что когда предприятие реализует второй, третий, четвертый проект технического перевооружения и реконструкции, многие вопросы уже решаются довольно легко, они понятны. То есть, уже на все грабли наступили, все шишки набили. Но когда предприятие ни разу не участвовало в федеральных целевых программах именно в части капитального строительства, возникает много подводных камней, которые могут оказаться критичными для предприятия и его руководства. Это связано с тем, что генеральный директор несет прямую, в том числе уголовную ответственность за реализацию такого проекта и, в частности, за целевое использование бюджетных средств.

Собственно говоря, это те вопросы, которыми я занимаюсь в последнее время. Мне кажется, поставленную задачу мы решили успешно. Удалось оптимизировать лоскутные решения, которые изначально предполагались, проект прошел экспертизу и сейчас находится в стадии реализации.

**Алексей, благодарю тебя за готовность вспомнить былое и поговорить о современных реалиях. Был очень рад с тобой побеседовать!**

## ТЕХНОЛОГИИ

# БЕЗМАСКОВАЯ ЛИТОГРАФИЯ - ТЕХНОЛОГИЯ MLE™

## ИЛИ КАК ПРЕОДОЛЕТЬ ДОСТИГНУТЫЙ ПРЕДЕЛ В 3D- И ГЕТЕРОГЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ



Текст: Дмитрий Суханов



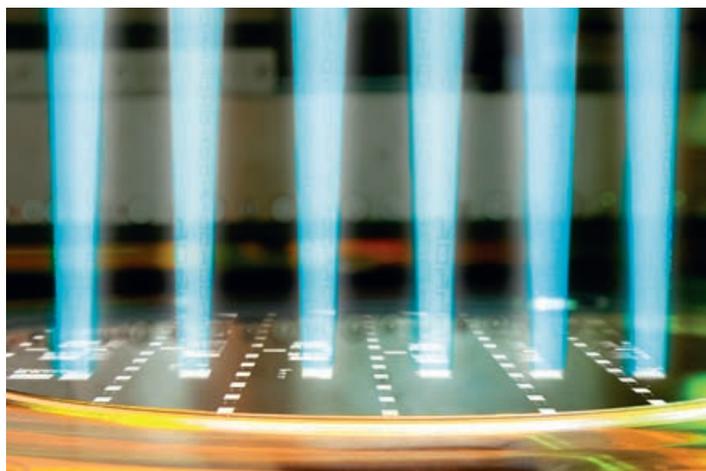
Современные возможности и непрерывное развитие оборудования для литографических процессов в полупроводниковом производстве обусловлены рядом тенденций, которые формируют наше «цифровое» сообщество. Технология безмаскового экспонирования MLE™ (MaskLess Exposure) от компании EV Group (EVG) позволит сделать следующий шаг и преодолеть множество ограничений в 3D- и гетерогенной интеграции, связанных с использованием стандартных методов экспонирования и фотошаблонов.

**Что это за тенденции? О каких возможностях, да еще и с непрерывным развитием, идет речь? Какие ограничения 3D- и гетерогенной интеграции можно преодолеть, если использовать технологию MLE™?**

Поскольку масштабирование по плотности 2D-интегральных схем достигло своих пределов как в размерах, так и в стоимости, особенно для процессов формирования рисунка структур, в настоящее время достижения в миниатюризации и производительности устройств расширяются в сторону трехмерной (3DI) и гетерогенной интеграции (HI – Heterogeneous Integration) в современном корпусировании. Данный подход рассматривается как ключевой фактор развития изделий нового поколения, где процессоры для мобильных устройств запустили первый цикл роста 3DI/HI. Ожидается, что этот цикл продолжится, пока области применения, требующие высокой производительности – искусственный интеллект (AI – Artificial Intelligence) и системы связи поколения 5G (5G) – будут набирать обороты в мобильных устройствах. Также на рост 3D/HI окажут существенное влияние системы для автономного вождения, которым необходимы высокая надежность и пропускная способность сети передачи данных, а также развивающийся семимильными шагами рынок Интернет вещей (IoT – Internet of Things).

Технологии в современном корпусировании с годами стали более сложными и разнообразными. Переход от устройств с одним кристаллом в корпусе к нескольким кристаллам в корпусе стал возможен благодаря трехмерной интеграции. Данный подход является одним из вариантов решения проблемы обработки большого потока данных, созданных с помощью высокопроизводительных вычислений. Инновации в дизайне чиплетов и разнообразные схемы интеграции теперь могут включать несколько уровней (слоев) с топологическими рисунками. Необходимо учитывать постоянно растущие требования к гибкости и адаптивности дизайна, рисунка структур и возможности одновременного применения систем литографического структурирования как на уровне кристалла или пластины, так и при внутренней литографической обработке в 3DI. Это важно, чтобы сократить время на разработку и одновременно охватить широкий спектр платформ, используемых в современном корпусировании. Кроме того, любое усовершенствование дизайна или структуры конечного продукта добавляет дополнительные литографические процессы – уровни и, соответственно, необходимо дополнительное количество фотошаблонов. Оборудование для создания, хранения, обработки и поддержания работоспособности фотошаблонов составляет значительную часть общих производственных затрат. При этом нужно учитывать, что затраты на замену обычных лазерных источников или ртутных ламп в литографических системах также

Компания EV Group, Австрия, [www.EVGroup.com](http://www.EVGroup.com), является мировым лидером в области высокотехнологичных решений и оборудования для изготовления МЭМС, компаундных полупроводников, силовых компонентов и устройств на основе нанотехнологий. 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.

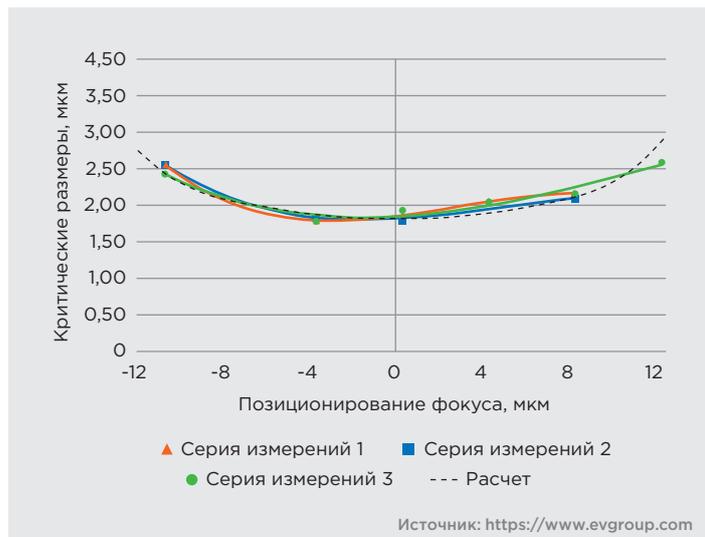


1  
Технология EVG MLE™



2  
Система безмаскового экспонирования LITHOSCALE®

Источник: <https://www.evgroup.com>



3

Критический размер структур в зависимости от положения фокуса для оценки окна процесса DoF

значительное влияют на производственные затраты. Время ожидания новых наборов фотошаблонов, а также общие концепции проверки новой разработанной конструкции для устройств с большим количеством 3D-структур, по сути приводят к серьезному удлинению цикла разработки при использовании традиционного подхода на производстве, в основе которого лежат фотошаблоны.

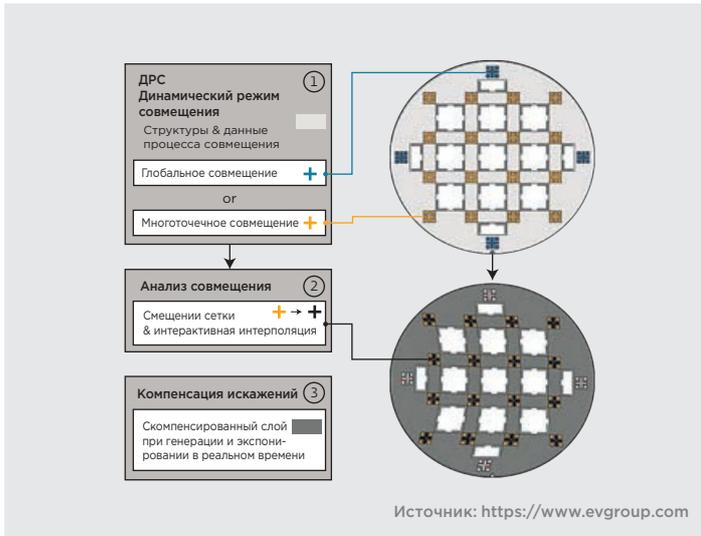
Все эти требования послужили для компании EVG толчком к разработке технологии безмаскового экспонирования (MLE™) (рис 1) и системы безмаскового экспонирования LITHOSCALE® (рис 2), что и позволило решить критические задачи в области 3DI и HI полупроводниковых структур. Технология MLE™ решает важнейшую потребность в гибкости конструкции и адаптивности ее использования, обеспечивая уникальную возможность масштабирования как на этапах разработки, так и в серийном производстве. Таким образом сокращаются циклы разработки между этапами НИОКР и производства, а также устраняются проблемы, связанные с использованием фотошаблонов. Данная технология отличается высоким показателем разрешения (<2 мкм линия/зазор), отсутствием полей сшивки, возможностями динамического экспонирования всей поверхности пластины (подложки), что дает быструю скорость обработки и низкую стоимость владения (CoO – Cost of Ownership).

### Какие ограничения традиционных методов экспонирования в 3DI можно преодолеть при помощи технологии MLE™?

Разрешение любой оптической системы, используемой в системах фотолитографического структурирования, определяется соотношением длины волны экспонирования и ее числовой апертуры (NA – Numerical Aperture). По определению, NA определяет способность собирать

и излучать свет через линзу и характеризуется углом апертуры и, таким образом, сильно зависит от фокусного расстояния. Технически, изменение NA в системах экспонирования более рентабельно, чем сокращение длины волны УФ-излучения источника света. Системы экспонирования в серийном производстве (степперы) обычно ориентированы на более высокое значение NA, чтобы обеспечить структурирование более мелких критических размеров. С другой стороны, более высокое значение NA уменьшает глубину резкости. Поиск компромисса между разрешением и глубиной фокусировки часто является решающим параметром при проектировании схемы межсоединений различных элементов. Особенно это применимо в отношении современного корпусирования, поскольку в данной технологии пластина является центральным элементом интеграции кристаллов как полученных с использованием различных технологий, так и от различных производителей. Помимо физических ограничений и неточностей, связанных с установкой кристаллов и их сдвигом, вызванным избыточной заливкой, возникают различные дополнительные сложности. И с ними должны бороться современные степперы и другие литографические системы, в основе которых лежит использование фотошаблонов. Кроме того, размер области экспонирования фотошаблона и размеры оптических систем при статическом экспонировании существенно ограничивают рабочую область. Это может стать особенно сложной задачей при изготовлении интерпозеров более крупного размера, где линии сшивки или несовпадающие области перекрытия полей экспонирования сетки могут повлиять на электрические свойства в пределах слоя перераспределения (RDL – redistribution layer). Возможность создания рисунка без сшивки для интерпозеров, размер которых превышает текущий размер фотошаблонов, становится все более значимым в современных устройствах, необходимых для сложных многоуровневых структур, таких как расширенная обработка графики, искусственный интеллект и высокопроизводительные вычисления.

Система MLE™ удовлетворяет всем указанным потребностям за счет сочетания субнанометровой точности движения рабочего столика, высокоинтенсивной оптики без хроматических искажений и формирования в векторном режиме рисунка в реальном времени из файла топологии «цифрового шаблона». Для сравнения: другим подходам, которые требуют сканирования маски перед формированием рисунка, необходимо 141 ГБ данных для каждой 300-мм пластины. В итоге, рисунок цифрового шаблона проецируется с точностью до долей мксек на поверхность подложки. Как и большинство современных линз, система визуализации MLE™ ограничена дифракционными явлениями и поддерживает глубину резкости (DoF – Depth of Focus)  $\pm 12$  мкм. Измерение рабочих характеристик технологического окна DoF при разрешении 2 мкм линия/зазор и расчетная модель показаны на рис 3.



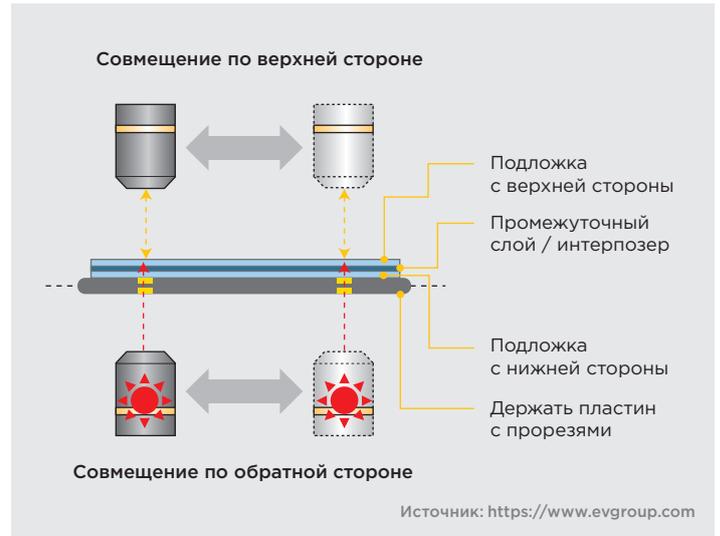
4  
Возможность использования ИК-излучения и держателя пластин собственной разработки для пластин размером до 300 мм

Относительно небольшое экспозиционное поле и точная автофокусировка (<1 мкм) расширяют полезный диапазон динамической фокусировки в верхней части экспозиционного окна до более чем 100 мкм. Возможность управления положением фокуса в больших значениях относительно положения пластины посредством позиционирования зажимного патрона и самого держателя пластины позволяет компенсировать разновысотность в искривленных и деформированных подложках.

**Каким способом удалось решить непреодолимые проблемы для стандартных методов экспонирования?**

Ответ на этот вопрос достаточно простой – использование методов динамической экспозиции и активной компенсации сдвига кристалла.

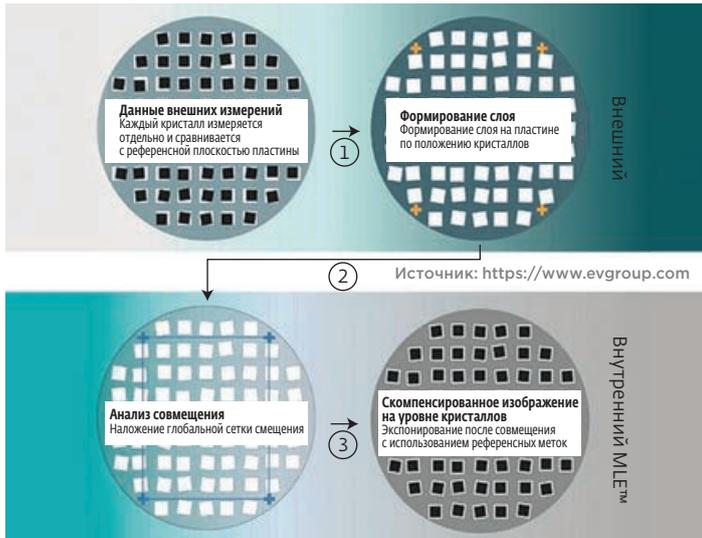
Современные литографические системы для процессов back-end не контролируют искажения с размером меньше, чем поле экспонирования, и поэтому сталкиваются с трудностями, связанными с нелинейными искажениями на подложках высокого порядка и проблемами, связанными со сдвигом кристалла, особенно после установки кристалла на пластину. Технология MLE™ использует режимы динамического совмещения с автоматической фокусировкой, чтобы адаптироваться к материалу подложки и изменению рельефа поверхности. Усовершенствованная функция устранения хроматических искажения связывает и анализирует данные в реальном времени из синхронизации совмещения верхней и нижней стороны пластины в видимом или ИК-диапазонах. Это достигается за счет активной компенсации погрешностей установки кристалла, вызванных такими факторами, как: вращение, смещение, расширение и искажения высокого порядка подложки. Последовательность



5  
Схематическое изображение верхнего и нижнего объективов совмещения

операций расширенной функции коррекции искажений и режимов динамического совмещения показана на рис 4. Динамическое совмещение включает в себя как глобальное, так и локальное (многоточечное) совмещение пластины, где обычно может быть до 16 отметок совмещения (отмечены синим и желтым). Размещаются эти метки в макете случайным образом, чтобы полностью покрыть наиболее критические области на пластине и компенсировать глобальные искажения. После измерения рассогласования векторы смещения дополнительно компилируются параллельно до того, как дизайн будет интерполирован и визуализирован в реальном времени. Таким образом, экспонируемые участки становятся полностью скомпенсированными, т.е. отсутствуют ошибки, не вызывая перекрывающихся или не проэкспонированных областей. Это обеспечивает минимальное рассовмещение без ущерба для производительности процесса формирования рисунка структур. На рис 4 также показан макет структур (темно-серый) с внесенными компенсациями аппаратным методом после анализа наихудшего случая смещения (обозначенного красными стрелками). Данный результат показан после компенсации фактического положения 16 меток (желтых) многоточечного совмещения в режиме динамического совмещения.

Совмещение по обратной стороне играет существенную роль, когда речь идет о сваренных непрозрачных пластинах – стека, полученного при помощи процесса бондинга, или непрозрачных материалах, используемых в многослойных и многокристальных структурах. Обращение к одной и той же структуре для нескольких экспозиций также помогает минимизировать несовпадение по мере увеличения плотности текущего рисунка. Ошибки наложения или несоосность любого рода влияют на электрические



6

Схема технологического процесса компенсации на уровне кристалла

свойства контактов и изоляции и могут вызвать сбои соединения, которые существенно влияют на выход годных, общую производительность и CoO. Системы, оснащенные технологией MLE™, обеспечивают полное совмещение по обратной стороне пластины (рис 5) с использованием специальных объективов с возможностью работы в ближнем ИК-диапазоне и специального держателя пластин, рассчитанного на размер пластины до 300 мм.

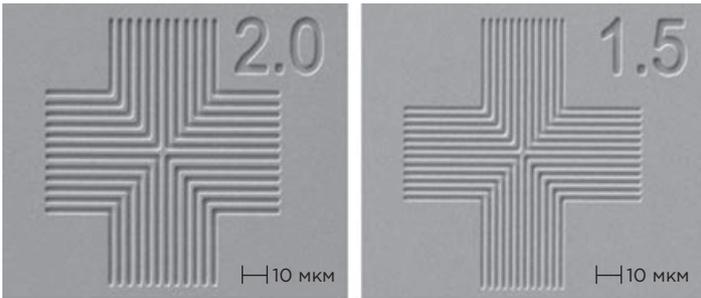
При рассмотрении ошибок, связанных с искажениями в кристалле, что типично для процессов FOWLP (Fan-out wafer-level package), расширенная функция устранения искажений должна также применяться на уровне самого кристалла, где результаты активной компенсации строго зависят от внешних метрологических данных. Алгоритмы компенсации искажений включают математическую коррекцию вращения, масштаба, сдвига и перемещения (смещения). Для компенсации ошибки смещения модель ограничивает искажения внутри кристалла внешними границами, которые обычно представлены двумя внешними точками совмещения на кристалле. Благодаря оперативности процесса преобразования генерация динамического двоичного изображения дополняет полученные извне метрологические данные каждого кристалла отдельно для каждой пластины непосредственно перед процессом экспонирования. Это делается для того, чтобы компенсировать ошибки наложения и позиционирования, вызванные обработкой или предварительной обработкой, исключая потенциальные тепловые воздействия. Схема упрощенного потока целостности данных компенсации на уровне кристалла показана на рис 6.

Также формирование рисунка структур при помощи технологии MLE™ позволяет в реальном времени создавать индивидуальные схемы размещения

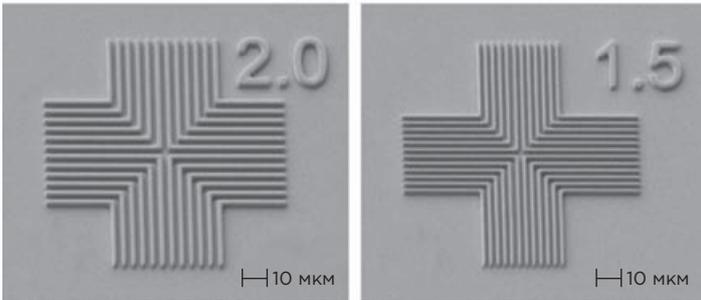
слоев в пластине и одновременно структурировать отдельные схемы кристаллов. В частности, фиксирование такой информации, как специальное описание кристаллов, серийные номера, функциональные и непосредственно читаемые коды шифрования или активное формирование рисунков структур для оптимизации группирования устройств и отслеживания процессов или устройств приводит к повышению общей производительности. Кроме того, программируемая модуляция дозы УФ-излучения на уровне субпикселей позволяет создавать градиенты экспозиции, приводящие к контролируемым изменениям уровня толщины резиста после процесса проявления, что также известно, как фотолитография в оттенках серого. Это облегчает изготовление сложных трехмерных многоуровневых рисунков в фоторезисте, которые применимы в нескольких процессах формирования структур: «дамаскинаж» (двойная насечка), устройствах МЭМС и микрооптических элементах, например, преломляющих и дифракционных. Цифровой программируемый макет, рисунок структур в слоях, кристалла/пластины может быть сохранен в различных стандартных форматах файлов промышленного проектирования (GDSII, Gerber, Oasis, ODB++ или BMP). Поскольку макет обрабатывается компьютером с контролем рецептов, ни тип резиста (положительный или отрицательный), ни уровень дозы экспонирования, ни сложность дизайна макета не влияют на скорость процесса формирования рисунка.

### Что может стать критически важным при использовании технологии безмасковой литографии в R&D и серийном производстве? Конечно же – модульная конструкция и точное позиционирование адресной сетки.

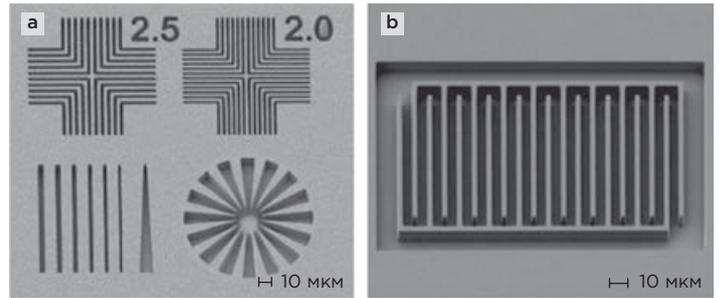
Технология MLE™ в основном предназначена для применения в процессах back-end. Точный контроль позволяет получить структуры, а также зазоры между ними <2 мкм при сохранении однородности критических размеров в пределах <10 % по пластине диаметром 300 мм. Для этого используется адресная сетка в 248 нм. Достигнутая точность, использование оптики без хроматических искажений и точность размещения рабочего столика обеспечивают формирование структур (проецирование) по всей подложке, причем без областей шивки. Процесс экспонирования может быть выполнен гибко с очень высокой степенью свободы в управлении интенсивностью излучения, а также с точной настройкой спектра источника света для достижения оптимального поглощения и надежной обработки для широкого ряда как коммерческих, так и новых фоторезистов. Источники УФ-излучения работают в спектре длин волн 375 нм и 405 нм, что позволяет сочетать и согласовывать длины волн для получения спектра излучения, сопоставимого с традиционным спектром ртутных ламп,



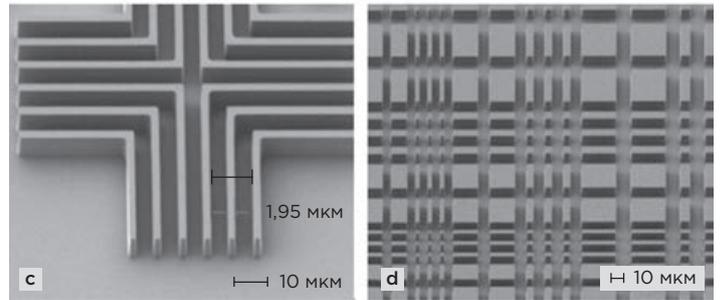
Источник: <https://www.evgroup.com>



**7**  
Результаты СЭМ-измерений. Тесты на возможности разрешения (линия/зазор) на положительном фоторезисте AZ MIR 701 толщиной 1 мкм (вверху). Тесты на возможности разрешения (линия/зазор) на отрицательном фоторезисте AZ nLOF толщиной 2 мкм (внизу)



Источник: <https://www.evgroup.com>



**8**  
СЭМ-изображения полученных структур на фоторезисте TOK P-W1000T толщиной 8 мкм: (А) разрешение линия/зазор 2 мкм при толщине пленки 8 мкм, (В) разрешение линия/зазор 5 мкм с меандровым узором, (С) аспектное соотношение линия/зазор 1:2, (D) изменение параметров линия/зазор как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях с соотношениями 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

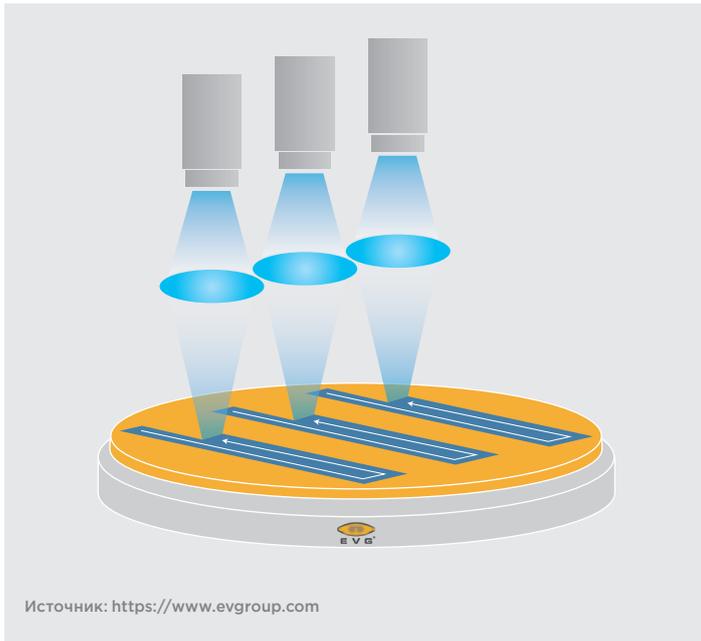
и адаптироваться к конкретным требованиям клиентов. Обе длины волны могут быть одновременно применены в любой произвольной последовательности и «смеси», что позволяет создавать рисунок на тонком фоторезисте как положительном, так и отрицательном, на полиимидных пленках, УФ-чувствительных диэлектриках, сухих пленочных фоторезистах и даже материалах, используемых при обработке печатных плат (фотоэмульсий). Также технология MLE™ поддерживает процесс экспонирования толстых слоев фоторезиста для получения структур с высоким аспектным соотношением сторон, которые обычно встречаются в корпусировании на уровне пластин, 3D-корпусировании, МЭМС, при создании структур в микрофлюидике и интегрированной фотонике. На рис 7 показана серия изображений (линия/зазор), полученных на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) на положительном фоторезисте AZ MIR 701 толщиной 1 мкм (два верхних изображения), а также результаты на возможности разрешения на отрицательном фоторезисте AZ nLOF толщиной 2 мкм (два нижних изображения). В обоих случаях получен результат в 1,5 мкм линия/зазор. Он был достигнут за счет дальнейшей оптимизации процесса, включающей уменьшение эффектов отражения от поверхности, чего можно добиться путем нанесения антиотражающих покрытий или изменения свойств материала подложки.

Технология MLE™ также может точно контролировать и регулировать глубину резкости (DoF),

чтобы добиться крутизны боковых стенок и таким образом сохранить желаемый трехмерный контур фоторезиста или предотвратить перекрытие кромок и опор. Большое рабочее расстояние и автоматический адаптивный фокус обеспечивают однородность рисунка по всей экспонируемой поверхности. Для создания конечных проводников в RDL часто используется фоторезист TOK P-W1000T, примеры обработки которого (СЭМ-изображения) показаны на рис 8. Данные примеры демонстрируют качество получения структур и формы боковых стенок: (А) разрешение линия/зазор 2 мкм при толщине пленки 8 мкм, (В) разрешение линия/зазор 5 мкм с меандровым узором, (С) аспектное соотношение линия/зазор 1:2, (D) изменение параметров линия/зазор как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях с соотношениями 1:1, 1:2, 1:3, 1:4.

**Масштабируемость – ключ к развитию современного производства? Ответ – да.**

Результаты литографических процессов, достигнутые во время проведения НИОКР с использованием оборудования для прямого лазерного экспонирования, не обладали технологической устойчивостью для переноса на линии для крупносерийного производства (HVM – high-volume-manufacturing). Сегодня полупроводниковая отрасль рассматривает увеличение ассортимента продукции, например, чиплетов и сегментированных кристаллов, как основную силу для развития и постоянного увеличения произво-



9

Уникальная кластерная конфигурация системы безмаскового экспонирования MLE™ позволяет легко добавлять экспонирующие (пишущие) головки для настройки производительности

дительности, а также разнообразия областей применения данной технологии. Для выполнения этих требований необходимо динамическое формирование рисунка на фоторезистах различной толщины и с разными дозами УФ-излучения. Технология MLE™ обеспечивает высокую глубину резкости при разрешении <math>< 2\text{ мкм}</math> в крупносерийном производстве, используя физический дифракционный предел, устанавливаемый оптикой. В то же время масштабируемость технологии MLE™ практически безгранична. Модульная система безмасковой литографии компании EVG позволяет масштабироваться в соответствии с потребностями в производительности заказчика. Это происходит за счет добавления УФ-экспонирующих

(пишущих) головок, как показано на рис 9, что обеспечивает быстрый и легкий переход от R&D к HVM. Данная технология дает оптимизацию производительности или адаптацию к различным размерам подложек и разного рода материалов как кремниевых, так и сложных составных полупроводников, при этом размер подложек может быть как стандартным, так и доходить до широкоформатных панелей.

### Что мы можем получить, применив совершенно новый подход к формированию рисунка структур, используемый в технологии MLE™?

Мы можем получить интеллектуальную и гибкую цифровую обработку, уникальную возможность масштабирования, отсутствие фотошаблонов, высокую производительность и универсальный инструмент для обработки различного рода материалов. Этот инструмент обеспечивает гарантированные характеристики по формированию рисунка независимо от типа и толщины фоторезиста. Благодаря гибкой, масштабируемой и надежной комбинации мощных УФ-лазерных источников с несколькими вариантами длины волны платформа позволяет создавать рисунки структур на самых разных материалах, таких как кремний, составные полупроводники, стекло, полимеры и даже выполнять обработку материалов внутри корпусов с заливкой, используя одну и ту же оптику. Специальный держатель пластин и система автофокусировки компенсируют любой изгиб и деформацию подложки, что особенно важно для таких приложений как FOWLP.

Практически неограниченная гибкость дизайна, которую технология привносит в текущую консервативную среду, открывает пространство для новых инноваций, помогает сократить циклы разработки и ликвидирует разрыв между R&D и HVM. 

В статье использованы материалы с сайта компании EV Group: <https://www.evgroup.com>.

# Нет спирта? Есть Zestron!

Для любых задач отмычки и очистки в электронике.  
Всегда на складе, в любом количестве.



✓ Очистка трафаретов

✓ Отмычка печатных узлов вручную и автоматически

✓ Очистка оборудования



Всегда в наличии на складе



Более 10 лет успешного применения в производстве РЭА



До 5 раз экономичнее по сравнению с аналогами



Качественно удаляют более 500 видов материалов



Специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора



Техническая поддержка, образцы для испытаний, обучение специалистов

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЛИВКИ В ПЛАСТИК ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ И ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ



Текст: Владимир Иванов



Современная электронная промышленность наращивает объемы производства надежных и недорогих полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС) в пластиковых корпусах. Применение технологий заливки в пластик приобретает особое значение из-за тенденции уменьшения габаритов ИМС. Они предлагают экономически выгодную замену дорогостоящим металлостеклянным и металлокерамическим корпусам – как за счет экономии драгоценных металлов, так и вследствие менее затратного производственного цикла, в котором совмещены технологические операции изготовления корпусов и герметизации ИМС и который, к тому же, может быть полностью автоматизирован<sup>1</sup>. В статье рассмотрены особенности заливки в пластик как наилучшего варианта с точки зрения технологичности процесса корпусирования, а также обеспечения высокого и стабильного качества изделий микроэлектроники при их серийном производстве.

<sup>1</sup> Емельянов В. А. Корпусирование интегральных схем. Минск: Полифакт, 1998

Герметизация или корпусирование изделий относится к заключительным операциям в технологическом процессе. На нее поступают фактически собранные изделия, как правило, обладающие высокой себестоимостью, определяемой не только суммой затрат на комплектующие изделия и материалы, но и значительными затратами времени и труда персонала, а также ресурса технологического оборудования. Это налагает высокую ответственность на качество данной операции и определяет ее важное место во всей производственной цепочке. Металлокерамические и металlostеклянные корпуса на данный момент развития технологий по совокупности параметров превосходят по надёжности пластиковые, но их производство более трудоемкое и дорогостоящее.

Тем не менее, одной из сильных сторон технологии заливки в пластик является ряд достоинств материалов, которые в ней используются. В качестве материала для изготовления корпусов ИМС применяются термоактивные полимеры с необратимым отверждением и термопласты. Все материалы для заливки в пластик отличаются простотой обработки, низкой стоимостью и доступностью. Современный рынок предлагает предприятиям электронной промышленности широкий ассортимент пластмасс с различными свойствами, что позволяет подбирать материалы для герметизации и корпусирования изделий с широким диапазоном технических характеристик. Микроэлектронные изделия в пластиковых корпусах уже доминируют в таких сегментах рынка, как носимые электронные устройства, компьютерная техника и периферийные устройства, автомобильная электроника, а также электроника специального применения – не секрет, что ИМС и дискретные компоненты зарубежных производителей в таких корпусах массово покупаются и завозятся в Россию, и значительная их часть после необходимых испытаний допускается к установке в аппаратуру специального применения, за исключением космических систем. Впрочем, за рубежом проводились испытания для выяснения перспектив использования пластиковых корпусов в космосе, и некоторые микросхемы даже успешно работали на орбите. Однако повторяемость результатов от партии к партии пока не достигнута, поэтому говорить о применении пластиковых корпусов в электронике космических аппаратов пока рано.

Если же исключить из рассмотрения воздействия и испытания, характерные для космических систем, то основным ограничением для пластика являются эксплуатационные температуры; для доступных на рынке термостойких пластмасс они ограничиваются диапазоном от -60 до 125 °С. Но и в не столь экстремальных случаях для каждого конкретного применения надо тщательно подбирать материал по совокупности параметров и соотношению цена-качество.

В металlostеклянных корпусах армирование и крышка выполняются из металла, выводы изолируются

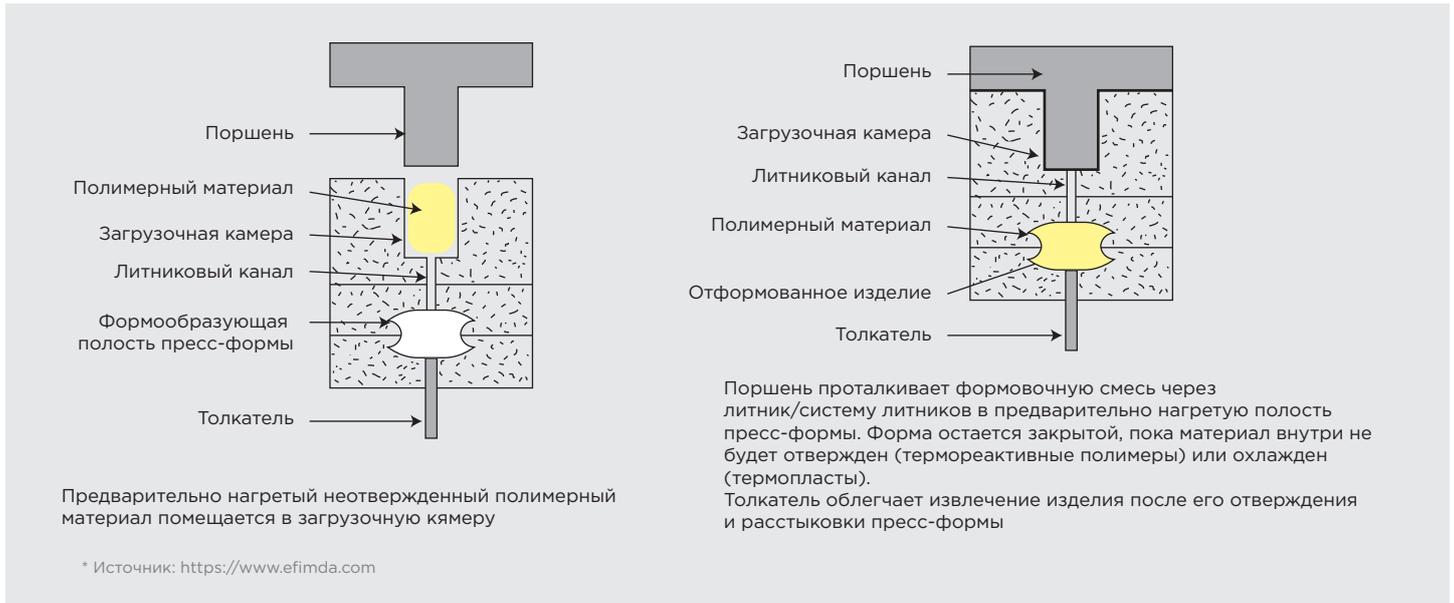
от основания при помощи стекла. Металлокерамические корпуса состоят из керамического основания с выводами и металлической крышки. Для сравнения технологичности процессов заливки в пластик и герметизации в эти два типа корпусов конструктивные различия между последними не являются существенно важными, потому достаточно рассмотреть последовательность изготовления одного из них, например, металлокерамического.

Монтировать металлические выводы непосредственно в основание корпуса во время спекания керамики невозможно из-за высокой температуры этого процесса, поэтому их в специальной технологической рамке впаивают в него стеклом. По верхней кромке основания стеклом припаивается металлическая рамка, к которой присоединяют металлическую крышку – как правило, при помощи вакуумной пайки или шовно-роликовой сварки.

Оба этих процесса предъявляют высокие требования к оснащению производства и подготовке персонала. В случае вакуумной пайки необходимо обеспечить надежность паяного соединения, его устойчивость к коррозии и способность переносить различные термические и механические воздействия. Для этого критически важно точное выдерживание термопрофиля, поскольку недостаточный нагрев или перегрев приводят к ухудшению адгезии соединяемых материалов, образованию пустот в паяном соединении. К снижению качества соединения ведет также окисление металлов, поэтому процесс нужно проводить в специальной атмосфере (азот, аргон, водород или формирующий газ). Для улучшения смачиваемости поверхностей часто требуется применять флюс или муравьиную кислоту; это не только усложняет и удорожает технологию, но и требует принятия специальных мер безопасности, так как испарения муравьиной кислоты и продукты горения флюса при пайке вредны для здоровья человека, а водород при утечке создает с воздухом взрывоопасную смесь.

Технология контактной шовной сварки не проста, начиная от подбора инструмента, пригодного для работы с малогабаритными корпусами и корпусами сложной геометрической формы, и заканчивая необходимостью проведения процесса в вакууме или инертной среде, что требует размещения установки шовной сварки в атмосферной камере или в вакуумной камере с перчаточным боксом для загрузки заготовок. Более того, в стадии охлаждения в зоне сварки возникает сложноподвиженное состояние металла из-за усадки и усилия сжатия, что может вызвать повреждение сварного шва и, как следствие, нарушение герметизации.

В процессе сварки требуется в реальном времени контролировать термопрофиль, усилие сварки, электрические параметры, постоянство энергии, подводимой к точке сварки, то есть мощность сварочного импульса в зависимости от скорости движения инструмента. Наконец, перед началом процесса сварки необходимо



1

#### Принцип заливки в пластик

произвести операцию прихватки крышки к основанию корпуса. Эта операция обычно проводится вручную или на отдельном оборудовании, что усложняет технологический маршрут изготовления ИМС. Установки, способные автоматически производить прихватку перед началом сварки, во-первых, слишком дорогостоящи для многих производств и, во-вторых, имеют ограничения по размерам и форме обрабатываемых корпусов.

Технология изготовления пластиковых корпусов позволяет избежать большинства из описанных выше сложностей. В таких корпусах отсутствует контакт полупроводниковых структур с газовой средой, требуется меньше спаев, пластик сразу же во время заливки полностью изолирует кристаллы полупроводниковых приборов и микросхем от внешних воздействий, обеспечивая необходимую механическую прочность. Технология герметизации в пластиковые корпуса выгодно отличается небольшим количеством стадий процесса и, соответственно, минимальным числом установок в производственной цепочке, ограниченным набором конструкционных и технологических материалов, сравнительно простыми требованиями по оборудованию помещения и организации процесса.

Сам процесс заливки включает следующие шаги: тщательно рассчитанное и отмеренное количество материала предварительно нагревают и загружают в специальную камеру, предварительный нагрев материала позволяет снизить требования к давлению при операции заливки и сократить цикл формования; затем материал под давлением подается гидравлическим поршнем в заранее нагретую полость пресс-формы через канал, называемый литником<sup>2</sup> (рис 1).

Корпус изделия получается высококачественным, поскольку пресс-форма остается закрытой и пластик равномерно подается в ее формообразующую полость, в материале практически отсутствуют пустоты. Одним из ключевых преимуществ заливки является то, что различные элементы конструкции ИМС, такие как металлические выводы, полупроводниковые кристаллы, керамика и т. д., размещаются в заранее изготовленных полостях пресс-формы до того, как подается полимер. Эта особенность делает заливку простым, экономным и, при соблюдении требований технологического процесса, в высокой степени надежным методом для герметизации ИМС и электронных компонентов со всеми входящими в их конструкцию клеммами, контактами, штифтами, разъемами и другими элементами.

По сравнению с технологиями герметизации изделий в металлотеклянные и металлокерамические корпуса заливка в пластик обеспечивает:

- структурную целостность и равномерность заливки корпуса в одном цикле;
- гибкость конструкции, более жесткие допуски и возможность работы с более сложными изделиями любой формы;
- высокую производительность за счет заливки одной или нескольких групповых заготовок за один цикл;
- быструю настройку и переналадку при смене изделий;
- низкие затраты на техническое обслуживание и рабочую силу.

К параметрам процесса заливки в пластик, в значительной степени определяющим качество герметизации, относятся: температура, скорость и давление за-

<sup>2</sup> <https://www.efunda.com>

ливки, время предварительного нагрева пресс-формы и подложек или выводных рамок, время полимеризации применяемого пластика, время охлаждения в пресс-форме. Должны строго контролироваться такие составляющие процесса, как: снижение давления прессования – для исключения деформации межсоединений; и температура пресс-формы – для исключения внутренних пустот, вздутий и раковин.

При заливке в пластик могут возникнуть следующие дефекты:

- коробление или скручивание выводных рамок, обрыв межсоединений в результате движения формовочного материала относительно подложки, кристалла;
- недолив при малых расстояниях между кристаллом и границами подложки или выводной рамки;
- пустоты, которые могут вызвать разницу плотности компаунда и повлиять на качество герметизации.

Безусловно, снижение или полное предотвращение вероятности появления этих дефектов в высокой степени зависит от физико-механических свойств выбранного материала – его плотности, вязкости, коэффициента температурного расширения (КТР), адгезии к выводным рамкам и др.; также оно зависит от качества пресс-формы. Не менее важна способность оборудования реализовать с необходимой точностью все технологические режимы, необходимые для обеспечения стабильного выпуска изделий любой сложности из состава продуктовой линейки предприятия, из всех применяемых для этого материалов.

Итак, одним из важнейших элементов обеспечения высокого качества изделий в пластиковых корпусах является пресс-форма – «недоливы», вздутия и пустоты в корпусах ИМС напрямую зависят от совершенства и точности ее конструкции: величины газоотводных каналов, плоскостности и т. д. Для серийного производства изделий микроэлектроники целесообразно применять сложные многогнездные пресс-формы с общей загрузочной камерой, так как индивидуальные загрузочные камеры, особенно с учетом тенденции дальнейшего уменьшения габаритов ИМС, должны иметь столь малые размеры, что их использование становится рискованным с точки зрения прочности, необходимой для работы с нагрузками при прессовании. Многогнездные пресс-формы применяются для серийного производства изделий практически любой сложности, выход годной продукции напрямую зависит от точности их изготовления.

При отработке процесса заливки в пластик расчет усилия прессования производится только исходя из заранее известной постоянной величины – площади проекции изделий на плоскость разъема пресс-формы. Это выгодно отличает технологию заливки, например, от прямого прессования, когда материал кладут

сверху на пресс-форму и после разогрева последней запрессовывают в нее. При этом на разъеме пресс-формы остается облой, на преодоление сопротивления которого расходуется часть усилия прессования. Поскольку распределение массива облоя по плоскости разъема невозможно предсказать заранее, процесс становится нестабильным и требует регулировки, что не только усложняет работу оператора установки, но и отрицательно влияет на качество формовки корпусов изделий. В процессе заливки излишки материала не имеют возможности попасть на поверхность состыкованного разъема пресс-формы, они вместе с воздухом удаляются через специальные отверстия в ней. Таким образом, расчетное усилие прессования всегда встречает одинаковое сопротивление, чем обеспечивается высокая повторяемость процесса.

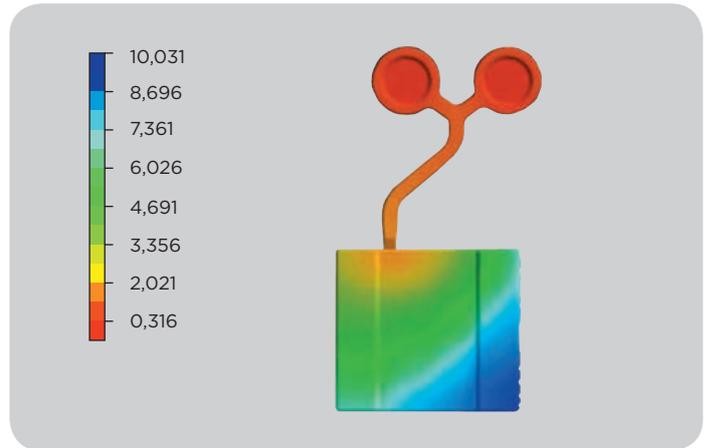
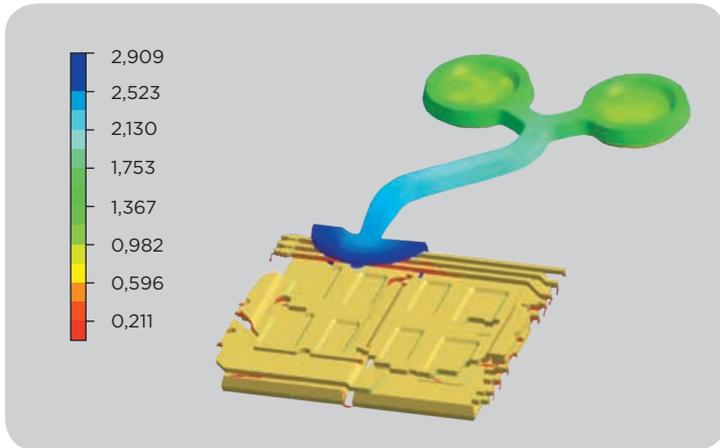
Проектирование и изготовление пресс-форм является одним из самых важных этапов подготовки производства нового изделия. Разрабатывая пресс-форму, необходимо учитывать многочисленные нюансы процесса заливки, в каждом конкретном случае определяемые габаритами изделия, размерами и расположением выводов, толщиной компаунда под кристаллом, высотой проволочных петель, требованиями к температурным режимам и т. д. Достижению высокого качества пресс-формы способствует такой инструмент, как динамическое моделирование процесса заливки (рис 2).

Сегодня уже стало обычной практикой проектирование не на бумажном носителе, а на компьютере с построением 3D-модели, которая служит также объектом при проведении динамического моделирования. Поскольку в дальнейшем модель становится основой для выпуска конструкторской и технологической документации, то на определенном этапе разработки она должна приобрести полное конструктивное сходство с объектом моделирования.

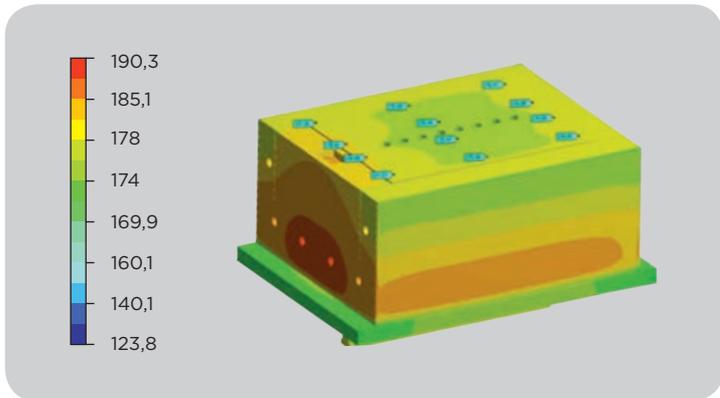
Детали, из которых состоит пресс-форма, делятся на две группы. Первая группа – детали технического назначения, которые контактируют с полимерным материалом и формируют изделия; к этой группе относятся поршни, матрицы и литниковые каналы. Вторую группу составляют элементы конструктивного назначения, функция которых – обеспечение работы деталей технического назначения. Эти элементы – ручки форм для их монтажа/демонтажа, фиксаторы, толкатели, направляющие фланцы, втулки, опорные планки, системы подогрева и охлаждения – должны гарантировать взаимную фиксацию деталей пресс-формы в определенном положении, ее открытие и закрытие, а также связь и точность смыкания с прессом установки для литья. Все эти детали должны быть точно повторены в 3D-модели, на которой будет проводиться динамическое моделирование.

Собственно, моделирование представляет собой процесс математической имитации физических

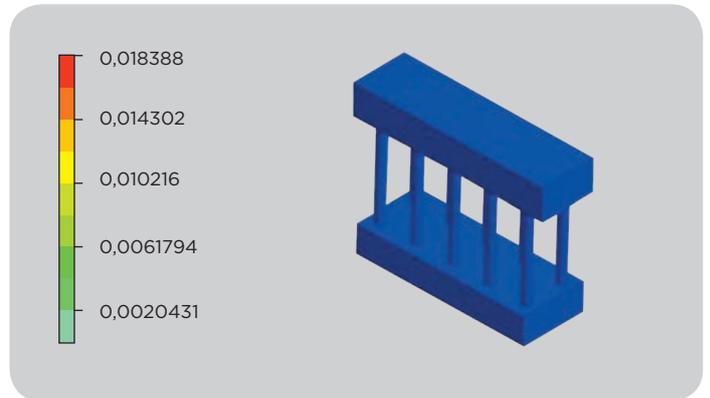
Моделирование скорости потока материала



Имитация температурных условий



Баланс усилия прижима

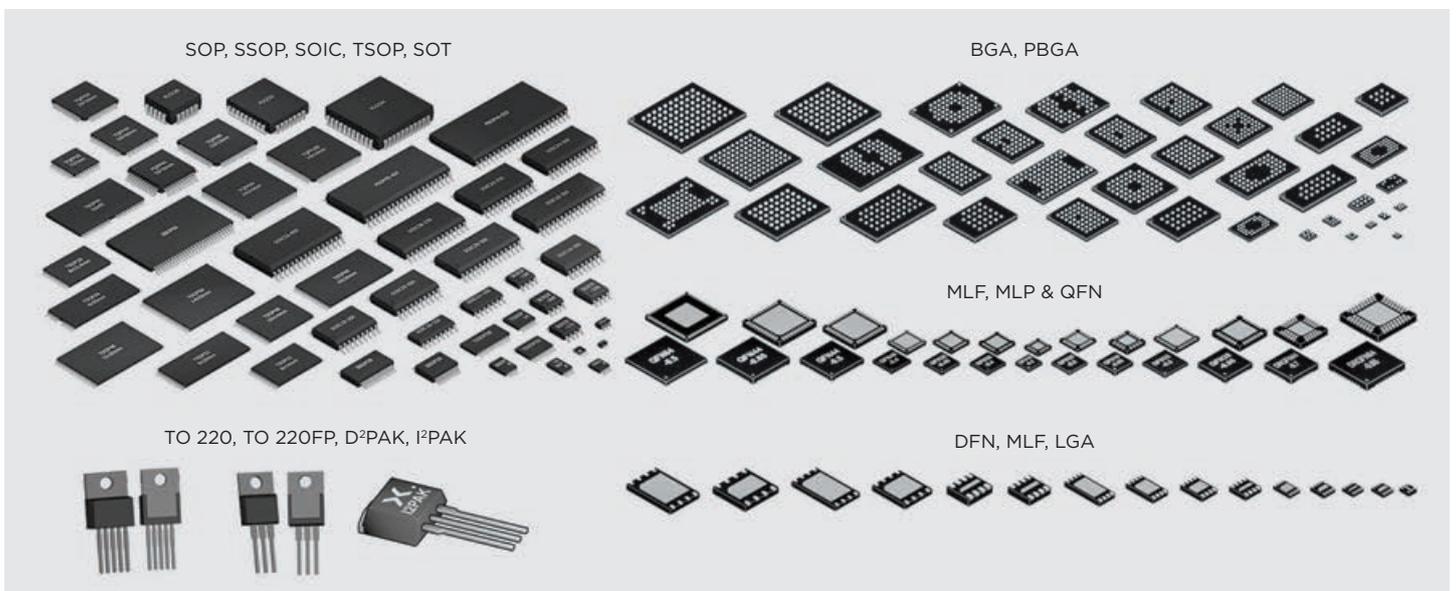


2

Примеры динамического моделирования процесса заливки

процессов, происходящих в пресс-форме. В его ходе подбираются параметры прессования, если необходимо – вносятся изменения в конструкцию, то есть корректируется 3D-модель. По достижении нужного результата изготавливается образец пресс-формы, на нем создается опытная

партия изделий; в случае выявления неточностей или дефектов разработчик предлагает изменения в конструкции пресс-формы, которые, в первую очередь, воплощаются в 3D-модели и проверяются в новом цикле динамического моделирования.



3

Примеры микросхем и изделий в пластиковых корпусах

С помощью динамического моделирования удается добиться равномерного распределения температуры в пресс-форме, заданной скорости потока материала при давлении подающего поршня, что обеспечивает высокую повторяемость процесса заливки. Очень важно определение оптимальной границы снижения давления подающего поршня для обеспечения однородности внутренней структуры полимеризованного материала во всех корпусах в многогнездной пресс-форме, от чего первоочередно зависит влагонепроницаемость изделий в процессе эксплуатации.

Разработка пресс-формы является критически важным этапом подготовки технического процесса заливки в пластик отдельного изделия. Подбор комплекта оборудования, образующего технологическую линию сборки ИМС в пластмассовых корпусах, важен для производства в целом. Специалисты компании «Остек-ЭК» обладают опытом внедрения в производство на ряде предприятий России и СНГ оборудования для сборки и заливки в пластик ИМС, дискретных элементов, элементов силовой электроники, сенсоров, изделий автомобильной электроники, транзисторных пар, диодов, биполярных транзисторов малой и средней мощности в корпусах КТ -1, КТ-27, КТ-46 (ТО-126), ТО-220, QFP-100, SOT-23, SOT-25 D<sup>2</sup>ПАК, I<sup>2</sup>ПАК, SOP, SOIC, QFN, BGA и т.д. (рис 3).

Технологическим партнером «Остек-ЭК» при решении задач, связанных с модернизацией или организацией на производстве заказчика линий сборки и герметизации из-



4 Производственные площади компании HANMI Semiconductor

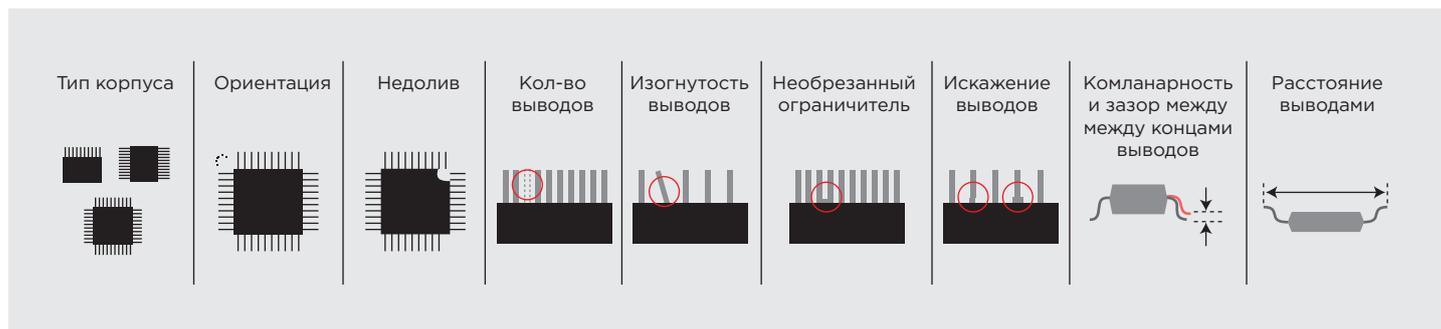
делий в пластик, является компания HANMI Semiconductor<sup>3</sup> (далее HANMI), которая на протяжении 40 лет производит полуавтоматическое и полностью автоматическое оборудование для герметизации различных изделий в пластик, а также оборудование для обрубки и формовки выводов, 2D- и 3D-инспекции. Компания HANMI располагается в Южной Корее, в ее распоряжении имеются четыре фабрики по серийному производству оборудования и пять собственных НИОКР центров, занимающихся разработками и патентованием уникальных конструктивных решений, различных вспомогательных систем и специализированного программного обеспечения, суммарная площадь, на которой располагается компания, составляет более 40 465 м<sup>2</sup> (рис 4).

Компания «Остек-ЭК» готова предложить заказчику высокотехнологичные передовые решения в области оборудования для промышленных линий сборки от монтажа кристаллов до выходного контроля. В составе линейки серийного оборудования для сборки и заливки изделий в пластик, показанной на рис 5, представлены

<sup>3</sup> <http://www.hanmisemi.com>



5 Линия оборудования для сборки и заливки в пластик изделий микроэлектроники



6

Некоторые дефекты, выявляемые автоматической оптической инспекцией

как полуавтоматические, так и полностью автоматические модели установок. Это оборудование обладает гибкостью, необходимой для многономенклатурного серийного производства, и обеспечивает высокую производительность за счет запатентованных решений, ускоряющих перенастройку с одного типа изделия на другой.

Полуавтоматическая система HANMI Mold Press-120B предоставляет все возможности для настройки режимов герметизации и корпусирования изделий в пластик, гибкость конструкции позволяет создавать конфигурацию под различные задачи. Система хорошо подходит российскому рынку с небольшими сериями, но широкой номенклатурой при ограниченных бюджетах. Она включает следующие элементы:

- универсальная станция прессования, развивающая усилие до 120 тонн;
- система контроля и регулировки, позволяющая с высокой точностью поддерживать заданный профиль температуры в пресс-форме, гарантируя однородность ее поля в формообразующей полости;
- устройство отчистки пресс-форм;
- вакуумный насос для литья вакуумным всасыванием.

Для серийного производства изделий с применением технологий прессования и заливки в пластик компания HANMI предлагает ряд моделей установок старшей серии AUTOMOLD, среди преимуществ которой:

- объединение процессов заливки в пластик, маркировки, обрубки и формовки выводов, резки или вырубки изделий с выводных рамок, а также технических средств выходного контроля;
- удобный и понятный интерфейс системы управления;
- прецизионный контроль скорости рабочего хода поршней;
- статистический контроль производства в режиме реального времени;
- автоматическая оптическая инспекция, сортировка и отбраковка изделий (рис 6);

- простота модернизации и перенастройки, обеспечивающая малое время простоя.

В заключение отметим, что уменьшение проектной нормы в производстве полупроводниковых кристаллов повысило их уязвимость к воздействию влаги и различного рода загрязнений во внутреннем объеме микросхем. Тем не менее, рынком предлагаются современные прессматериалы, удовлетворяющие по надежности требованиям военного стандарта, благодаря чему ряд ИМС в пластиковых корпусах, например, схемы флэш-памяти, ЦАП, АЦП, DC-DC преобразователей, силовые транзисторы и различные диоды находят применение в специальной и другой аппаратуре, работающей в условиях неблагоприятной внешней среды. В целом объемы производства интегральных схем и полупроводниковых приборов в пластмассовых корпусах постоянно растут. С одной стороны, это объясняется низкой стоимостью полимерных прессматериалов, с другой – целым рядом преимуществ изготавливаемых с их использованием компонентов. Микросхемы в пластиковых корпусах могут иметь разнообразные формы и размеры, при этом они обладают малой массой и достаточной стойкостью к механическим воздействиям. Сама же технология заливки в пластик открывает широкие возможности для автоматизации технологических процессов сборки.

**Компания «Остек-ЭК» входит в Группу компаний Остек, которая работает уже почти 30 лет на российском рынке технологий и оборудования для производства микроэлектроники прежде всего за счет глубокого понимания потребностей как производителей микросхем и электронных компонентов, так и конечных пользователей этих изделий. Ключевой компетенцией компании стали ее комплексные решения, которые включают оборудование для полупроводникового производства и процессов сборки. Опыт специалистов компании и системный подход к решению технических и технологических проблем производства гарантирует заказчику высокое качество выпускаемой продукции.**

# 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

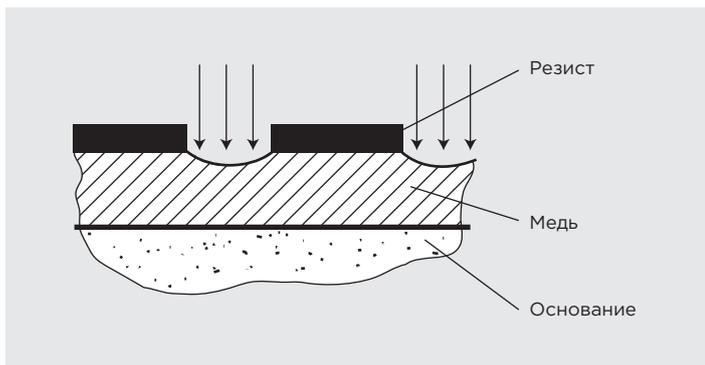
# УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ТРАВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Текст: Аркадий Медведев, Аркадий Сержантов

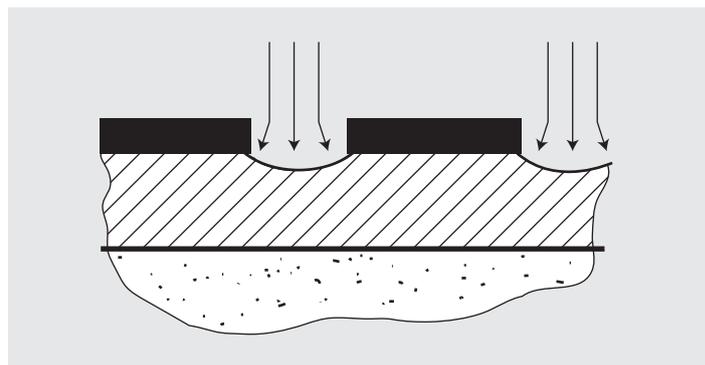


Травление меди для формирования рисунка проводников является одной из основных операций в производстве печатных плат. Потому они и «печатные», что процесс травления – завершающая операция фотолитографического процесса формирования рисунка печатной схемы. Ужесточающиеся требования к прецизионности рисунка схем с уменьшением ширины проводников и зазоров до 25...50 мкм<sup>1</sup> обуславливают актуальность попыток совершенствования технологий травления. В статье представлена технология воспроизведения прецизионного рисунка проводников печатных плат с применением системы управления составом медноаммиачного травильного раствора и оборудования с фронтальным напором струй раствора и вакуумным отсосом луж раствора.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции



1 Начало процесса травления



2 Наблюдается подтрав боковых сторон печатного проводника под резистом

Для управления процессом линия травления содержит блок перманентного экстракционного извлечения избытка меди из травильного раствора, чтобы поддерживать его состав на границе «травление/отсутствие травления» («на грани фола»). Фронтальный напор струй в сочетании с граничными условиями травления создают условия растворения металла только на дне зазора между проводниками. В этом случае боковые стенки зазора почти не подвергаются растворению, что обеспечивает минимальный боковой подтрав проводников схемы при относительно большой толщине вытравливаемого металла (меди фольги и гальваники). Кроме условий получения прецизионного рисунка проводников печатной схемы предлагаемая технология создает условия для снижения экологической нагрузки на сооружения очистки промышленных стоков вод.

В производстве печатных плат перепробовано много составов травильных растворов в сочетании с резистами, создающими избирательность растворения металлов<sup>2, 3</sup>. Все они основаны на окислении вытравливаемых металлов и последующем растворении их окислов. Если в качестве травящих растворов используются вещества с переменной валентностью, как например, медь или железо, персульфаты процесс окисления и растворения окислов осуществляется в одном цикле. В итоге в производстве печатных плат установилось использование кислых растворов на основе хлорной меди в сочетании с органическими резистами и щелочные растворы на основе аммиачного комплекса хлорной или серноокислой меди в сочетании с металлорезистами на основе олова (олово, олово-никель, олово-свинец)<sup>4, 5</sup>.

Все существующие процессы травления рисунка проводников печатных плат относятся к изотропным процессам, т.е. они растворяют металл во всех направлениях оди-

наково. В процессе травления проводников схемы кроме вертикального травления, т.е. травления по глубине зазора, происходит также и горизонтальное травление, так называемый боковой подтрав. Всегда желательно уменьшить боковое подтравливание, чтобы добиться прямоугольной формы сечения вытравленного проводника.

Процессы травления могут быть погружными и струйными.

Основное преимущество погружного травления – это равные условия травления для двух сторон заготовки. По всей заготовке наблюдается одинаковый боковой подтрав, и скорость травления примерно одинаковая при условии перемешивания раствора или возвратно-поступательного перемещения заготовки в растворе. Но и при этом обмен раствора на поверхности заготовки минимальный, а боковой подтрав получается большим, так как процесс травления как в ширину, так и в глубину идет с одинаковой скоростью. Такие условия травления при изготовлении прецизионных печатных плат не устраивают современное производство из-за повышенного бокового подтравливания. Задача конструктора и технолога при проектировании оборудования для травления печатных плат добиться наибольшей скорости травления в глубину, а не в сторону под металлорезист или органический резист (фоторезист).

Струйный метод травления является наиболее эффективным как по скорости процесса, так и по снижению величины бокового подтравливания. Струйное травление обычно осуществляется в конвейерных установках, в которых на заготовки печатных плат, перемещаемых по транспортеру, сверху и снизу подаются струи травильного раствора.

Рассмотрим этапы травления рисунка, локально защищенного резистом.

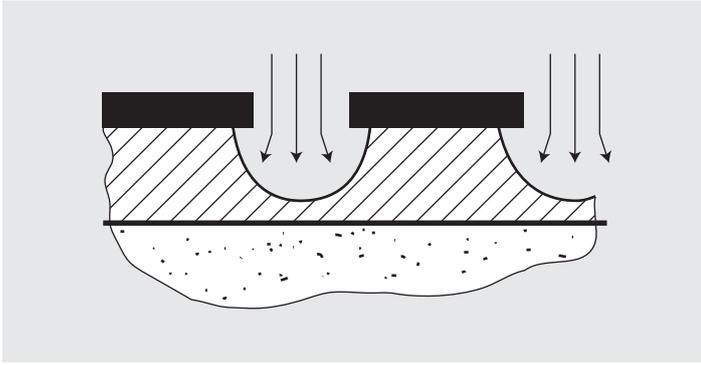
Начало процесса травления (рис 1): поверхность меди покрыта рисунком из защитного резиста. Здесь травящая среда омывает, травит и удаляет те участки меди, которые не защищены резистом. Промежуточные этапы, показанные на рис 2 и 3, демонстрируют дальнейший ход этого процесса.

<sup>2</sup> Clyde F. Coombs Printed Circuits Handbook McGraw-Hill Professional, 2007

<sup>3</sup> Печатные платы: Справочник / Под ред. К. Ф. Кумбза. Перевод с англ. М.: Техносфера, 2011

<sup>4</sup> Jump up to: Charles A. Harper, Electronic materials and processes handbook, McGraw-Hill, 2003

<sup>5</sup> «The Rise of High Density Interconnect PCBs – HDI PCBs».



3  
Продолжение травления медной поверхности и боковых сторон (ребер) печатного проводника

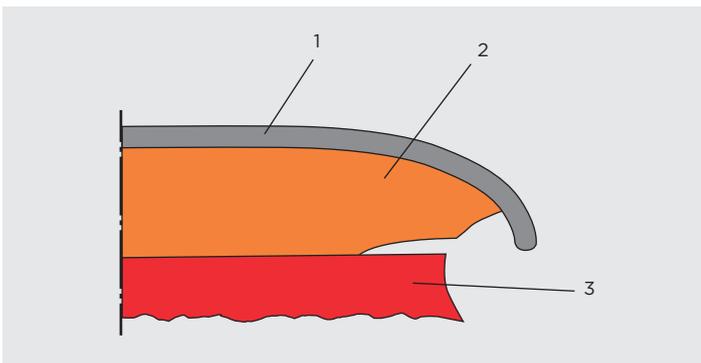
Следующий этап (рис 4): медь здесь уже полностью удалена до поверхности базового материала. Но чтобы уверенно гарантировать разделение смежных печатных проводников, а также исключить ситуации, когда остатки меди в зазоре локально уменьшают расстояние между печатными проводниками, процесс травления продолжается.

Если в качестве защитного резиста используется металлорезист, за счет контактной разницы в электрохимическом потенциале меди и металлорезиста (олова) медь удаляется главным образом из-под резиста, и здесь в наибольшей степени проявляется эффект бокового подтравивания в сочетании с нависанием металлорезиста на кромках проводников.

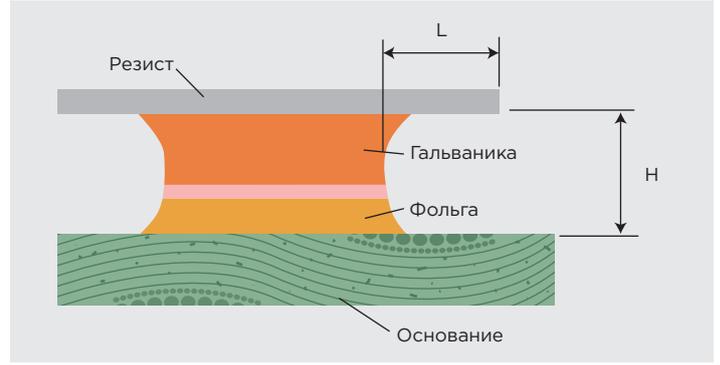
Для оценки качества травления используется такое понятие как фактор травления. Этот параметр отражает отношение толщины протравленного медного проводника к максимальной величине бокового подтравивания по одной стороне (рис 5).

$$F = H / L,$$

где  $F$  – фактор травления (или коэффициент бокового подтравивания),  
 $H$  – толщина меди,  
 $L$  – боковой подтрав.



5  
Эффект электрохимического подтравивания: 1 – металлорезист (олово), 2 – гальваническое наращивание, 3 – медная фольга



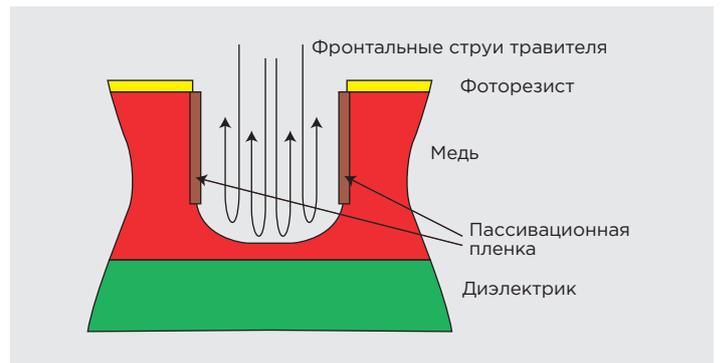
4  
Результат изотропного травления меди. Наблюдается боковой подтравивание L печатного проводника

Обычно фактор травления для травильных машин струйного типа  $F = 2 - 2,5$ .

Чем больше фактор травления, тем меньше боковой подтравивания, и тем более тонкие проводники можно воспроизводить. Задача технологов – уменьшить величину бокового подтравивания проводников и за счет этого улучшить разрешающую способность литографии рисунка печатных плат. Для этого нужно создать условия для поддержания травящих свойств раствора «на грани фолы», т.е. в состоянии, когда раствор активен только в местах удара струй о травящуюся поверхность. Эти условия реализованы в конструкции травильной машины, в которой форсунки распыляют травящий раствор строго перпендикулярно травящей поверхности (рис 6).

Для управления процессом необходимо создать аппендикс к блоку травления, удаляющий излишки меди из травящего раствора по мере её растворения (насыщения раствора медью).

Пограничные режимы травления обеспечиваются поддержанием состава раствора с постоянным содержанием меди меньше 70 г/л, но не ниже 65 г/л при  $pH = 7,8 - 8$ . Обычно при поддержании такого состава происходит первоначальное растворение меди, затем его быстрый останов за счет пассивации медной поверхности. При значительном повышении давления на фор-



6  
Схема движения струй травящего раствора в системе Frezer Style + СЭМАР

сунках, мощная струя свежего травильного раствора постоянно активирует медную поверхность, и пассивация медной поверхности не успевает образоваться. Таким образом, травление меди в глубину будет происходить непрерывно, а боковые поверхности, не подвергаясь мощному давлению струй раствора, пассивируются и не травятся. Таким образом, происходит уменьшение бокового подтравливания, что приводит к улучшению фактора травления<sup>6</sup>.

Управление процессом травления в описываемой системе состоит в жестком поддержании состава раствора, pH, концентрации меди и температуры раствора. Кроме того, для уменьшения величины бокового подтрав по предлагаемой методике нужно значительно увеличить напор струй травящего раствора.

В процесс прецизионного травления вмешивается еще один существенный фактор – на верхней поверхности заготовки образуются лужи, мешающие обмену раствором. Из-за этого создаются неравные условия травления на верхней и нижней поверхности заготовки платы. Снизу заготовки травильный раствор постоянно обновляется за счет гравитации, он легко отделяется от поверхности и падает вниз. А на верхней поверхности заготовки платы неизбежно собирается лужа и, чем выше расход травильного раствора, тем больше ее собирается в центре заготовки. На краях раствор будет накапливаться в меньшей степени, и здесь условия для обмена раствора будут лучше. В центре заготовки обмен раствора затруднен, а образующаяся лужа раствора создает условия изотропности процесса травления, т.е. будут неизбежно созданы условия для усиленного бокового подтравливания.

Таким образом, процессы травления на верхней и нижней поверхностях заготовки сильно отличаются. Чем больше площадь заготовки, тем сильнее будет проявляться эта разница.

Для устранения данного негативного эффекта и достижения равномерности травления используется вакуумный отсос травильного раствора с верхней поверхности заготовки. Вакуумные отсосы встраиваются в приводные ролики на конвейере и называются гидродинамическими. За счет этих вакуумных отсосов застой травильного раствора полностью удаляется, а новые порции из форсунок каждый раз бьют по обнаженной поверхности заготовки. Таким образом создаются абсолютно одинаковые скорости травления как снизу, так и сверху заготовки.

Повышенный напор струй достигается за счет применения мощных насосов (5 кВт) и уменьшения расстояния от форсунки до поверхности платы. В результате энергия и давление струи травильного раствора в контакте с поверхностью заготовки печатной платы увеличивается. При проведении проектных работ на

специальном испытательном стенде было выбрано оптимальное расстояние от форсунки до медной поверхности с учетом угла распыления форсунки так, чтобы соседние струи пересекались не более чем на 15-20 %. Увеличение мощности насосов, увеличение давления подачи раствора при относительно малой активности травильного раствора («на грани фола») позволили достигнуть нормальной скорости травления и подавить боковой подтрав.

Управление составом раствора обеспечивается применением новой системы регенерации. Принцип работы этой системы основан на органической экстракции меди из медно-аммиачного комплекса с помощью органического экстрагента, который после разрушения медно-аммиачного комплекса насыщается ионами меди. Для этого применяется экстрагент, серийно выпускаемый для промышленной добычи меди. Он является крупнотоннажным продуктом, и его стоимость не сильно сказывается на себестоимости процесса регенерации меди.

В дальнейшем происходит разрушение насыщенного медью экстрагента раствором серной кислоты. В этом процессе ионы меди переходят в раствор серной кислоты. По мере накопления меди в растворе электролит подвергается электрохимической регенерации, где медь в виде особо чистой меди высаживается на катодах. Экстракция меди из рабочего травильного раствора и стадия извлечения меди из экстракта разделены. Поэтому процесс электрохимического восстановления меди никак не влияет на скорость травления. Применение специальных высокоточных датчиков измерения плотности раствора травления позволяет с точностью  $\pm 2$  г/л поддерживать содержание меди в травильном растворе.

Описываемый процесс регенерации значительно отличается от традиционных процессов, применяемых при производстве печатных плат. В традиционном процессе регенерация меди происходит порционно в гальванической ванне. Этот процесс ступенчатый, он не может быть непрерывным. Периодический отбор травильного раствора для регенерации и добавление свежего раствора меняют концентрацию меди в травильной машине, а значит меняется активность раствора в ходе травления. Чтобы выровнять процесс, необходимо использовать дополнительные буферные емкости на входе и выходе регенерируемого раствора. Но применение такого приема ведет к отсутствию условий управляемости процессом травления, удорожанию оборудования и неудобствам в эксплуатации.

Главное достоинство описываемого комплекса прецизионного травления – управляемость процессом и простота эксплуатации. Запуск процессов травления и регенерации происходит с одной кнопки. Все режимы устанавливаются автоматически. Оператору до начала работы необходимо только ввести в интерфейс машины толщину вытравливаемого металла. Установка автоматически выставит оптимальные режимы для получения прецизионного рисунка.

<sup>6</sup> Медведев А.М. Печатные платы. Процессы травления рисунка// Технологии в электронной промышленности. 2013. № 8



7  
Установка прецизионного травления типа Frezer Style



8  
Установка регенерации травильного раствора типа «СЭМАР»

При работе установки каждый квадратный метр печатной платы уносит около 200 мл раствора и меняет его pH. В предлагаемой системе коррекция травильного раствора для поддержания pH происходит автоматически водным раствором аммиака непосредственно при травлении. Газообразный аммиак не используется, т.к. является взрывоопасным газом. Для предотвращения уноса испаряющегося аммиака установка травления имеет герметичную конструкцию. Вытяжная вентиляция подключена через автоматический клапан для автоматического поддержания pH.

В процессе работы установки предусмотрено не только управление составом травильного раствора, но и регенерация аммиачной промывки. В процессе аммиачной промывки происходит накопление меди в растворе, и он может превратиться в травильный раствор. Чтобы предотвратить этот эффект содержание меди в аммиачной промывке поддерживается не более 6 г/л.



9  
Ролики конвейера с встроенными элементами вакуумного отсоса раствора

Так как скорость травления поддерживается всегда постоянной, можно применять автоматические погрузчики-разгрузчики, т. е. управление процессом травления происходит практически без участия персонала.

Таким образом спроектирована и предлагается серия установок анизотропного травления рисунка печатных плат с активированной вертикальной составляющей, названной Frezer Style (рис 7). Они обеспечивают полную управляемость процессом, простоту обслуживания и имеют оригинальный дизайн. Эксплуатация в условиях реального производства показала, что Frezer Style идеально подходит для травления узких зазоров и формирования проводников с минимальным размером и допуском по ширине. Применение динамической системы контроля и поддержания плотности и состава раствора травления в комплекте с экстракционной системой извлечения излишней меди из состава медноаммиачного травильного раствора, названной «СЭМАР» (рис 8), позволяют достичь минимального бокового подтравки проводников при сохранении производительности линии за счет увеличения вертикальной составляющей обработки при пограничных режимах травления.

Конструкция динамических прижимных валов с вакуумным отсосом раствора дает возможность быстро удалять травильный раствор («лужи») с поверхности обрабатываемой заготовки (рис 9), обеспечивая тем самым лучшие результаты при большой толщине фольги (фактор травления до 5).

Управление установкой серии Frezer Style осуществляет PLC-контроллер с сенсорным экраном, на котором выполняются все настройки, например, выставляется толщина медной фольги и отслеживается состояние всех элементов установки и режимов травления. Вывод установки на рабочий режим производится автоматически. Все подключения – вода для промывки, вода для охлаждения, слив промывных вод, слив раствора – осуществляются в одной зоне доступа.

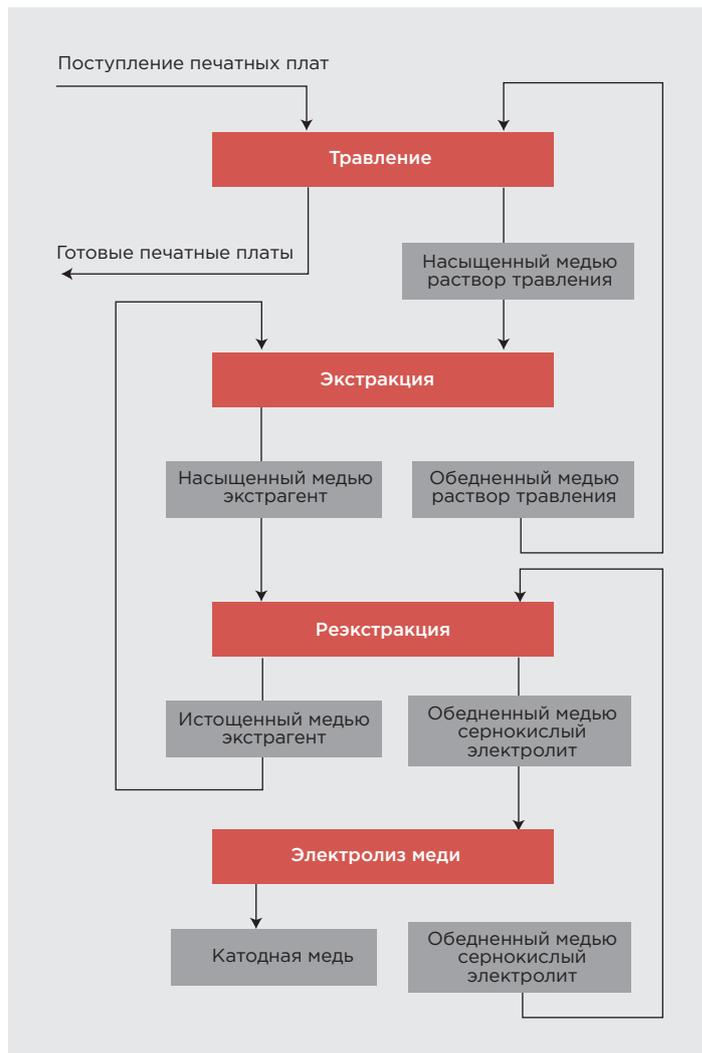
Для удобства и технологичности использования в установках серии Frezer Style предусмотрены:



1 0

Эффект электрохимического подтравливания: 1 – металлорезист (олово), 2 – гальваническое наращивание, 3 – медная фольга

- Независимая регулировка давления по рядам форсунок (рис 1 0).
- Предотвращение разворотов заготовок: положение на выходном конвейере соответствует входному.
- Форсунки с байонетным креплением, обеспечивающие быстроту их демонтажа/монтажа при профилактических работах. Коллекторы обслуживаются без разбора установки.
- Система датчиков для измерения площади обрабатываемой заготовки и управления режимом экономии воды и электроэнергии.
- Возможность обработки тонких заготовок и заготовок малого размера благодаря конструкции конвейера: ролики на смежных валах взаимно смещены, что позволяет обеспечить минимально возможное расстояние между валами.
- Автоматическая система контроля и поддержания pH. Автоматическая система дозирования корректирующего раствора.
- Система поддержания температуры в рабочих камерах.
- Насосы повышенной мощности в комплекте со щелевыми и специальными форсунками, обеспечивающие наиболее подходящую для данного процесса струю раствора.
- Двойные прозрачные крышки из минерального стекла с датчиком открытия.
- Многоступенчатая система фильтрации, обеспечивающая чистоту форсунок в процессе эксплуатации и способствующая равномерности процесса травления.
- Все баки снабжены системой контроля уровня раствора, связанной с системой управления, для обеспечения надежной работы насосов. Все баки имеют окна для визуального контроля уровня раствора.
- Автоматическая система управления клапаном вытяжки и система улавливания паров для уменьшения уноса аммиака в вытяжную вентиляцию.
- Модуль горячей сушки.



1 1

Схема работы установки СЭМАР

Установка СЭМАР обеспечивает регенерацию раствора медно-аммиачного травления печатных плат и аммиачной промывки. Система состоит из двух основных модулей: экстракционного и электролизного. Схема работы установки приведена на рис 1 1.

Установка СЭМАР предназначена для:

- Поддержания постоянства состава медно-аммиачного травильного раствора.
- Автоматической регенерации с извлечением металлической меди из травильного раствора.
- Автоматической регенерации с извлечения меди из раствора аммиачной промывки.
- Демпфирования колебаний концентрации меди при импульсной загрузке травильной машины с большим количеством стравливаемой меди в короткий промежуток времени.
- Специализированной регенерации медно-аммиачных травильных растворов с выделением чистой металлической меди в региональных центрах.

Преимущества:

- Постоянное поддержание состава травильного раствора с высокой точностью.
- Отсутствие отходов травильного раствора и аммиачной промывки.
- Предотвращение попадания ионов меди в промывные воды.
- Не требуются специальные добавки в травильный раствор.
- Особо чистая медь, получаемая в результате экстракции (99,99 %).

Экстракционный блок обеспечивает экстракцию меди из травильного раствора и аммиачной промывки с последующим переводом меди из органической фазы в водный раствор серной кислоты. Электролизный блок – электровыделение металлической меди из сернокислого электролита.

Экстракционные аппараты включаются в технологическую схему по принципу «перетракции», разработанном и опробованном ранее в РХТУ им. Д. И. Менделеева. Этот принцип подразумевает транспорт ионов меди из одного водного раствора в пространственно-отделенный от него другой водный раствор, с не смешивающимся с ними органическим экстрагентом (свободной жидкой мембраной). При этом, в отличие от классической жидкостной экстракции, органическая фаза не является накопителем ионов меди, а выступает лишь в роли переносчика, извлекая ионы из одной водной фазы и отдавая их в другую.

При щелочном травлении заготовок печатных плат у технологов возникает вопрос: а как же хлор? Он ведь будет выделяться? Однако этого не случается в силу своеобразного химизма процессов травления и регенерации, которые происходят в установках Frezer Style и СЭМАР. Как показано в статье «Пре-

цизионное травление печатных плат»<sup>7</sup>, хлор выделяться не будет, он находится всегда в связанном состоянии.

Из приведенных данных по механизму регенерации следует, что экстракционно-электрохимическая схема несмотря на многостадийность процесса обеспечивает полную регенерацию травильного раствора.

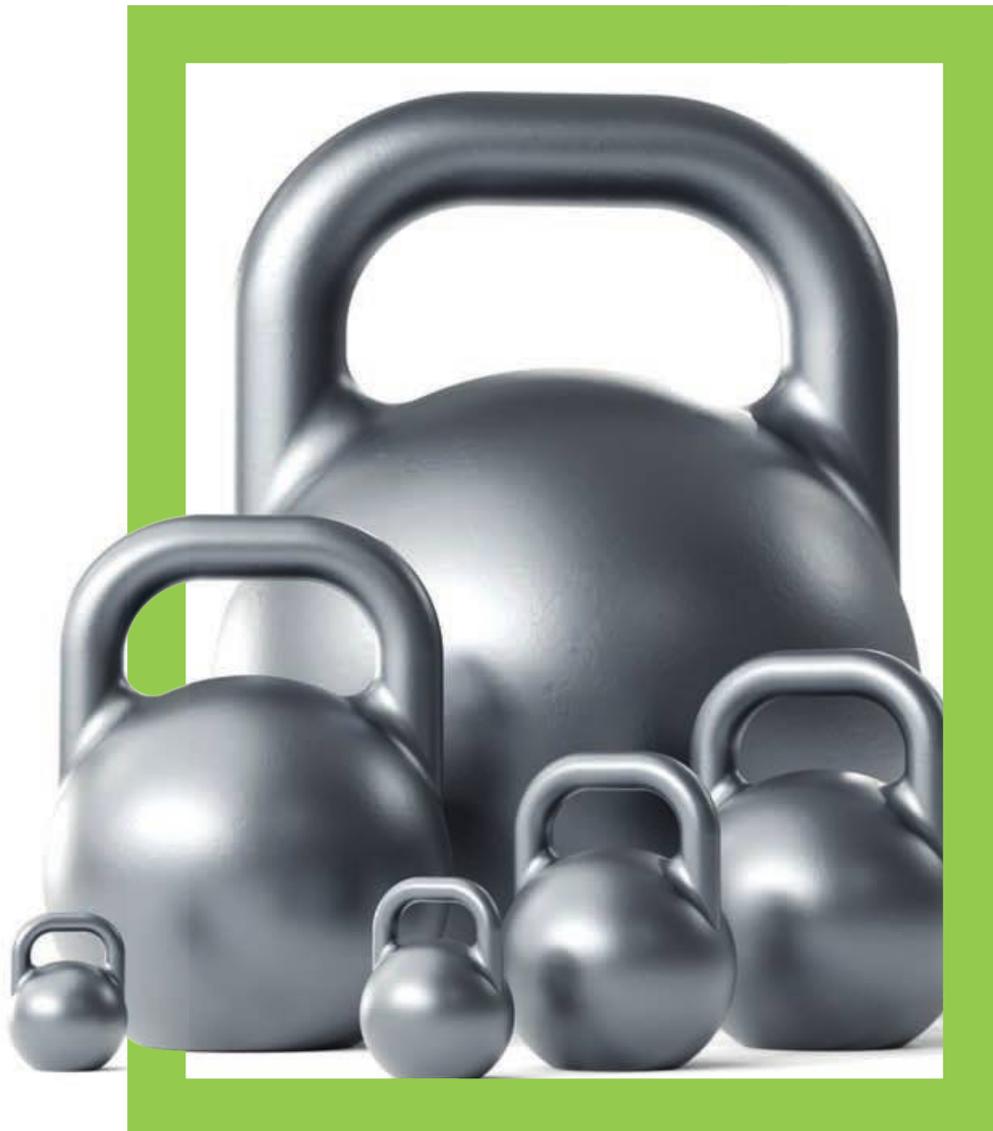
Испытания показали минимальную величину подтравки при травлении рисунка печатных плат на комплексе Frezer Style и СЭМАР (F = 5) по сравнению с аналогичным оборудованием, предлагаемым рынком. Эксплуатация комплекса подтвердила его технические характеристики:

- Производительность по меди: до 2 кг/час.
- Точность поддержания концентрации меди в растворе травления:  $\pm 2$  г/л.
- Точность поддержания значения pH раствора:  $\pm 0,1$ .
- Точность поддержания температуры в травильной машине по объему:  $\pm 1$  °C.

**Опытная эксплуатация системы прецизионного травления рисунка проводников печатных плат в реальном производстве показала полную состоятельность предложенных идей для разработки системы, обеспечивающей улучшенный фактор травления, регенерацию меди и полное автоматическое управление процессом.**

<sup>7</sup> Шкундина С. Прецизионное травление печатных плат // Производство электроники: Технологии. Оборудование. Материалы. 2011. № 6

# Нам по силам ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ ●●●



## Решения любого масштаба

Каждое предприятие имеет свои приоритетные цели, технологические задачи и уровень возможностей.

Опираясь на многолетний практический опыт и высокую квалификацию команды, мы тщательно прорабатываем каждую задачу и предлагаем действительно работающие решения под финансовые возможности и индивидуальные потребности производств.

Честно, открыто, профессионально.

[ostec-group.ru](http://ostec-group.ru) | [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru) | +7 (495) 788-44-44

## КАЧЕСТВО

# «УМНОЕ» ПРОИЗВОДСТВО ГРАЖДАНСКОЙ ПРОДУКЦИИ

ВИЗИТ НА СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО  
ОТДЕЛА ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
АО «НПП «ИСТОК» ИМ. А. И. ШОКИНА»

Текст: Юрий Ковалевский

”

АО «Научно-производственное предприятие «Исток» имени А. И. Шокина» имеет давнюю историю. Образованное в 1933 году как завод «Радиолампа», это предприятие долгое время являлось одним из ведущих в стране в области компонентов радиоэлектронных устройств и СВЧ-систем и остается таковым по сей день. Однако, следуя требованиям времени, в октябре прошлого года на предприятии был образован отдел приборостроения, ориентированный на гражданскую продукцию широкого применения. В короткие сроки на новой площадке особой экономической зоны «Исток» было организовано сборочное производство, основными продуктами которого должны стать электросчетчики и другие приборы учета. В то же время планируется, что на этом производстве будет выполняться и контрактная сборка электронных изделий для заказчиков с открытого рынка.



Одной из особенностей этого производства стало то, что применение интеллектуальных систем для оптимизации, повышения эффективности и непрерывного улучшения процессов было заложено на самой ранней стадии. Были внедрены программно-аналитические комплексы «Умная линия» и «Умное рабочее место» разработки ООО «Остек-СМТ». И хотя работы по адаптации этих систем под требования предприятия продолжаются, они уже применяются здесь в рабочем режиме.

Начальник отдела приборостроения АО «НПП «Исток» имени А. И. Шокина» Павел Владимирович Редин показал нам новую производственную площадку и рассказал о том, как организовано данное производство, как выбиралось оборудование и для чего используются на предприятии «умные» системы.

**Павел Владимирович, «Исток» – предприятие, хорошо известное преимущественно как разработчик и производитель СВЧ-изделий, прежде всего СВЧ ЭКБ специального назначения. В чем причина организации здесь сборочного производства таких изделий для гражданского рынка, как приборы учета?**

Действительно, это направление для нас совершенно новое. Как известно, Президентом РФ поставлена задача предприятиям ОПК к 2025 году обеспечить долю продукции гражданского назначения 30 %, а к 2030 году – 50 % от общего объема производства.

В то же время, в соответствии с Федеральным законом от 27 декабря 2018 года № 522-ФЗ, со следующего года «умными» электросчетчиками будут оборудоваться все новые многоквартирные дома, а с 1 января 2022 года будут устанавливаться только интеллектуальные счетчики в том числе при замене старых приборов по мере их выхода из строя, окончания срока эксплуатации либо истечении интервала между поверками.

Таким образом, организация производства интеллектуальных приборов учета электроэнергии для нас, с одной стороны, способ выполнить поставленные планы по граж-

данской диверсификации, а с другой – возможность освоить перспективное с точки зрения рынка направление.

Для решения этой задачи в октябре прошлого года на «Исток» было создано специализированное подразделение – отдел приборостроения. Мы установили линию поверхностного монтажа, линию селективной пайки, организовали рабочие места для ручного монтажа и слесарных операций, а также участки испытаний, выходного контроля, калибровки и прогона приборов учета.

Таким образом, у нас реализован полный цикл, начиная со вскрытия упаковок с печатными платами и компонентами и заканчивая упаковкой готового изделия для отгрузки заказчику.

Сейчас мы находимся в самом конце этапа запуска серийного производства. Уже была выпущена первая партия изделий объемом 4 000 шт.



Павел Редин

### Это опытная партия?

Не совсем. Опытные партии обычно выпускают для отработки новых изделий, их испытаний, а здесь мы говорим уже о «боевых» приборах, которые пойдут в эксплуатацию. Но и серийной партией это назвать еще нельзя, потому что на ней мы отработывали технологию. Наверное, это одна из особенностей гражданской продукции: нужно как можно быстрее выпускать изделия на рынок, по возможности сокращая количество этапов запуска, совмещая отдельные этапы. Так что, выражаясь языком микроэлектронщиков, эта партия – нечто вроде риск-производства<sup>1</sup>.

### С какими еще особенностями продукции для гражданского рынка, повлиявшими на организацию работы, вам пришлось столкнуться?

У гражданского сектора много отличий. Мы начали работать с ним на рубеже 2018–2019 годов. Конечно, когда работа была выстроена определенным образом, сложно быстро перестроиться. Процесс адаптации был непростым, и в определенных аспектах он продолжается и поныне.

Структура предприятия, характерная для ОПК, включает ряд служб, которые смотрят на изделия вполне определенным образом, и это вызывает некоторые сложности.

В частности, это касается сбыта, который в гражданской сфере устроен совершенно иначе, чем то, к чему привыкли предприятия ОПК. Поэтому, когда мы вплотную занялись этим направлением, впервые на предприятии был создан отдел по продажам гражданской продукции.

### Кто является разработчиком электросчетчиков, которые вы выпускаете?

Нашим первым партнером и заказчиком стала компания «Милур ИС» – совместное предприятие АО «ПКК Миландр» и АО «Росэлектроника». Новая производственная площадка изначально создавалась именно под этот проект, хотя состав оборудования достаточно универсальный, чтобы решать и другие задачи, поскольку мы развиваем и направление контрактного производства для заказчиков с открытого рынка. У нас уже есть три заказчика, для которых мы планируем запуск изделий в этом году, пробная партия одного из них уже выпущена.

То, что мы начали именно с электросчетчиков – не самых сложных на сегодняшний день изделий с технологической точки зрения, а также то, что это происходило в сотрудничестве с таким опытным разработчиком, как «ПКК Миландр», и сильным поставщиком технологий – Группой

компаний Остек, было удачей для нас. Всё это вместе позволило нам освоить необходимые сборочные технологии практически с нуля в очень короткий срок. Даже представители «Милур ИС», которые видели не одно сборочное производство, отмечали, что нам удалось сделать за несколько месяцев то, на что у многих уходит несколько лет. В частности, мы подготовили операторов буквально за полтора месяца, хотя до этого у них не было вообще никакого опыта работы с оборудованием поверхностного монтажа.

### Как выбиралось оборудование для нового сборочного производства? Какие характеристики ставились во главу угла?

Учитывая, что основной продукцией, выпускаемой на этой площадке, должны были стать электросчетчики и другие приборы учета – а это изделия, которые служат не год и не два, – было необходимо оборудование, обеспечивающее в первую очередь качество и надежность выпускаемой продукции. Вероятно, надежность наряду со стоимостью изделий станет решающим фактором при выборе поставщика электросчетчиков для реализации планов по переходу на интеллектуальный учет электроэнергии.

Безусловно, производительность тоже являлась одним из основных критериев выбора оборудования. Сейчас у нас запущена одна линия поверхностного монтажа, но уже есть планы по организации еще двух линий, и производственное помещение изначально планировалось под такое расширение. Это производство в дальнейшем должно обеспечить выпуск 1 млн изделий в год. На данный момент, как и планировалось, мы можем выпускать примерно треть этого объема.

Мы выбирали из двух поставщиков оборудования и в результате остановились на компании Остек. Немаловажную роль в этом выборе сыграла скорость поставки оборудования, а также уровень технологий. В частности, систему селективной пайки Ersaflow 4 / 55, поставляемую Остек-СМТ, мы выбрали потому, что в ней для подачи припоя применяется не крыльчатка, а электромагнитная pompa, что является намного более долговечным решением.

### С производительностью все понятно: эта величина измеряемая. А как задавались критерии качества в ТЗ на оборудование?

Нашим требованием была возможность обеспечения качества в соответствии со стандартами IPC. Кроме того, целевой уровень качества влияет на состав контрольного оборудования. Так, в нашей линии поверхностного монтажа имеются установки АИП (SPI) и АОИ, встроенные в линию, причем между АИП и принтером организована обратная связь, благодаря которой осуществляется автоматическая коррекция процесса нанесения пасты.

Также мы с самого начала поставили перед собой задачу обеспечения полной прослеживаемости процесса производства. Это важно как для восстановления истории

<sup>1</sup> Термин «риск-производство» (risk production) употребляется в различных значениях, однако обычно под этим подразумевается этап внедрения новой технологии, на котором микроэлектронная фабрика считает данную технологию достаточно отлаженной и принимает заказы на изготовление пластин на ее основе, но серийные изделия по данной технологии до этого не выпускались или выпущенных партий еще недостаточно, чтобы производитель мог гарантировать, что изготовленные изделия будут соответствовать всем заданным требованиям. В данном случае имеется в виду не наличие риска для заказчика, а то, что упомянутая партия фактически является одновременно установочной и первой серийной. – Прим. ред.



Отображение показателей эффективности использования оборудования и других производственных параметров, собранных системами «Умная линия» и «Умное рабочее место», на экране в диспетчерской

изделия, так и для корректирующих действий, если что-то пошло не так.

Остек-СМТ предложил нам решения собственной разработки – программно-аналитические комплексы «Умная линия» и «Умное рабочее место», которые позволяют не только отслеживать, когда и кем производилась определенная операция, но и собирать данные о режимах и прочих условиях ее выполнения, отображать их в удобной форме в реальном времени и формировать отчеты для анализа качества и эффективности производства.

Особенно я бы отметил именно «Умное рабочее место»: отслеживать ручные операции сложнее всего, а эта система успешно справляется с задачей. Благодаря данному решению у нас всегда есть подробная информация о выполнении таких операций. Сейчас у нас организовано 24 рабочих места, оборудованных этой системой.

Должен сказать, что наше решение внедрить «Умную линию» было связано не только с вопросами обеспечения качества. Эта система позволяет повысить производительность путем более эффективного использования оборудования. Она в реальном времени рассчитывает такой показатель, как общая эффективность оборудования (ОЕЕ). По его динамике и значениям входящих в него критериев можно оценивать загрузку линии, выявлять и устранять потери операционного времени и контролировать выход годных с первого прохода, что также позволяет увеличивать общую производительность за счет снижения объема работ по устранению дефектов.

Вся информация с интеллектуальных систем у нас передается в платформу промышленного Интернета вещей IoT.ISTOK, которая осуществляет непрерывный мониторинг производственного, технологического и инженерного оборудования всего предприятия. «Умная линия» и «Умное рабочее место» передают в IoT.ISTOK показатель ОЕЕ и значения составляющих его критериев: доступности, производительности и качества, а также другие данные, например состояние каждой установки, причины простоев, время цикла, температуру в различных зонах печи и т. д.

Если технологические режимы выходят за пределы допустимых значений, система выдает сигнал тревоги. Отображение собранной информации производится в диспетчерской, где имеется большой экран. Также в IoT.ISTOK у нас построена 3D-модель инженерных систем предприятия, на основе которой мы обеспечиваем мониторинг таких параметров, как температура, влажность, запыленность, различные характеристики технологических газов и жидкостей и проч.

Оптимизация процессов и повышение эффективности использования оборудования также способствуют снижению себестоимости продукции. Современная электронная промышленность устроена так, что изделия должны становиться всё дешевле, и такие инструменты как «Умная линия» и «Умное рабочее место» в этом очень помогают. Кроме того, они позволяют следить за процессами при больших объемах выпуска, не раздувая штат сотрудников, контролирующих эти процессы. А это значит, что мы сможем увеличивать объем выпуска и, как следствие, объем продаж, при этом поддерживая необходимый уровень качества продукции и сокращая затраты.

### Почему такое большое количество рабочих мест для ручных операций? Линия селективной пайки не справляется с монтажом в отверстия?

Не совсем так. Конечно, в таких изделиях как приборы учета относительно много компонентов, монтируемых в отверстия. У различных разработчиков их доля разная, но можно сказать, что на собираемых нами изделиях она составляет в среднем порядка 30 %. Их большинство монтируется на линии селективной пайки. Однако полностью ручные операции исключить не удастся: это и монтаж проводных соединений, и, при необходимости, мелкий ремонт.

Но 24 рабочих места, которые я упомянул, – это не только электромонтаж. Сначала мы планировали установить «Умное рабочее место» только на электро-монтажные операции, но, познакомившись с системой



Отображение информации для выполнения операций на дисплеях системы «Умное рабочее место»

поближе и оценив ее возможности, решили оборудовать ею и слесарные операции для реализации сквозного контроля.

Плюс «Умное рабочее место» – очень удобный инструмент для того, чтобы в более наглядной для исполнителя форме доносить до него информацию об операции, которую ему необходимо выполнить. Каждый шаг, который требуется сделать в рамках производственного процесса, отображается на экране, причем исполнитель видит, какие действия уже выполнены, а какие еще предстоит выполнить. Таким образом, он имеет перед собой своего рода чек-лист, в котором помечает то, что сделал.

Также к каждой операции можно добавить дополнительную информацию, описать ее особенности, проиллюстрировать с помощью операционных эскизов и фотографий. В результате информация доносится до всех исполнителей без задержек, и не возникает проблем, связанных с изменениями в изделиях или техпроцессе, о которых исполнители без такой системы могли бы оказаться вовремя не проинформированы.

**Как в эту картину вписывается селективная пайка? Ведь она в некотором смысле занимает промежуточное положение между автоматической линией поверхностного монтажа и ручным монтажом.**

Пока селективная пайка выпадает из этой картины. Сейчас прослеживаемость обеспечена по всем операциям, кроме этой. Но в скором времени мы планируем установить дополнительный компьютер и сканеры штрихкодов, чтобы этот пробел устранить.

Когда селективная пайка будет подключена к системе «Умная линия», у нас будет всё необходимое для формирования электронного паспорта изделия – важного и удобного документа для подтверждения качества продукции, полностью лишённого воздействия человеческого фактора.

### **Вы планируете интеграцию решений «Умная линия» и «Умное рабочее место» с ERP-системой предприятия?**

Конечно. Такая интеграция напрашивается сама собой. Но на данный момент у нас решается вопрос о том, на базе какой ERP-системы это будет делаться. На «Источе» есть ERP-система собственной разработки, есть отдел программистов, работающих над ней. Но она изначально была ориентирована на традиционные направления предприятия, и для нашего сборочного производства она не совсем подходит. Сейчас

необходимо принять решение, будет ли эта система дорабатываться под нашу специфику либо будет использована в качестве основы одна из ERP-систем, присутствующих на рынке.

### **После того как оборудование и программные решения были выбраны, как происходил процесс пусконаладки?**

Это была очень плотная совместная работа с Остек-СМТ. Когда привезли, распаковали и расставили оборудование, казалось, что мы уже близки к финишу, что еще немного, и всё это заработает. Но понадобилось еще около месяца на то, чтобы всё состыковать и наладить под наши задачи. Потребовались даже некоторые доработки оборудования. Например, в системе АОИ, установленной после влагозащиты для контроля качества нанесения покрытия, пришлось дорабатывать конвейер, чтобы обеспечить необходимое фокусное расстояние при инспекции высоких компонентов. Фактически это была кастомизация, которая была выполнена самим производителем этой установки.

### **Месяц на пусконаладку – это не так много. Помогали ли в оперативном решении этой задачи сервисные онлайн-решения Остек-СМТ?**

Действительно, команда Остек-СМТ действовала очень оперативно. Но, честно говоря, мы работали по старинке: если нужно было что-то безотлагательно решить, я просто звонил на мобильный телефон начальнику их сервисной службы, и буквально на следующий день приезжал инженер и производил необходимые работы.

Тем не менее сервисное мобильное приложение от Остек-СМТ кажется мне весьма перспективным и удобным, просто пока оно непривычно. Возможно, в дальнейшей работе, при плановом или внеплановом обслуживании, оно сыграет свою роль. Пока это сложно оценить: неожиданных нештатных ситуаций, требующих оперативной реакции и возможности отслеживания работ по их устранению, таких как серьезные сбои и тем более выход из строя оборудования, еще не было.



QR-код на оборудовании для работы с сервисным приложением Остек-СМТ

Плановое взаимодействие с Остек-СМТ продолжается. Они помогают обучать наших специалистов. Кроме того, продолжается адаптация программных решений – систем «Умная линия» и «Умное рабочее место». Если сборочное производство было новым направлением для нас, то эти решения – совсем неизвестная сфера, и, конечно, по мере их эксплуатации возникают пожелания к программистам внести те или иные изменения или дополнения.

### Вы работаете с отечественной или зарубежной ЭКБ?

В основном применяются зарубежные компоненты, и причина этого прежде всего в стоимости. Тем не менее руководство предприятия прекрасно осознает необходимость импортозамещения ЭКБ, в особенности в отношении наиболее критичных компонентов, которые и делают устройство интеллектуальным, таких как микроконтроллеры. Перед нами поставлена задача поиска и оценки отечественных поставщиков, и мы будем ее постепенно решать совместно с разработчиками изделий.

Само собой, в изделиях «Милур ИС» применяются микроконтроллеры «ПКК Миландр» – это одно из основных направлений данной компании, в котором она достигла существенных успехов.

А вот среди простых компонентов – дискретных, а также простых ИС – отечественных практически нет. Могу назвать разве что геркон, который производится в Рязани.

### Как осуществляется хранение компонентов перед сборкой?

Для этого у нас организован интеллектуальный склад на основе решений ISM UltraFlex 3600 и ISM 500 от компании Essegi Automation. Этих двух шкафов хватает для хранения всей комплектации для планируемых объемов производства установленной линии поверхностного монтажа.

Эти шкафы выдают катушки с компонентами в соответствии с производственным заданием, исключая на этом этапе человеческий фактор. Оператору остается только зарядить компоненты в питатель. Шкафы связаны с автоматами установки компонентов еще одним решением Остек-СМТ – Склад 4.0. И когда компоненты в каком-либо питателе подходят к концу, шкафы автоматически выдают катушку для дозагрузки в питатель. Кроме того, они следят за остатком типонаименований, находящемся на хранении, и когда этот остаток становится меньше определенного порогового значения, выдают уведомление персоналу о необходимости пополнения склада.

Хранение в этих «умных» шкафах осуществляется с соблюдением всех необходимых климатических условий, таким образом отсутствует необходимость в отдельных шкафах сухого хранения или высушивании компонентов перед монтажом.

### Однако в производственном помещении большое количество шкафов сухого хранения. Для чего они используются?

В них хранятся в основном полуфабрикаты – межоперационный запас, для того чтобы эти еще незаконченные изделия не подвергались воздействию повышенной влажности. Это могут быть изделия, на которых уже



Интеллектуальный склад на основе решений ISM UltraFlex 3600 и ISM 500 компании Essegi Automation



Система автоматической инспекции нанесения паяльной пасты S3088 SPI компании Viscom



Автоматы установки компонентов: Hanwha Decan S2 (слева) и Hanwha SM485 (справа)

установлены компоненты поверхностного монтажа и которые ожидают поступления на операцию селективной пайки. Также это могут быть платы с двусторонним поверхностным монтажом, у которых собрана только одна сторона. Пока у нас таких изделий не было, но мы готовы к двусторонней сборке. В этом случае собирается сначала одна сторона, затем магазин из разгрузчика просто переворачивается и устанавливается в загрузчик в начале линии, после чего выполняется сборка по программе для второй стороны. Но если партия достаточно большая, чтобы сократить количество переналадок линии со сборки первой стороны на сборку второй, имеет смысл сформировать межоперационный запас из плат, собранных с одной стороны.

#### Что за установка в линии расположена сразу после загрузчика?

Это лазерный маркировщик Nutek LMC-S3. Как я говорил, мы ставим перед собой задачу обеспечения полного прослеживания изделий в процессе их производства, а для этого необходимо, чтобы каждой плате было присвоено свое уникальное «имя». Данная установка с помощью лазера наносит это «имя» на плату в виде штрихкода.

Далее конфигурация линии традиционная: принтер Ekra Serio 4000 Speed, АИП S3088 SPI от компании Viscom, два автомата установки компонентов компании Hanwha, далее расположен инспекционный конвейер, конвекционная печь Ersa Hotflow 4 / 20 с 10 зонами нагрева и тремя охлаждения, буфер, АОИ Viscom S3088 Ultra Chrome и разгрузчик с отбраковочным конвейером компании Nutek.

#### Много ли времени занимает подготовка программ для АИП и АОИ? Как долго выполняется переналадка линии в целом?

Внедрение автоматической инспекции занимает время. Это связано с наполнением базы компонентов. По мере ее наполнения написание и корректировка программ инспекции выполняются всё быстрее, и в конечном итоге занимают несколько минут.

Наибольшее время требуется на зарядку компонентами установщиков. Пока мы не вышли на плановую загрузку, мы останавливаем линию для переналадки и все операции выполняем непосредственно на оборудовании. Это занимает различное время в зависимости от сложности изделия. Если говорить о переходе с одного изделия «Милур ИС» на другое того же разработчика, которые не сильно отличаются друг от друга, то переналадка занимает порядка четырех часов. В дальнейшем мы планируем по возможности выполнять работы по переналадке вне линии. Это, конечно, повысит эффективность использования оборудования.

#### Какой самый миниатюрный компонент вы устанавливаете на линии?

Сейчас это 0402, но линия позволяет работать с компонентами гораздо меньшего размера.

#### И для таких компонентов уже требуется АИП?

Да, в особенности в начале нашей работы мы выявляли отклонения отпечатков пасты. Сейчас, когда процесс уже достаточно отработан, такие проблемы уже практически не возникают, но наличие инспекции нанесения паяльной пасты мы всё равно считаем важным. Это система трехмерной инспекции, и она позволяет контролировать как расположение отпечатков, так и их объем и профиль, а эти

параметры напрямую сказываются на качестве и надежности готового изделия. Если возникнут отклонения – а от этого никто не застрахован – необходимо их обнаружить на самом раннем этапе. Особенно это важно при крупносерийном производстве, которое мы рассчитываем обеспечить на этой площадке, так как при позднем выявлении дефектов нанесения пасты к этому моменту может быть собрано уже довольно большое количество некачественных изделий.

### Какой установкой определяется производительность линии?

При выборе оборудования мы предусмотрели возможность дальнейшего масштабирования линии поверхностного монтажа. Поэтому оборудование, установленное вокруг установщиков, гораздо более производительное, чем сами установщики, и, как следствие, именно их производительностью определяется производительность линии в целом.

Сейчас у нас классическая конфигурация из двух автоматов установки компонентов, один из которых – двухпортальный установщик Hanwha Decan S2 с 10 захватами на каждой головке – выполняет задачи чип-шутера, а второй – универсальный автомат Hanwha SM485 с одним порталом, головка которого оснащена четырьмя вакуумными захватами и дополнительным инструментом для установки компонентов в отверстия. Тяжелые компоненты, а также компоненты, требующие прецизионной установки, ставятся вакуумными захватами. Компоненты в отверстия в линии мы пока не монтировали, но такая возможность есть.

Максимальная заявленная производительность установщика Hanwha Decan S2 составляет 92 тыс. комп./ч, реальная – порядка 55-60 тыс. У универсального автомата максимальная производительность 22 тыс. комп./ч, но реальная скорость установки зависит от конкретных монтируемых компонентов.

### А какова емкость питателей этих установщиков?

На Decan S2 можно установить по 60 питателей из 8-мм лент с каждой стороны. У SM485 емкость такая же, но с задней стороны у нас установлен питатель из палет, поэтому питателей из лент можно установить меньше.

### Пайку вы осуществляете по свинцовой или бессвинцовой технологии?

На данный момент только по свинцовой. Мы используем безотмывочную паяльную пасту компании Indium.

### Зачем такая длинная печь, если вы не выполняете бессвинцовую пайку?

Для этого есть несколько причин. Во-первых, это возможность масштабирования линии, о которой я уже говорил. Мы всегда можем добавить автомат установки компонентов, и печь не будет являться узким местом в линии.

Во-вторых, чем больше зон нагрева, тем более точный и плавный профиль может быть получен в печи, а это непо-



Печь оплавления Ersa Hotflow 4 / 20

средственно влияет на качество паяных соединений, в особенности если изделия сложные. Для тех изделий, которые мы собираем сейчас, вероятно, хватило бы и семи зон нагрева, но поскольку мы ориентированы и на контрактное производство, наше оборудование должно быть достаточно гибким, чтобы справляться с разными задачами.

И в-третьих, учитывая растущее внимание к защите окружающей среды, переход на бессвинцовую технологию в том числе в производстве приборов учета – вопрос времени. Поэтому мы выбирали оборудование таким образом, чтобы иметь возможность в любой момент внедрить бессвинцовый процесс. Требования к термопрофилю при бессвинцовой пайке еще выше, чтобы, с одной стороны, обеспечить оплавление припоя во всех паяных соединениях, а с другой – не повредить компоненты и плату. Имея большое количество зон нагрева и охлаждения, достичь требуемого результата проще.

В силу того, что пока мы не осуществляем бессвинцовую пайку, на данный момент наша печь не подключена к источнику азота, но если необходимость в инертной среде возникнет, это также можно будет обеспечить.

### На предприятиях, работающих много лет, на вопрос о том, как осуществляется термопрофилирование, как правило, отвечают: «У нас есть несколько отработанных профилей. Обычно можно выбрать из них, и лишь изредка требуется небольшая коррекция». А от чего отталкивались вы, разрабатывая свой первый профиль?

Нам в этом помогали инженеры Остек-СМТ. На первых порах были непропаи, были и «надгробные камни», которые, вероятно, можно было бы предупредить на этапе конструирования. Но в результате удалось подобрать такие параметры профиля, что эти проблемы исчезли.

Мы сняли необходимые показания с помощью термопрофайлера, идущего в комплекте с конвекционной печью Ersa, а функция «Автопрофайлер» программно-аналитического комплекса «Умная линия» помогла нам быстро смоделировать нужный профиль.

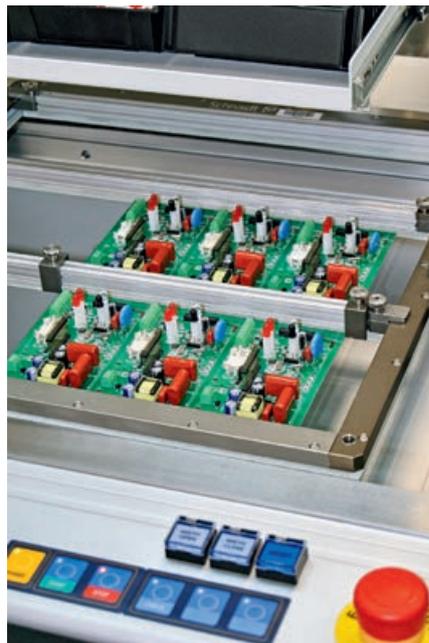


Буфер Nutek и система автоматической оптической инспекции Viscom S3088 Ultra Chrome

Сейчас мы собираем конструктивно похожие друг на друга изделия, и одного профиля для них для всех достаточно.

#### **Перед системой АОИ у вас установлен буфер. В чем его назначение?**

При отладке новой программы на АОИ нужно убрать ложные срабатывания. Как правило, в начале сборки нового изделия доля ложных срабатываний АОИ составляет порядка 15 %. Изделия, которые АОИ сочла дефектными, отделяются от остальных на отбраковочном конвейере. Далее сотрудник ОТК проверяет те места, где обнаружены предположительные дефекты, и принимает окончательное решение, является ли данное состояние приемлемым по стандарту IPC-A-610 или же это действительно дефект.



Мультиплицированные заготовки в оснастке для выполнения селективной пайки

Если контролер замечает, что в определенном месте сборки АОИ слишком часто выдает ложные срабатывания, он корректирует программу. Это занимает некоторое время, в течение которого выходящие из печи изделия и накапливаются в этом буфере.

Отмечу, что после таких корректировок программы инспекции количество ложных срабатываний сокращается до 2 % и менее.

#### **Селективная пайка у вас организована в виде линии с рабочими местами монтажников. Как обеспечивается синхронность операций в этой линии?**

В линию входят пять рабочих мест монтажников. Их количество рассчитано исходя из числа компонентов, монтируемых в отверстия, на типичной плате, так чтобы один человек ставил не более пяти-шести ком-



Линия селективной пайки

понентов, что позволяет минимизировать влияние человеческого фактора. В процессе монтажа применяются палеты, на которые устанавливаются по две мультиплицированные заготовки. У монтажного конвейера есть два режима работы: либо он постоянно движется на малой скорости и установка выполняется «на ходу», либо он работает с остановками, позволяя каждому монтажнику установить компоненты, и продолжает движение после нажатия монтажником кнопки по завершении выполнения операции. Мы используем второй режим, поскольку у нас каждый монтажник устанавливает несколько компонентов, и делать это при движущемся конвейере неудобно.

После того, как все компоненты установлены, палета отправляется в машину селективной пайки, имеющую в своем составе модуль флюсования, двойной модуль ИК-преднагрева и модуль пайки с двумя ваннами припоя. Отмечу, что флюсование в установке может выполняться двумя способами: точечным и факельным. Мы уже пробовали оба способа. Там, где возможно применение факельного метода с маскированием специальным материалом, который нам тоже помогли подобрать специалисты ГК Остек, этот способ показывает бóльшую производительность. Думаю, что в дальнейшем мы будем использовать оба варианта.

Что касается синхронности операций, это достигается прежде всего правильным подбором монтажников. Мы ориентированы на «бережливое производство», а один из главных принципов этой системы в том, чтобы каждый делал то, что делает лучше всего. Поэтому для работы на этой линии мы выбрали монтажников, которые выполняли установку шты-



Установки струйной отмывки HyperSwash компании PBT Works

ревых компонентов быстро и без ошибок. Именно благодаря их навыкам задержек здесь не возникает.

### **Вы говорили, что используете безотмывочную паяльную пасту. Для чего тогда применяются установки отмывки?**

Среди изделий, которые мы выпускаем, есть те, которые требуют нанесения влагозащитных покрытий, например сплит-электросчетчики, устанавливаемые на столбы линий электропередачи. Поскольку они работают в уличных условиях, к ним предъявля-



Слева направо: загрузчик Nutek, установка селективной влагозащиты SL-940 и установка отверждения покрытия S-9UV компании Nordson Asymtek



Головка нанесения влагозащитного покрытия установки Nordson Asymtek SL-940



Система автоматической инспекции нанесения покрытия S3088 CCI компании Viscom



Стенд прогона приборов учета электроэнергии

ются повышенные требования по защите от внешних воздействий.

Если на сборку наносится влагозащитное покрытие, отмывка от остатков паяльной пасты необходима. Но мы отмываем все изделия, даже если их покрытие не предусмотрено. Это требование заказчика: на сборке не должно быть остатков даже низкой активности.

Для отмывки у нас есть две струйные установки замкнутого цикла HyperSwash компании PVT Works. Поскольку остатки безотмывочных паст удалить водой невозможно, мы используем средства на спиртовой основе. Полный цикл, включающий отмывку, полоскание в деионизованной воде и сушку, занимает 45 мин.

#### **Сталкивались ли вы с такой проблемой, как белый налет?**

Да, сначала белый налет встречался. Но путем повышения температуры отмывки нам удалось полностью от него избавиться.

#### **Как выполняется нанесение влагозащитного покрытия?**

Для этого у нас есть машина селективного нанесения Nordson Asymtek SL-940, которая позволяет наносить покрытия с высокой точностью не только на необходимые участки сборки без применения маскирования, но и по краю компонентов благодаря наклону головки.

После нанесения покрытия выполняется его контроль с УФ-подсветкой с помощью установки АОИ Viscom S3088 CCI. Про эту машину я уже упоминал в начале, когда говорил об адаптации оборудования под наши задачи. Именно у нее были доработаны

инспекционный модуль и конвейер для возможности инспекции нанесения покрытий на высокие компоненты.

#### **Когда платы собраны и установлены в корпус, изделия готовы к отправке заказчику?**

Еще нет. Такое изделие – это еще не прибор учета. Чтобы им стать, устройство должно пройти этапы прошивки, испытаний, в частности на электрическую прочность изоляции при напряжении 1,5 кВ, калибровки, поверки и прогона, то есть имитации работы в реальных условиях в течение определенного времени. Если мы говорим про электросчетчики, эта имитация достигается в том числе путем формирования на стенде различных режимов потребления энергии в течение определенных временных интервалов, типичных для условий эксплуатации таких устройств.

После того, как эти операции выполнены, и прибор признан годным к эксплуатации, он упаковывается и может отправляться заказчику.

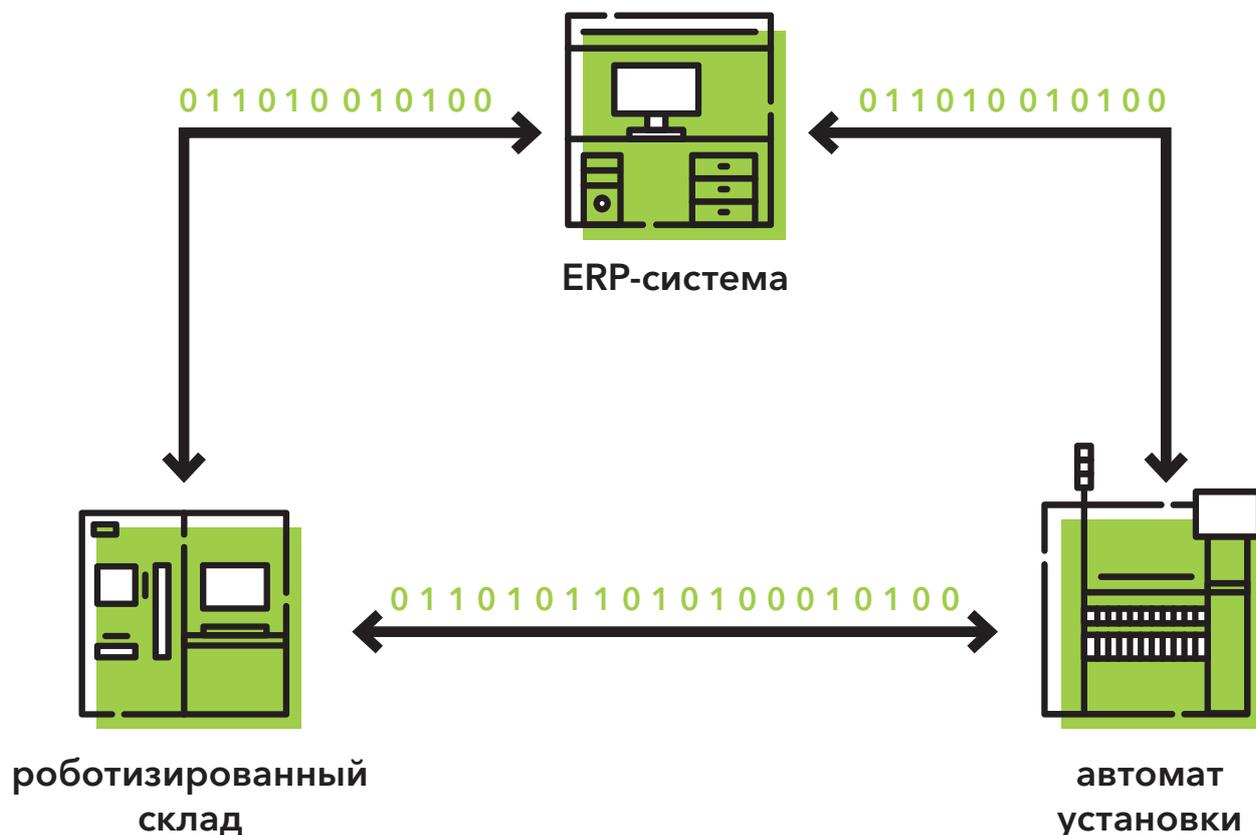
#### **Очевидно, организация этой производственной площадки потребовала больших инвестиций. Есть ли понимание, как быстро они могут вернуться?**

Часть средств, вложенных в данное производство, была получена в виде займа от Фонда развития промышленности по программе «Конверсия». Одним из условий был возврат инвестиций в течение пяти лет. Поэтому у нас есть не только понимание этого срока, но и обязанность его обеспечить.

**Спасибо за интересную беседу.**

# Склад 4.0

Комплексное решение  
для цифрового сборочного производства



Узнать больше

## Соответствие концепции «Индустрия 4.0»

- 100% учет и контроль комплектующих
- Управление запасами Just-in-Time
- Сокращение простоев линии до 70%
- Сведение к нулю числа ошибок оператора
- Исключение брака из-за нарушений при хранении

# ВОЗМОЖНО ЛИ ТЕСТИРОВАТЬ АППАРАТУРУ, СОЗДАННУЮ НА ОСНОВЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ КОМДИВ, ДЕШЕВЛЕ, ЧЕМ НА ДРУГИХ?

Текст: Алексей Иванов,  
Гиви Чхутиашвили

”

В опубликованной 21 октября 2020 года на портале CNews статье<sup>1</sup> говорится о том, что государство будет поддерживать разработку и серийное производство «микропроцессоров для бортовых систем управления, программно-совместимых с микропроцессорами 1890ВМ6Я и 1890ВМ7Я». Кто займется разработкой таких устройств – пока не понятно, объявлен тендер. Но нас, в первую очередь, интересует технологичность аппаратуры, которая будет создаваться на основе таких микросхем, в частности – её тестопригодность. Ну и, конечно, стоимость тестирования, которая напрямую зависит от тестопригодности.

---

<sup>1</sup> [https://www.cnews.ru/news/top/2020-10-20\\_vlasti\\_rossii\\_potratyat\\_270](https://www.cnews.ru/news/top/2020-10-20_vlasti_rossii_potratyat_270)



1 Внешний вид исследовательской платы для СнК 1890BM128 от НИИСИ РАН

1890BM6Я и 1890BM7Я – это линейка процессоров «КОМДИВ», развитием архитектуры которой занимается НИИ системных исследований Российской академии наук (НИИСИ РАН). Когда речь заходит о тестопригодности цифровых плат, то первым наиболее применимым в этом случае тестовым методом является периферийное сканирование. У разработок НИИСИ РАН стандарт периферийного сканирования (IEEE 1149.1) поддерживается очень широко, что не может не вселять надежду на применение средств автоматизированного электроконтроля. В списке микросхем, разработанных НИИСИ, есть 38 позиций, поддерживающих периферийное сканирование. Это говорит о том, что данная технология давно и досконально известна сотрудникам института. По нашим данным, это – максимальная номенклатура с поддержкой стандарта IEEE 1149.1 среди продуктовых линеек отечественных разработчиков ЭКБ.

Не так давно к нам попала отладочная плата для системы-на-кристалле 1890BM128 (рис 1), это произошло еще до публикации новости о поддержке процессоров НИИСИ. По иронии судьбы два этих события совпали. 1890BM128 представляет собой высокопроизводительный графический процессор на кристалле с 64-разрядным RISC-микропроцессором архитектуры КОМДИВ64 и встроенными высокоскоростными последовательными каналами. По сути – это еще более сложное устройство, чем описанные выше, но с той же самой архитектурой. НИИСИ предоставил нам для исследования BSDL-модель на данный СнК, которая в стандартизированном виде описывает архитектуру периферийного сканирования. Эта архитектура и позволяет в автоматизированном режиме создавать

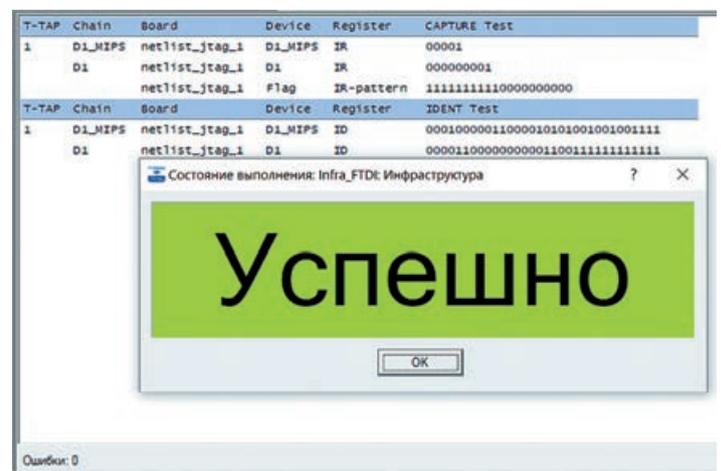
тесты и точную диагностику для печатных узлов, спроектированных с использованием микросхемы, ее содержащей. Внутри микросхемы есть два последовательно соединенных TAP-порта: один для периферийного сканирования, второй – для MIPS-ядра, и нам были предоставлены два BSDL-файла. Исследовательская плата помимо 1890BM128 содержит периферию: ОЗУ типа DDR3 4 Гбайт в виде внешней планки soDIMM, установленной в слот, NAND-флэш, PCIe x4 (слот), Ethernet 10/100/1000 Мбит, USB 2.0 – 7 каналов, звук (MIC, громкоговорители), отладочный порт USB, часы реального времени и другое. По сути, эта плата так или иначе отражает состав будущих устройств, которые будут разрабатываться и производиться на базе архитектуры КОМДИВ и которые как-то придется тестировать. И это может быть долгий и мучительный путь, а может – легкий и автоматизированный.

Для проверки работы периферийного сканирования мы использовали программный пакет JTAG ProVision, в котором на основе предоставленного нетлиста исследовательской платы (файла списка цепей из САПР) был создан проект и сгенерированы приложения для тестирования. Контроллер периферийного сканирования в данном случае не понадобился, так как канал сканирования на тестируемой плате всего один, а в ее схеме присутствует микросхема FTDI FT2232, преобразующая JTAG-интерфейс в USB.

Давайте разберем, что же удалось проверить.

## Тест инфраструктуры

Это стандартный тест для всех компонентов с поддержкой JTAG, он генерируется в JTAG ProVision автоматически и проверяет работу регистра команд и 32-битный ID-код микросхемы. В нашем случае для 1890BM128 мы получили два ID-кода (рис 2): один от регистра идентификации архитектуры периферийного сканирования, второй – от ядра MIPS. Можно сказать, что тестирование прошло успешно.



2 Окно прохождения теста JTAG-инфраструктуры

3 Автоматический тест межсоединений: тестовые векторы для регистра сканирования «КОМДИВ»

### Тест межсоединений

Как правило, тест межсоединений – это самый объемный тест периферийного сканирования. Он генерируется автоматически и «прозванивает» все цепи печатного узла, к которым есть доступ периферийного сканирования. В зависимости от конфигурации цепи и количества компонентов с поддержкой JTAG

с помощью этого приложения можно обнаруживать обрывы (непропаи), замыкания, перепутывания проводников. Полностью успешно тест межсоединений прошел после корректировки BSDL-файла в части описания выводов микросхемы. Как эти неточности были обнаружены и исправлены – это тема отдельной статьи. По итоговой таблице векторов (рис 3)

Т 1 Состояние поддержки периферийного сканирования российской ЭКБ

№№	ПРЕДПРИЯТИЕ-РАЗРАБОТЧИК ЭКБ	ЗАЯВЛЕННОЕ НАЛИЧИЕ КОМПОНЕНТОВ С ПОДДЕРЖКОЙ СТАНДАРТОВ IEEE 1149.X	ЕСТЬ ДАННЫЕ О КОРРЕКТНОЙ РАБОТЕ ПЕРИФЕРИЙНОГО СКАНИРОВАНИЯ
1	Байкал Электроникс	Нет	Нет
2	ВЗПП-С	Да	Да
3	МЦСТ	Да	Да
4	НИИИС им. Седакова	Да	Да
5	НИИСИ РАН	Да	Да
6	НИИЭТ	Да	Да
7	НПП «Цифровые Решения»	Да	Да
8	НТЦ Модуль	Да	Да
9	ПКК Миландр	Да	Да
10	ЭЛВИС	Да	Нет

видно, что установка и считывание тестовых битов микросхемой 1890BM128 происходит корректно.

На исследовательской плате присутствует разъем soDIMM, и при использовании в системе периферийного сканирования модуля тестирования DIMM-разъемов JT2127/Flex можно сгенерировать и получить точную диагностику линий связи между микросхемой процессора и слотом soDIMM. На таких линиях у производителей ПК чаще всего возникают дефекты. У процессора КОМДИВ с тестированием этой части все в порядке.

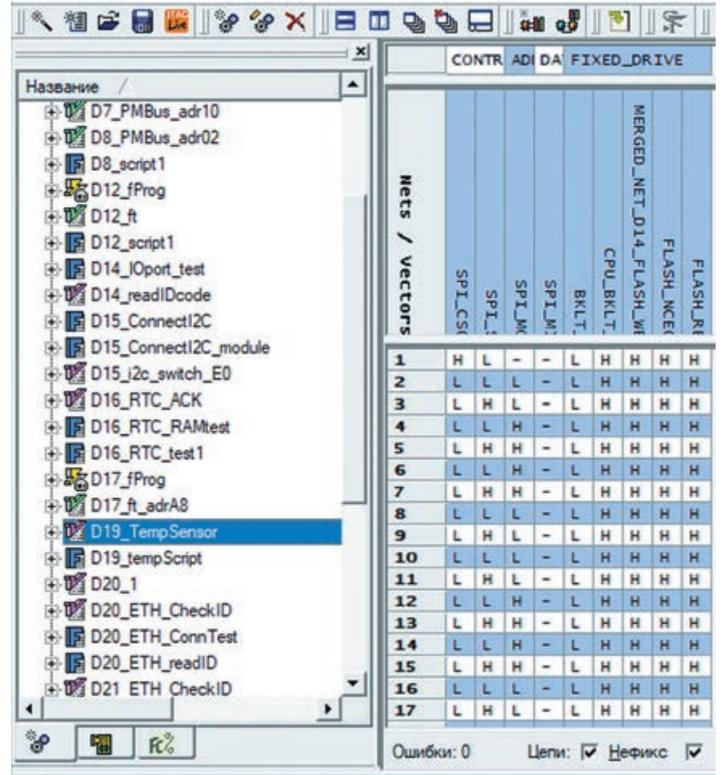
### Тестирование кластеров исследовательской платы

С помощью регистра периферийного сканирования микросхемы 1890BM128 удалось протестировать целый набор окружающих кластеров (то есть микросхем, не поддерживающих периферийное сканирование). Автоматически получилось сгенерировать и запустить тесты регуляторов напряжения по интерфейсу SPI, тест флэш-памяти с последовательным интерфейсом, а также приложение для ее программирования. По готовым моделям периферии из библиотеки JTAG ProVision сделаны и выполнены тесты контроллера Ethernet, температурного датчика и часов реального времени. А с помощью дополнительного инструмента JTAG Functional Test удалось протестировать функции вышеуказанных кластеров более глубоко, например, измерить температуру, проверить изменение времени и даты в RTC, проверить работу I2C-мультиплексора. Неполный список тестов приведен на рис 4.

### Выводы

Необходимо отметить, что все вышеперечисленные тесты выполнены с помощью регистра периферийного сканирования без необходимости создавать какое-либо тестовое ПО, которое нужно загружать в плату. Не нужно интерпретировать результаты некорректного прохождения тестов из этого ПО или, например, оперативно его изменять. В этом преимущество технологии периферийного сканирования – независимость разработчика и производственных площадок друг от друга. Старый вариант, когда все держат друг друга на поводке, уже не работает в сегодняшнем мире.

Так как функциональный тест не диагностирует дефекты монтажа до уровня пинов микросхем, а его интерпретацией могут заниматься только специалисты, разработавшие изделие, то часто не проходящие проверку платы отправляются в брак. Это работает до момента, когда стоимость брака не превышает критических величин. Затем принимаются меры по исправлению брака, и за неимением средств автоматизированного структурного контроля эти меры выливаются в наем специалистов и покупку излишнего оборудования, да и логистика усложняется.



4 Различные тесты периферии, окружающей 1890BM128

Производить платы на базе процессоров КОМДИВ – дешевле. Потому что есть периферийное сканирование. При этом стандарт IEEE 1149.1 открыт, его применение на кристалле ничего не стоит: ни лишних денег, ни места в топологии. Если касаться времени создания тестов, то здесь функциональный тест тоже проигрывает. ПО для тестирования создается несколько месяцев (при наличии хороших программистов), при том, что для диагностики оно чаще всего бесполезно, а тесты периферийного сканирования генерируются в течение нескольких часов (можно добавить пару дней на отладку и «обкатку»). Поэтому хорошо, если российские разработчики получают процессоры именно с архитектурой КОМДИВ, и тут главное, чтобы конечный разработчик ничего не упустил и не забыл поставить галочку в САПР микроэлектроники для вставки периферийного сканирования!

А что же с остальными российскими разработками? В 1-1 приведен список отечественных разработчиков цифровой ЭКБ, составленный по нашему исследованию<sup>2</sup>. В нем проектировщик схемы может увидеть, использование цифровых чипов каких разработчиков удешевит и упростит весь жизненный цикл будущей аппаратуры.

<sup>2</sup> Иванов А. Современное состояние поддержки периферийного сканирования отечественной электронной компонентной базой // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2020. № 6. С. 76-78

# ОПТИМИЗАЦИЯ

## «УМНЫЙ» УЧАСТОК МЕЛКОСЕРИЙНОЙ СБОРКИ: МАКСИМУМ ГИБКОСТИ, БЫСТРАЯ ПЕРЕНАЛАДКА, ТОЧНЫЙ УЧЕТ.

*ВИЗИТ НА СБОРОЧНО-МОНТАЖНОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО АО «НИИ ТМ»*

Текст: Юрий Ковалевский, Владимир Мейлицев

”

Не секрет, что для отечественной электронной промышленности достаточно типичными являются сборочные производства, тесно связанные с разработкой. Эти производства занимаются изготовлением многочисленных прототипов и выпуском ограниченных партий изделий при том, что запуск новой партии данного изделия может произойти через месяцы и даже годы. Одним из производителей оборудования, ориентированного именно на опытные и мелкосерийные производства, является швейцарская компания Essemtec, которая развивает линию многофункциональных сборочных автоматов, совмещающих функции нанесения паяльного материала и установки компонентов на печатное основание.

В России такая техника пока встречается нечасто, как и опыт автоматизации взаимодействия между сборочным и складским оборудованием. Тем интереснее для нас было посетить Научно-исследовательский институт точной механики, где создана и функционирует линия поверхностного монтажа, в которой автоматизированный склад и сборочный центр Essemtec Puma интегрированы в решение СКЛАД 4.0, разработанное компанией «Остек-СМТ».

Разговор начался в кабинете главного инженера АО «НИИ ТМ» Максима Викторовича Вайнштейна.

**Максим Викторович, расскажите, пожалуйста, о предприятии, о продукции, для выпуска которой предназначена внедренная у вас автоматическая линия поверхностного монтажа.**

Научно-исследовательский институт точной механики был образован 20 марта 1947 года для проектирования и производства радиоэлектронных устройств и систем в интересах оборонного комплекса страны. Начиная с середины 1990-х годов предприятие освоило выпуск гражданской продукции. Сейчас основными направлениями в этом секторе являются комплексная система обеспечения безопасности и автоматизированного управления движением поездов метрополитена «Движение» и автоматизированная система управления наружным освещением городов «Аврора», развиваемая в рамках проекта «Умный город».

**Сейчас, в связи с задачами по диверсификации оборонно-промышленного комплекса, вы планируете наращивать гражданскую составляющую вашего производства?**

Безусловно. Мы ведем работу практически во всех городах, где существует метрополитен, и не только в российских, но и в Минске, Ташкенте; наши системы управления наружным освещением работают и продолжают устанавливаться по всей стране.

**Ваше предприятие занимается и разработкой, и производством?**

Основная задача предприятия – разработка, а при тех объемах заказов, которые характерны для наших систем, мы сами справляемся с их производством. У нас реализован полный производственный цикл – от механической обработки металлического проката до финишной прецизионной сборки, настройки, испытаний, а также гарантийного и постгарантийного сопровождения изделий.

**Как вы пришли к выводу о необходимости автоматической линии поверхностного монтажа?**

Мысль о том, что нам надо уходить от ручного монтажа, появилась примерно три года назад. Причины понятны: меняется компонентная база, расширяется функционал электронных устройств, их габариты уменьшаются, плотность компоновки растет, и собирать их вручную становится всё труднее.

Первоначально в 2018 году был приобретен достаточно скромный комплект оборудования в составе системы дозирования Dispence Master, манипулятора Powates и печи оплавления RO300FC. Получив первый опыт в технологии поверхностного монтажа, мы поняли, что нужен полноценный участок, на который приходят компоненты и печатные основания, а выходят собранные, функционально законченные, залакированные платы, готовые к дальнейшему монтажу.



Максим Вайнштейн

В такой конфигурации мы его и создали в 2020 году. Начинается участок с автоматизированного склада, дальше по технологической цепочке идет загрузчик печатных оснований, сборочный центр (установщик компонентов плюс дозировщик паяльной пасты), печь оплавления, разгрузчик, модуль отмывки и установка нанесения влагозащиты. Рядом оборудованы рабочие места для ручного монтажа компонентов со штыревыми выводами, которые невозможно поставить на автомате, а в дальнейшем мы планируем установить систему селективной пайки, чтобы максимально исключить из процесса ручной труд, а также оснастить участок рентгеном и автоматической оптической инспекцией для контроля качества продукции.

**Наличие автоматизированного склада – это не совсем обычно для участка мелкосерийной сборки. Почему вы решили, что он вам нужен?**

Автоматизированный склад, работая в составе решения СКЛАД 4.0, созданного компанией «Остек-СМТ», ускоряет и облегчает процессы, связанные с хранением и контролем расхода комплектующих, готовит комплектацию для автомата-установщика по правилу «раньше пришел – раньше ушел», формирует заявку на компоненты, запас которых скоро закончится, и при этом минимизирует человеческий фактор, то есть вероятность ошибки. И, конечно, в первую очередь этот склад – хранилище, в котором постоянно поддерживается температурно-влажностный режим, необходимый для долговременного хранения электронных компонентов, в том числе чувствительных к влаге, с возможностью ведения истории хранения по каждому элементу – сколько времени и в каких климатических условиях находился и т. д.



Первый комплект оборудования для поверхностного монтажа: а – система дозирования Dispence Master DD-500 (DIMA, Нидерланды); б – манипулятор Powatec (Essemtec, Швейцария); в – конвекционная печь RO300FC с тремя зонами нагрева и одной зоной охлаждения (Essemtec)

**Судя по условиям хранения, можно сделать вывод, что к выпускаемому вами оборудованию предъявляются высокие требования по надежности.**

Требования, безусловно, очень высокие, ведь наше оборудование отвечает за безопасность движения. И не только в метрополитене, где наша система непосредственно управляет движением поездов. Освещение улиц, мостов, скоростных дорог, портов, терминалов – всё это тоже безопасность.

С другой стороны, условия эксплуатации весьма жесткие: туннели метро с их высокой влажностью, интенсивным воздействием внешних электромагнитных полей; городские улицы, где морозы, роса, дожди и снег...

**Автоматизированный склад выдает компоненты под проект?**

На диспетчерский компьютер поступает заказ-наряд, из которого извлекается спецификация изделия. В соответствии с ней склад проверяет, какие из требуемых компонентов в данный момент уже находятся в установщике, а какие надо выдать. Обмен данными между складом и установщиком идет постоянно. Как происходит роботизированная выдача компонентов, посмотрим непосредственно на участке.

**Есть ли у вас система ERP, установлена ли связь склада с ней?**

У нас внедрена система управления предприятием «Галактика ERP», и сейчас наши инженеры вместе со специалистами «Остек-СМТ» ведут отладку связи между ней и складом.

**Почему вы выбрали для сотрудничества в проекте компанию «Остек-СМТ»?**

«Остек-СМТ» – наш давний партнер. В реализации данного проекта компания оказалась для нас наиболее привлекательной потому, что помогла полностью сконфигурировать линию, отработать проектный материал в части компоновки производственного помещения, подробно осветила воз-

можности предложенного оборудования. На этапе выбора оборудования мы не только ознакомились с документацией, но и смогли оценить его вживую в демонстрационном зале «Остек-СМТ». Плюс – мы получили весь комплекс необходимых услуг: техническое и технологическое сопровождение, гарантийные и постгарантийные обязательства, обеспечение расходными материалами. Также хотим отметить быструю и высококвалифицированную работу специалистов компании-партнера.

**Как была построена работа – вы выдали сформированное ТЗ, или ваши пожелания были выражены в более общем виде?**

Конкретных требований вначале было немного. Основными из них были мелкосерийность, высокая плотность монтажа и гибкость производственной линии – возможность быстрой, с небольшими простоями, переналадки оборудования на другое изделие.

**Много времени потребовалось на пусконаладку?**

На реализацию проекта ушел почти год. За это время мы закрыли участок ручного монтажа и восстановили его на новом месте, сделали ремонт в том помещении, которое освободили под линию. Сами пусконаладочные работы прошли в течение месяца.

Поставка оборудования и пусконаладочные работы велись четко по согласованному графику. Поставка прошла в конце февраля, за март всё было расставлено, подключены необходимые инженерные коммуникации, завершён запуск. Всё это время на площадке находился сервисный инженер «Остек-СМТ», который провел инструктаж и обучение персонала, настроил линию и взаимодействие между складом и установщиком. В течение апреля мы уже сами налаживали свой технологический процесс, писали программы, обращаясь за консультациями к специалистам партнера по мере необходимости. С конца апреля линия выпускает продукцию в штатном режиме.

### Как часто требовалась с тех пор помощь специалистов «Остек-СМТ»?

Сложностей у нас не возникало – партнеры отлично сделали свою работу. Мы периодически связываемся с ними для получения удаленных консультаций, необходимости в приезде сервисного инженера не было ни разу.

### Одно из ваших требований состояло в быстрой переналадке оборудования. Как себя проявляет участок с этой точки зрения?

Проблем с этим у нас нет. Что включает в себя переналадка? Необходимо загрузить программу сборки нового изделия; поместить в загрузчик печатные основания; заменить часть питателей компонентов. В наш сборочный автомат можно установить 180 номиналов компонентов. Плат с таким обширным перечнем элементов у нас нет, кроме того, на месте остаются питатели с наиболее употребляемыми компонентами – это заметно экономит время. Остается провести минимальную отладку процессов нанесения паяльной пасты и установки компонентов, и переналадка завершена.

### У «Остек-СМТ» есть такие решения, как «Умная линия» и «Умное рабочее место». Задумывались ли вы о том, чтобы внедрить эти решения у себя?

Да, мы знакомы с этими продуктами, и мысли о внедрении есть, но это вопрос не сегодняшнего дня, а скорее недалекого будущего. Любое развитие должно идти поэтапно, иначе можно упустить, не учесть какие-то важные моменты. Мы убедились в этом в ходе установки линии: пришлось менять многие подходы, в том числе и перестраивать некоторые операции технологического процесса. Поэтому сначала мы закончим отработку взаимодействия с ERP, а после этого приступим к обсуждениям и формированию ТЗ на следующие этапы – «Умную линию» и «Умное рабочее место». Данные решения полностью вписываются в концепцию цифровизации нашего производства и позволят нам обеспечить рост эффективности производства и усилить контроль качества выпускаемой продукции.

### У вас введена система менеджмента качества?

Да, введена СМК 9001, и теперь перед нами стоит задача полностью переработать стандарты, относящиеся к закупке и производственно-технологическому циклу. Раньше стандартами СМК были описаны бизнес-процессы, соответствующие ручному монтажу, но внедрение автоматической линии сопряжено с появлением технологических операций, которые требуют изменения бизнес-процессов – и закупки, и входного контроля, и контроля качества выполнения операций на этапе производства.

*Далее экскурсию по новому участку поверхностного монтажа провел начальник цеха Сергей Александрович Мельников.*



Сергей Мельников

### Сергей Александрович, участок поверхностного монтажа начинается с автоматизированного склада, расскажите о нем подробнее.

Склад состоит из двух интеллектуальных систем хранения, в которых каждая единица хранения имеет свою ячейку с уникальным номером. Первый шкаф, ISM500, используется для хранения компонентов в различных упаковках как для поверхностного монтажа, так и выводных. Второй шкаф – ISM1800 ULTRAFLEX. Это роботизированная система хранения компонентов, упакованных в ленты. Катушки могут иметь диаметр от 7 до 12 дюймов; вместимость системы зависит от количества хранимых катушек разного диаметра и может достигать 1 838 шт.

### Каким образом компонент привязывается к ячейке при закладке на хранение?

Для идентификации компонентов служат этикетки со штрихкодом. У нас пока не до конца налажена связь с ERP, поэтому сейчас информация о компоненте вводится в базу данных через компьютер на рабочем месте склада. Управляющая программа присваивает упаковке уникальный номер и печатает этикетку, которая наклеивается на упаковку. При закладке в систему ISM500 оператор при помощи мобильного терминала сканирует этикетку на упаковке, затем штрихкод той ячейки, которую он собирается использовать, – таким образом компонент привязывается к ячейке, и вся система «об этом знает». Когда требуется извлечь тот или иной компонент, программа указывает оператору нужную ячейку при помощи светодиодных индикаторов.

С роботизированной системой ISM1800 работать еще проще. Она имеет встроенный считыватель



Автоматизированный склад: а – интеллектуальная система хранения ISM500 компании Essegi Automation (Италия); б – ISM500, ячейки с индикаторами; в – роботизированный склад ISM1800 ULTRAFLEX того же производителя

штрихкодов, а главное – сама выбирает место хранения. Поэтому при закладке на хранение достаточно просто положить катушку в окно приема / выдачи, а при извлечении система сама выложит в то же окно катушку, «заказанную» программой.

Оба шкафа имеют антистатическое исполнение и могут поддерживать внутреннюю атмосферу с относительной влажностью менее 5 %.

#### Почему вы называете вашу систему хранения «умным складом»?

Решение СКЛАД 4.0 обеспечивает полную информационную интеграцию системы хранения и автомату-установщика в реальном времени. По завершении цикла монтажа склад обращается к установщику и собирает информацию по каждому из питателей:

сколько компонентов взято, сколько установлено, сколько сброшено. На основании этих данных автоматически происходит обновление информации об остатке компонентов на складе. В процессе сборки контролируется остаток компонентов в питателях, и, когда он становится ниже заданного значения, оператор получает указание, какой питатель нужно дозарядить, а шкафы готовят выдачу компонента. Когда же к концу подходит запас компонента на самом складе, программа извещает службу закупки о необходимости его пополнения.

Таким образом, СКЛАД 4.0 обеспечивает сокращение простоев линии, точный учет наличия и движения комплектующих, поддержание необходимого для бесперебойной работы объема типоминималов в цеховом хранилище и сведение практически к нулю ошибок операторов сборочной линии и персонала склада. По окончании интеграции с системой «Галактика ERP» функционал системы СКЛАД 4.0 будет реализован полностью, возрастет степень автоматизации и прозрачность оборота комплектующих.

#### Почему вы сделали такой выбор – многофункциональный автомат Essentec Puma, вмещающий нанесение паяльной пасты и установку компонентов, – вместо традиционного сочетания трафаретной и сборочной машин?

У нас большая номенклатура, более 500 различных изделий, при этом в месяц мы делаем 10–15 изделий, в сумме примерно 100 плат. При таком сочетании номенклатуры и серийности приобретать оборудование для трафаретной печати и потом делать трафарет для каждого вида платы – это и плохая экономика, и затягивание сроков изготовления.

У нас большая номенклатура, более 500 различных изделий, при этом в месяц мы делаем 10–15 изделий, в сумме примерно 100 плат. При таком сочетании номенклатуры и серийности приобретать оборудование для трафаретной печати и потом делать трафарет для каждого вида платы – это и плохая экономика, и затягивание сроков изготовления.

#### Не является ли производительность дозатора «узким горлом» всей сборки?

Производительность процесса дозирования, действительно, сравнительно невелика: две монтажные головы автомата с двумя инструментами каждая

обеспечивают практическую скорость установки 11 тыс. комп. / ч, а дозатор – порядка 8 тыс. доз в час. Мы используем шнековый дозатор – каплеструйный работает быстрее, но у шнекового лучше точность. Сегодня мы устанавливаем компоненты типоразмера 0402, и это не предел возможностей дозатора. Этим, кстати, объясняется и сравнительно большая длительность процесса дозирования: насадка, способная работать с компонентами 0201, при необходимости заполнения больших контактных площадок, а тем более полигонов, должна выполнить множество циклов, чтобы нанести требуемый объем материала.

Производительность автомата Essemtec Puma нас вполне устраивает и, думаю, будет устраивать достаточно долго. Кроме того, у этой машины есть целый ряд полезных особенностей. Так, она оснащена системой контроля электрических параметров пассивной компонентной базы. Ее LCR-метр, построенный на базе контроллера измерителя импеданса Rohde & Schwarz HM8118, способен измерять сопротивление, емкость, индуктивность, а также проверять полярность диодов, что существенно снижает вероятность ошибки при установке компонентов.

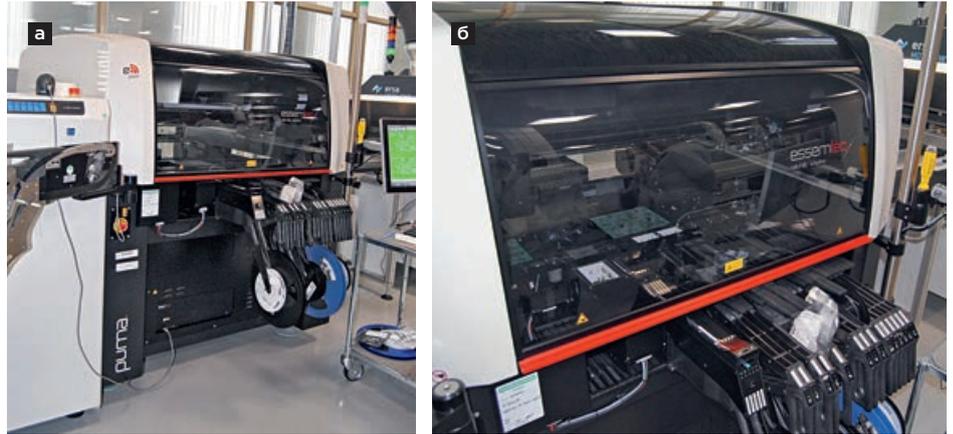
Можно еще отметить, что сборочный центр Essemtec Puma интересен своей модульностью. На его подвижной платформе имеются три посадочных места, в которые может быть установлен любой набор из трех агрегатов – дозаторов различного типа и монтажных блоков с двумя захватами каждый. Эта гибкость может сыграть свою роль в будущем, при дальнейшем развитии нашего сборочно-монтажного производства.

Наконец, очень удобно то, что этот многофункциональный автомат управляется единой программой, и оператору не нужно отдельно обучаться работе с дозатором и монтажным автоматом.

#### Чем определяется порядок перемещений дозатора между точками нанесения, величина доз для различных типов корпусов?

Маршрут движения дозатора Essemtec Puma строит автоматически. При желании можно запрограммировать свой вариант, однако практика показывает, что маршрут, формируемый автоматом, оптимален.

Дозы мы программируем сами, и чем больше работаем, тем лучше понимаем, как это надо делать. Подтвержденные опытом дозы привязываются к типу корпуса и сохраняются для последующего применения.



Универсальный сборочный центр Essemtec Puma: а – общий вид; б – рабочая зона и питатели

#### Как организована система технического зрения установки Essemtec Puma?

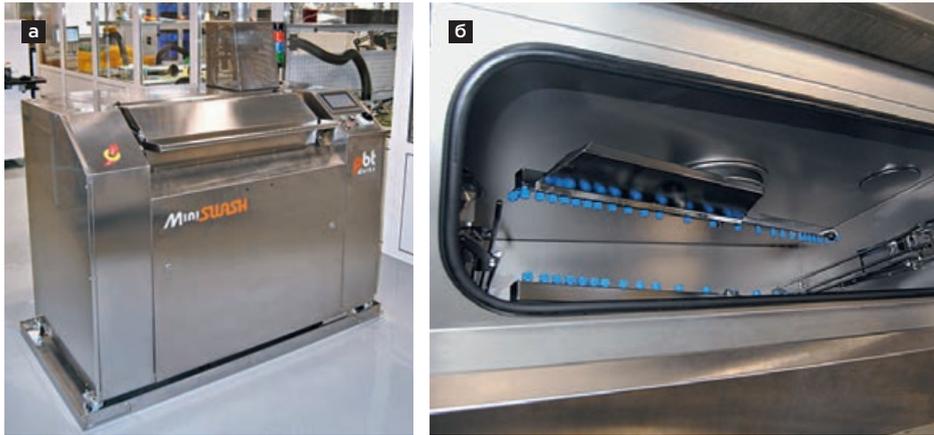
Одна камера установлена на подвижной платформе, ее задача – считывание реперных знаков. В установке компонентов принимают участие три неподвижных камеры. Две из них предназначены для центрирования «на лету» компонентов размером до 33 x 33 мм, третья – для центрирования крупных компонентов с размерами либо до 80 x 80 мм, либо до 33 x 150 мм. Выбор камеры машина производит автоматически.

#### Применяется ли клей при установке компонентов на платах двухстороннего монтажа?

Нанесение клея мы производим на дозаторе Dispence Master, и эта операция требует паузы в процессе монтажа на линии: она проводится после нанесения паяльного материала, так что плату надо извлекать из автомата-установщика, ставить в дозатор, а потом возвращать в линию для сборки и оплавления. Наши разработчики уже достаточно вникли в технологические тонкости поверхностного монтажа и стараются свести к минимуму использование массивных компонентов на двухсторонних платах. Однако приклеи-



Конвекционная печь Ersa Hotflow 4 / 14



Модуль струйной отмычки miniSWASH компании PBT Works (Чехия): а – общий вид; б – рабочая зона

вать компоненты всё же приходится, поскольку есть случаи, когда этого прямо требует конструкторская документация.

#### Как много времени занимает подготовка к запуску нового, ранее не изготовлявшегося изделия?

От конструктора документация поступает в отдел производства печатных плат, где готовятся Gerber-файлы. Полученные файлы pick and place мы проверяем, выявляем ошибки; на это, конечно, уходит время. Что же касается собственно подготовки к запуску в изготовление, то весь процесс от получения файла pick and place до старта машины занимает не более 2,5-4 ч в зависимости от сложности и плотности печатного монтажа.

#### Расскажите о печи оплавления.

Конвекционная печь ERSA Hotflow 4 / 14 имеет семь зон нагрева, две зоны охлаждения, в каждой зоне температура устанавливается отдельно над конвейером и под ним. Точность установки температуры составляет  $1^\circ$  между зонами, стабильность температурного режима также  $\pm 1^\circ$ , есть возможность управлять мощно-

стью конвекторов, регулируя поток воздуха независимо в каждой зоне. Это дает возможность выстроить гибкий температурный профиль и не иметь проблем с его поддержанием. Термопрофили отработаны и предустановлены производителем, при этом есть возможность создания своего уникального профиля, если возникает такая необходимость.

#### Выполняете ли вы бессвинцовую пайку?

Да, мы используем такой режим для установки компонентов в корпусах

BGA. Они паяются без использования паяльной пасты, а остальная плата паяется свинецсодержащим материалом – такова специфика элементной базы изготавливаемых устройств. Применяемые у нас свинецсодержащие пасты позволяют повысить температуру до значений, необходимых для пайки BGA, не ухудшая качества остальных соединений, которые оплавляются в том же цикле.

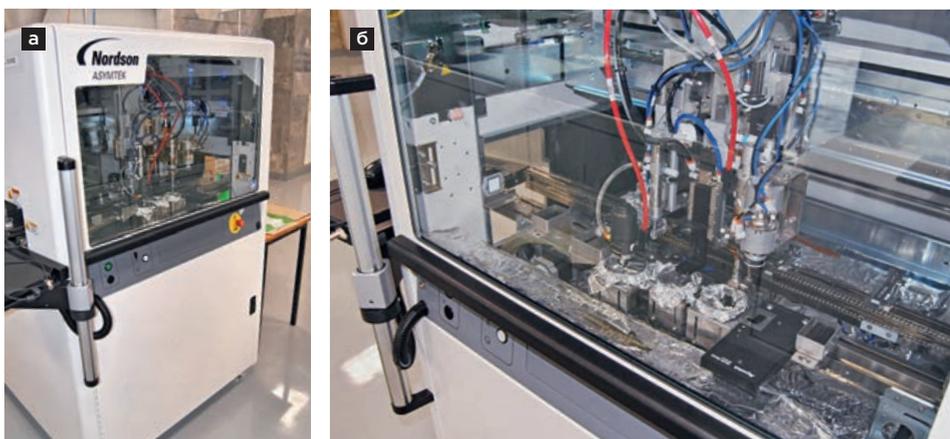
#### Какое финишное покрытие применяется на ваших платах?

Иммерсионное олово. Это обусловлено как раз применением дозатора, для которого критична неровность поверхности. Наиболее распространенный тип покрытия – горячее лужение – в данном случае не подходит: для него ГОСТ допускает наплывы высотой до 0,2 мм, и игла дозатора может просто разрушиться, натываясь на них. Чтобы покрытие не окислялось, мы храним платы в шкафу ISM500. При том, что в документации производителя указана гарантированная минимальная относительная влажность не более 5 %, на практике удается поддерживать ее уровень в пределах 1 %.

#### Следующий процесс – отмывка?

Мы используем модуль струйной отмычки miniSWASH. Модуль имеет два подогреваемых резервуара. Первым к рабочей зоне подключается резервуар с промывочной жидкостью Vigon, после отмычки жидкость сливается, с платы сдуваются ее остатки. Затем рабочая зона переключается на второй резервуар – с дистиллированной водой. Производится ополаскивание, вода также сдувается, и на выходе мы получаем чистую сухую плату.

Важной особенностью модуля является встроенный контур



Установка селективной влагозащиты ASYMTEK SL-940 компании Nordson (США): а – общий вид; б – рабочая зона



Участок ручного монтажа: а – рабочие места; б – ремонтный центр HR550 компании ERSA

деионизации воды перед подачей в рабочую камеру. Контур включается в работу, когда измеренная проводимость воды превышает 5 мкСм. Для поддержания чистоты жидкостей служит система фильтров. Когда концентрация загрязнений достигает предела допустимых значений, жидкости сливаются и утилизируются. Это очень удобно: нет необходимости подключаться к внешним системам водоснабжения, водоотведения и водоподготовки – кроме электричества и сжатого воздуха этой установке ничего не нужно.

#### Как вы осуществляете влагозащиту своих изделий?

Установка селективной влагозащиты ASYMTEK SL-940 оснащена тремя инструментами. Один из них – распылитель для покрытия целиком всей платы. Второй, обладая четырьмя степенями свободы, выполняет функцию выборочного напыления, обходя зоны, в которых покрытие наносить не нужно. Третий инструмент формирует защитную маску, нанося материал покрытия на заданные точки и контуры.

Все процессы полностью автоматизированы, вытяжка удаляет вредные пары и взвеси. Фольга, которой закрыты некоторые элементы конструкции внутри рабочей зоны, – это, как сейчас говорят, лайфхак, причем от производителя: лак иногда разбрызгивается, расплескивается, и без фольги рабочая зона машины через несколько месяцев стала бы похожей на стол лакировщика в мебельной мастерской.

Полимеризация лака производится в сушильных шкафах Binder.

#### Много ли в ваших изделиях остается компонентов со штыревыми выводами?

Если говорить о той продукции, изготовление которой переводится на линию поверхностного монтажа, то немного, и в основном это разъемы. Необходимость использования крупных разъемов со штыревы-

ми выводами обусловлена требованиями надежности, простоты сборки и ремонтпригодности – при сборке шкафа в цеху и тем более при замене модулей в месте эксплуатации должен быть гарантирован хороший контакт при максимальной простоте самой операции.

На участке ручного монтажа, где распаиваются компоненты со штыревыми выводами, производится также и ремонт, и другие операции, не выполняемые на автоматизированной линии. Ремонтный центр, который установлен на участке, предоставляет широкие возможности для выполнения самых тонких работ. Он оборудован системой нижнего сегментированного ИК-нагрева, нагрев сверху – комбинированный, конвекционный и / или инфракрасный. Контроль термопрофиля осуществляется двумя термомпарами и ИК-датчиком, имеется лазерная головка для измерения расстояния до печатного основания.

Центр позволяет производить операцию реболлинга, но такой необходимости у нас пока не было.

#### Подводя итог, можно констатировать, что установленная сборочная линия наилучшим образом соответствует задачам сегодняшнего дня и прогнозируемого будущего?

Да, это так. Опыт работы показывает, что состав оборудования линии оптимален по совокупности основных критериев – по производительности, гибкости, точности и качеству сборки, стоимости основных фондов и эксплуатационным расходам. Намеченное на перспективу доукомплектование участка производственным и контрольным оборудованием и продолжение процесса цифровизации на основе решений, предлагаемых нашим проверенным партнером – компанией «Остек-СМТ», – будет способствовать дальнейшему повышению качества продукции и улучшению экономических показателей производства.

Спасибо за интересный рассказ.

# КАК ЭФФЕКТИВНО ИНВЕСТИРОВАТЬ В УЧАСТОК СВЕРЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В КРИЗИСНОЕ ВРЕМЯ?



Текст: Семен Хесин

”

Узким горлышком производства печатных плат могут быть несколько операций: гальваника, прессование, экспонирование, электроконтроль и автоматическая оптическая инспекция. Но чем сложнее платы, тем чаще таким участком оказывается сверление. Платы с BGA-компонентами часто имеют несколько десятков тысяч отверстий (рис. 1: количество отверстий диаметром 0,2 мм более 19 тысяч), из-за чего программа сверления длится несколько часов. И, соответственно, потребность в сверлильных станках будет актуальна всегда. В статье я постараюсь ответить на вопрос, как получить максимально быстрый возврат инвестиций в зависимости от различной сложности плат.

DTM							
Layer: drill							
User Parameter:							
Depth: 0 mm SI							
#	Tool Type	Count	Type	FSize [µm]	+Tol [µm]	-Tol [µm]	* DSize [µm]
1	Hole	12	Plated	251.46	104.14	251.46	250
2	Hole	495	Via	251.46	104.14	251.46	250
3	Hole	106	Plated	254	76.2	254	200
4	Hole	16552	Via	254	76.2	254	200
5	Hole	3252	Via	254	101.6	254	250
6	Hole	113	Via	304.8	101.6	304.8	250
7	Hole	72	Plated	381	50.8	50.8	450
8	Hole	4	Non plated	558.8	76.2	76.2	650
9	Hole	14	Plated	609.6	76.2	76.2	700
10	Hole	6912	Plated	660.4	76.2	76.2	750

1. Неполная таблица инструмента для типовой программы обработки (количество отверстий диаметром 0,2 и 0,25 мм более 19 тысяч, диаметром 0,75 мм – порядка 7 тысяч)

Типичный спор в случае непокрытия отверстий: виновник – сверление или гальваника? Если сверление, то:

- режимы или инструмент?
- оборудование или человек?
- предоперации, само сверление или постоперации?
- базовый материал или вспомогательный?

Формирование межслойных переходов в целом и сверление в частности – это очень сложный и многофакторный процесс, управление которым – задача технологов и их руководства. Решение этих вопросов и инвестирование в процессы бывает разным. Я мог бы написать: «Вложите 1 миллион долларов!», но ведь это не обязательно решит все ваши проблемы и задачи. Самым главным я считаю инвестирование в опыт ваш или ваших сотрудников. Поэтому разделим статью на две части:

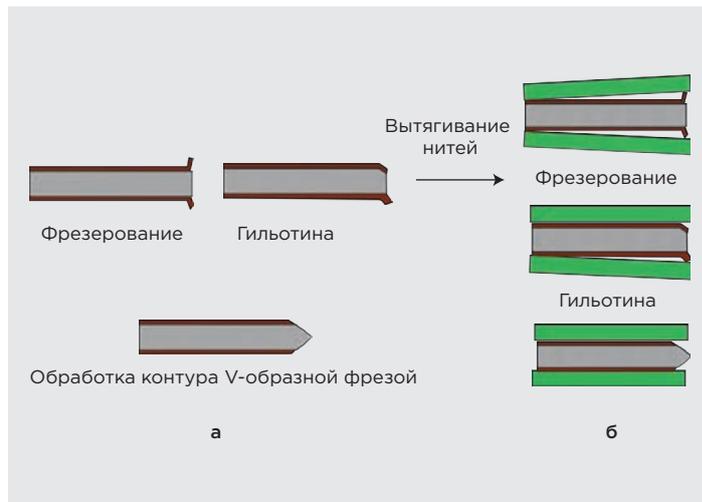
1. Какие шаги предпринять для быстрого решения текущих вопросов с имеющимся оборудованием?
2. Как выбрать новое оборудование?

### Часть 1. Несколько шагов, которые можно и нужно сделать прямо сейчас

На производительность операции напрямую влияют скорость выполнения, а также процент выхода годных. Приведенные дальше этапы помогают добиться максимальной производительности при ≈100% выходе годных с операции сверления. Итак, что нужно сделать?

#### Проверить нарезку материала (базового и вспомогательного)

Несмотря на кажущуюся простоту, заготовительная операция является одним из важных этапов в производстве печатных плат. Нарезка может привести к образованию заусенцев в зоне реза (рис 2), что потом приводит



2. Наличие и отсутствие заусенцев в зоне реза после разных видов обработки (а) и их влияние на зазоры в пакете сверления (б)

к неплотному прилеганию накладки к заготовке во время обработки и, как следствие, заусенцам в области, близкой к краю реза. Чтобы избежать этого эффекта, после нарезки необходимо формировать фаску на заготовке.

Нарезка базового и вспомогательного материалов должна выполняться точно в размер. Накладка должна быть меньше заготовки менее чем на 0,5 мм, подкладка – менее чем на 0,5 мм больше заготовки. Таким образом, во время обработки прижимные лапки станка будут плотно зажимать пакет сверления, и не будет образовываться пузырь (рис 3).

#### Проверить сборку пакета сверления

Сборка пакета сверления напрямую связана с нарезкой материала. Основная цель – обеспечить плотное прилегание между накладкой и заготовкой, а также подкладкой и заготовкой во время обработки, минимизируя пыль между ними. Диаметр волоса ≈80 микрон. Вы представляете, что будет, если свер-



3. Пузырь между заготовкой и накладкой из-за некорректной нарезки

ло диаметром 200 мкм попадет в него? На некоторых зарубежных предприятиях данная операция выполняется в помещении 7-го класса чистоты. При отсутствии таких возможностей рекомендуется проводить хотя бы обеспыливание плат, подкладок и накладок перед сверлением – вопрос обеспыливания очень важен при малых диаметрах отверстия.

Если отверстия для базирования в накладке расположены на большем расстоянии относительно отверстий в заготовке (формируются на разных единицах оборудования), то между накладкой и заготовкой также будет пузырь. Например, отверстия в заготовке на расстоянии 400 мм, а отверстия в накладке – на 401 мм. Тогда либо штифт будет с перекосом, что приведет к смещению всей программы сверления и браку, либо образуется пузырь, который создаст заусенцы и брак. Чтобы уйти от этого эффекта, необходимо либо формировать отверстия на одной установке, либо делать отверстия в накладке с припуском.

### Подобрать корректный инструмент

Для сверления отверстий диаметрами 0,5 мм и более тип инструмента не играет большой роли, но для формирования отверстий меньших диаметров выбор инструмента имеет решающее значение. В мире и в России последние 10 лет лидирует инструмент с двойной стружечной канавкой, которая переходит в одну. Такой инструмент позволяет получить максимально ровную стенку отверстий, максимальную скорость сверления и добиться наибольшего ресурса инструмента. Все это достигается за счет более жесткой сердцевины такого сверла. На рис. 4 изображены сверла фирмы ТСТ (Тайвань), серия УСУ.

### Использовать короткую серию сверл при необходимости

При диаметрах  $\leq 0,5$  мм рекомендуются сверла минимально применимой короткой серии для конкретного конструктива многослойной печатной платы (МПП). Минимальная длина режущей части при выборе серии сверла рассчитывается по формуле: длина режущей части = толщина МПП



4

Внешний вид стандартного инструмента и сверл серии УСУ фирмы ТСТ, Тайвань

+ толщина накладки + диаметр инструмента (заход в подкладку) + два диаметра инструмента (выход стружки).

### Подобрать оптимальные вспомогательные материалы

Рекомендуется применение следующих подкладок и накладок:

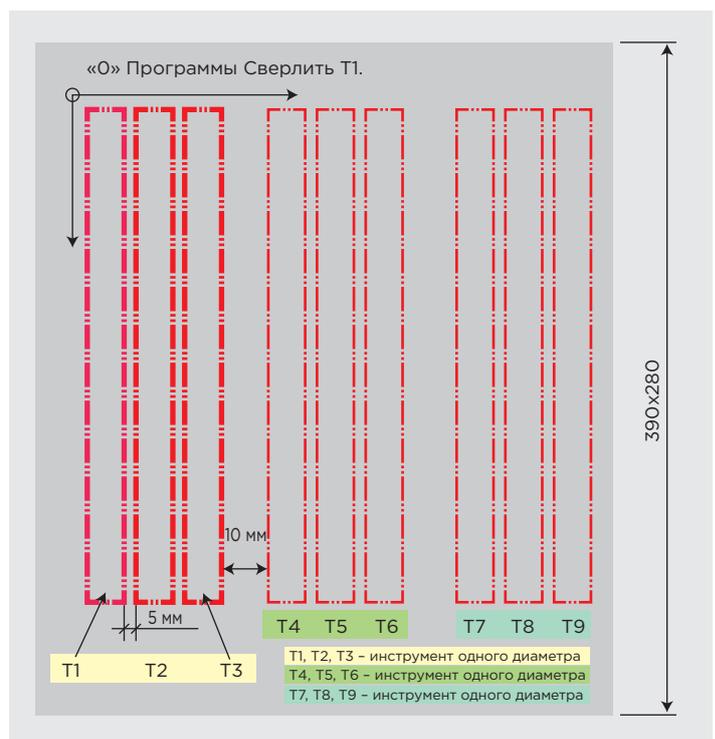
- Накладки:
  - › алюминиевая накладка для диаметров более 0,3 мм;
  - › PPL-накладка 0,5 мм для диаметров 0,3 мм и менее;
  - › алюминиевая накладка с лубрикантом для диаметров менее 0,1 мм, толщина алюминия в накладке должна быть равна диаметру инструмента.
- PPL-подкладка 1,5 мм и более.

### Использовать качественные базовые материалы

«Слепить из того, что было» не всегда понравится отделу технического контроля (ОТК). Базовый материал должен быть качественным. А что такое качественный базовый материал? Это широкое технологическое окно, которое позволяет получить большую производительность, не теряя в качестве, и быть уверенным в результате. Применение базовых материалов Hitachi, Panasonic и Taiflex гарантирует это.

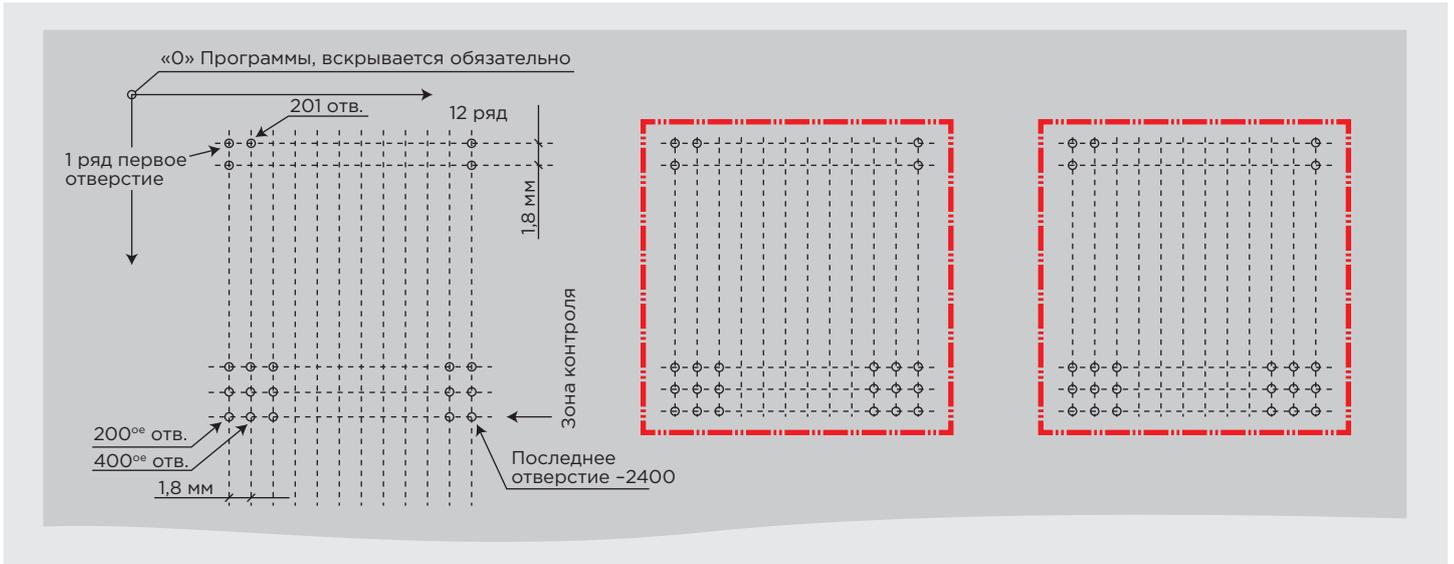
### Подобрать режимы резания

Подбор режимов обработки – основная задача любого технолога. Помочь в этом может методика подбора режи-



5

Схема заготовки для подбора режимов резания на 3 диаметра сверл



6  
Схема расположения рядов отверстий для подбора режимов резания

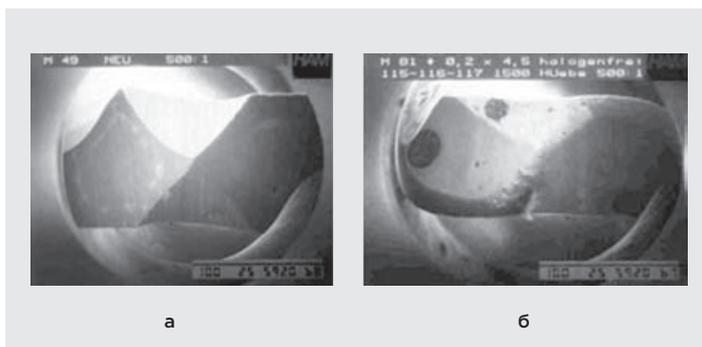
мов. В основе методики лежит обработка одной заготовки при разных режимах (каждый режим под одно новое сверло, рис 5). Задав на одно сверло ресурс 3000–5000 отверстий, вы сможете выбрать режим и понять ресурс инструмента для него (рис 6).

Косвенно можно оценить режимы через режущую кромку сверла (рис 7).

Но наиболее точный результат, конечно, дадут шлифы (рис 8). Чем оптимальнее режим, тем дольше служит сверло.

### Сверление в несколько заходов

Для сверхбольшого соотношения глубины относительно диаметра целесообразно сверлить в несколько заходов. Конечно, не каждый станок такое позволяет, но если у вас есть станки POSALUX, то освоите функцию stepdrill для сверления в три захода (рис 9). Для выполнения такой операции станки должны обладать сверхвысокой повторяемостью и точностью обработки. На данный момент такие характеристики могут обеспечить только станки POSALUX.

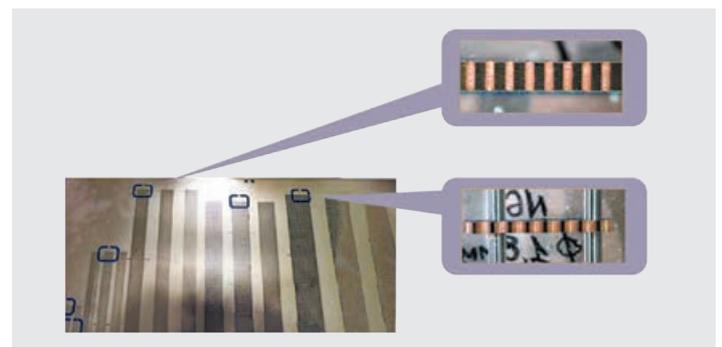


7  
Внешний вид нового сверла (а) и сверла после 1500 отверстий (б)

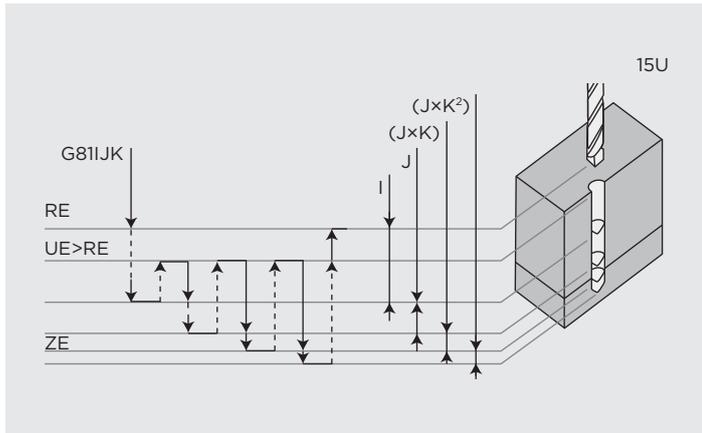
### Правильно распределить обязанности внутри цехового персонала

Как-то я оказался на небольшом частном заводе в Европе, который специализировался на скоростном изготовлении печатных плат. На этом заводе было 10 шпинделей, два прессы, одна гальваническая линия производительностью 2 м<sup>2</sup>/час и все необходимое оборудование для производства печатных плат. Работали там порядка 15 человек, включая владельца, секретаря, бухгалтера и менеджера по продажам. Этот завод делал печатные платы от нарезки материала до финишного покрытия. Операции нанесения маски, экспонирования, проявления и дублирования маски выполнял один человек. Он же оценивал качество выполненных работ.

Так и в сверлении: оператор на небольшом производстве должен и сверлить, и выполнять операции подготовки перед сверлением, а после сверления – зачистку, продувку и контроль выполненных отверстий. Если вышеописанные шаги сделаны, а шпинделей по-прежнему не хватает, необходимо приступать к выбору оборудования.

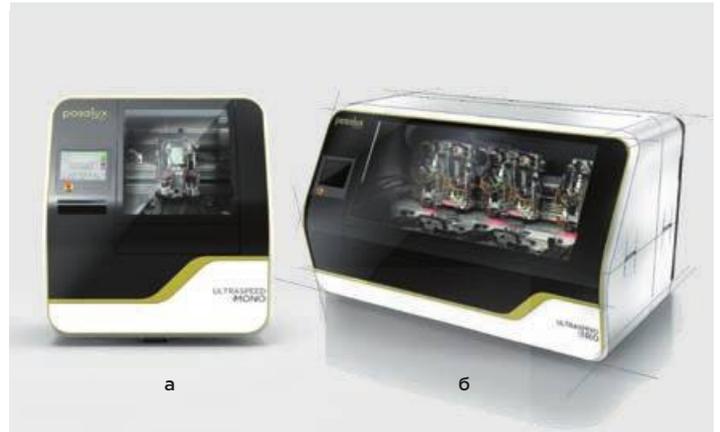


8  
Фото заготовки и шлифов для подбора режимов резания после сверления



9

Схема движения сверла во время обработки в режиме stepdrill



10

Фото станка POSALUX: одностанционная модель MONO (а) и трехстанционная модель TRIO (б)

## Часть 2. Выбор оборудования

### Рынок оборудования для сверления и фрезерования

Рынок оборудования для сверления и фрезерования печатных плат представляет собой следующее:

- С точки зрения технологий и качества оборудования лидер рынка – фирма POSALUX, Швейцария.
- Огромное количество азиатских изготовителей, выбрать среди которых надежного – задача очень нетривиальная, но вполне решаемая. Остек уже выполнил эту задачу и готов поделиться своими решениями.
- Ряд других европейских фирм, которые с точки зрения технологий проигрывают POSALUX, а с точки зрения соотношения цена/комплектация – проигрывают китайским изготовителям. Эти компании держатся в основном за счет бренда.

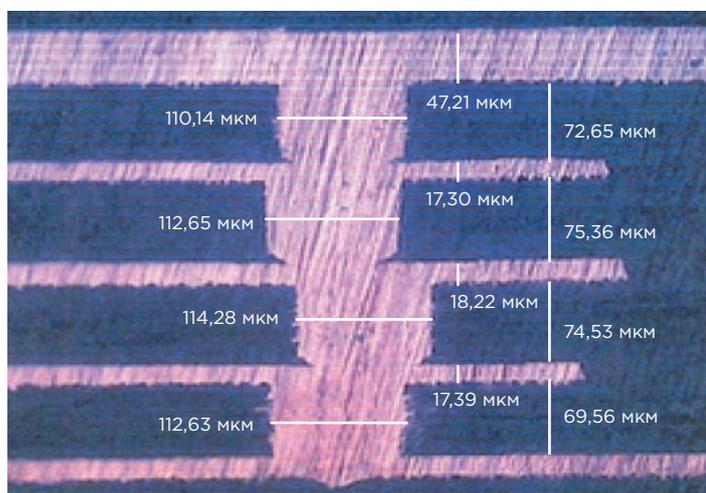
Рассмотрим оборудование компании POSALUX.

## Ключевые преимущества POSALUX

### Самый быстрый возврат инвестиций

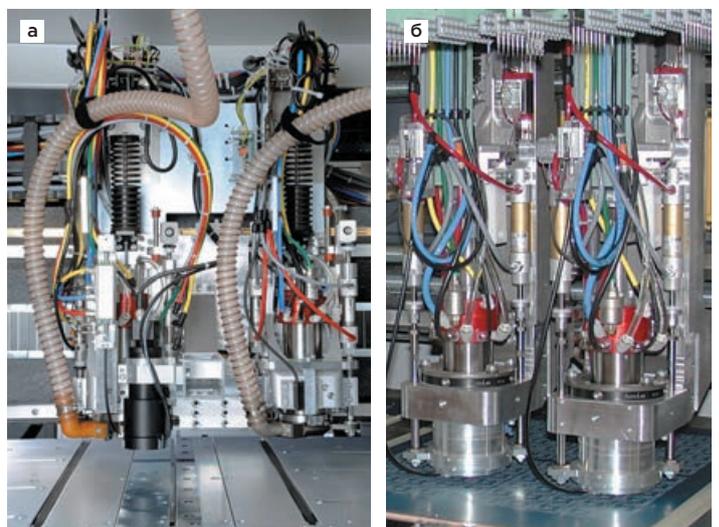
При покупке станка важно оценивать не только разовые капиталовложения, но и производительность, точность и технические возможности оборудования. По всем этим показателям POSALUX – мировой лидер. Одним шпинделем в одной заготовке на глубину 300 мкм станок может сверлить до 20 отверстий в секунду, что равняется 1200 отверстиям в минуту. И все это при соблюдении паспортной точности в 15 мкм. Точность заглабления (важна для формирования глухих отверстий) в пределах 10 мкм, что отлично демонстрирует рис 11: плата послойного наращивания, выполненная в РФ.

Что это дает? Когда обычные станки сверлят стандартную программу со скоростью 300 отверстий в минуту, POSALUX будет ее сверлить со скоростью 600 отверстий в минуту. Таким образом, станки POSALUX максимально быстро окупают себя, особенно на сложных печатных платах.



11

Шлиф платы послойного наращивания, серийно изготавливаемой в РФ и демонстрирующей точность сверления на глубину станками POSALUX



12

Комплектация станков Combi (а) и Dual (б)

Видео о преимуществах POSALUX



**Самая низкая стоимость владения оборудованием благодаря концепциям DUAL / COMBI**

Станки POSALUX обладают уникальными технологиями: Combi – два шпинделя на одной станции работают попеременно и Dual – два шпинделя работают на одной станции одновременно (рис 1 2).

**Принцип Combi:** два разных шпинделя попеременно обрабатывают заготовку на одной станции.

Преимущества Combi:

- Сверление и фрезерование с одного станка.
- Экономия производственных площадей и стартовых инвестиций.
- Возможность сверления и формирования металлизированных пазов в одной программе с одного установка.
- Доступны одно-, двух- и трех-станционные станки в комплектации Combi.

**Принцип Dual:** два одинаковых шпинделя одновременно обрабатывают заготовку на одной станции.

Преимущества Dual:

- Удвоенная производительность.
- Экономия производственных площадей и стартовых инвестиций.
- Комплектация доступна и для сверлильных, и для фрезерных станков.

В случае малого размера заготовки концепция Dual позволяет обрабатывать две заготовки на одной станции, таким образом превращая одностанционный станок в двухстанционный (рис 1 3).



Прижимная пята для сверлильного шпинделя

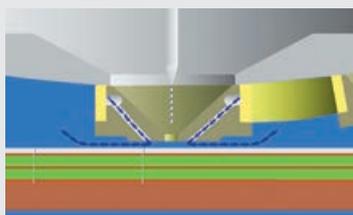


Схема работы 300-микронной воздушной подушки

Система IPF3 для автоматического трёхпозиционного изменения окна прижимной пяты для сверления отверстий малого диаметра позволяет избавиться от заусенцев на меди при сверлении отверстий малого диаметра. Снятие заусенцев на отверстиях малого диаметра практически невозможно, так как заусенец заваливается внутрь отверстия при щёточной зачистке.

Система IPF3 использует металлические прижимные пяты с микроотверстиями (в обеих пятаках), через которые подаётся сжатый воздух, создающий воздушную подушку между прижимной пятой и поверхностью просверливаемого пакета порядка 300 мкм. Данная воздушная подушка позволяет не поднимать каждый раз прижимную пята для перемещения к каждому отверстию. Вверх и вниз перемещается только шпиндель и только для того, чтобы сверло вышло из материала. Это увеличивает скорость сверления, снижает вибрацию, но не снижает точность сверления!



Прижимная пята для фрезерного шпинделя

Прижимная пята IPF2R имеет две позиции: щетку для фрезерования по контуру и пластиковую вставку для фрезерования на глубину. Обычно смену между щеткой и вставкой выполняет оператор, и после замены требуется перенастройка Z оси, на что тратится много времени.

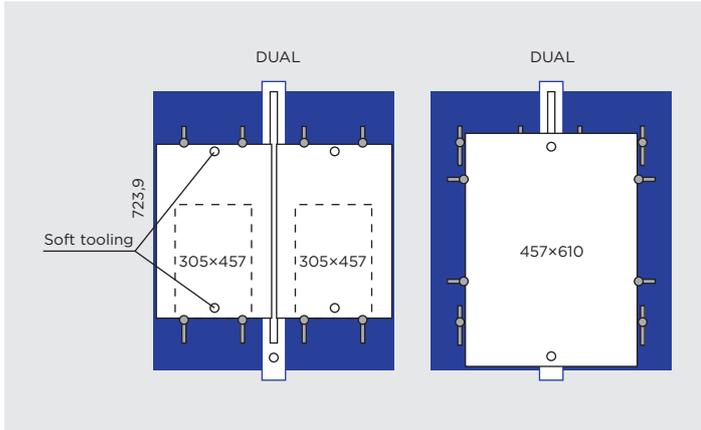
Система IPF2R позволяет значительно сэкономить время в случае частого использования станка для фрезерования на глубину.



Прижимная пята для универсального шпинделя

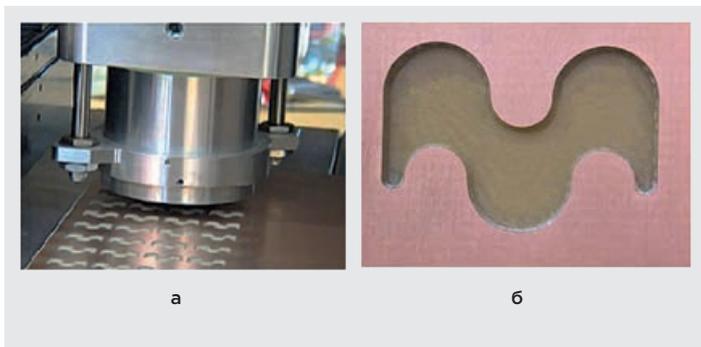
Прижимная пята для универсального шпинделя обладает тремя позициями.

Две металлические вставки с микроотверстиями для сверления с воздушной подушкой под малые и большие диаметры. Щетка для фрезерования по контуру. В этой же позиции и производится смена инструмента.



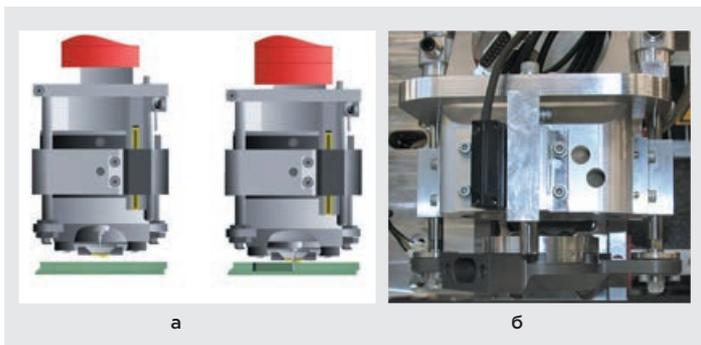
1 3

Работа с двумя заготовками малого размера на одной станции при комплектации DUAL



1 4

Фрезерование без перемычек: вид станка без перемычек (а) и вид заготовки после обработки (б)



1 5

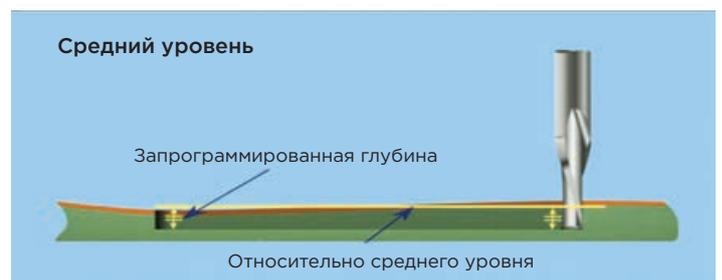
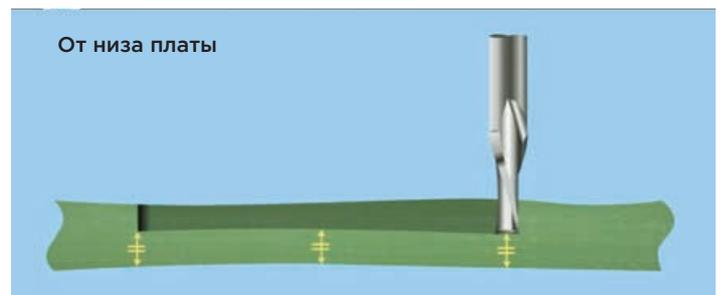
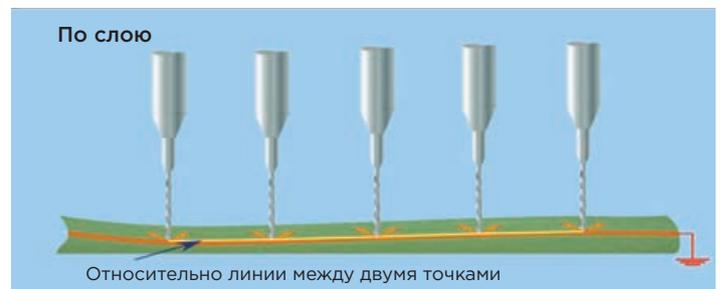
Схема расположения второй измерительной станции для фрезерования на глубину от токопроводящей поверхности (а) и внешний вид измерительной станции, установленной на станке (б)

### Технические преимущества

С точки зрения технологии станки POSALUX давно опередили всех изготовителей в мире. Яркими примерами являются прижимные пяты.

Станки POSALUX обладают широкими возможностями:

- По фрезерованию без перемычек (рис 1 4).
- По фрезерованию и сверлению на глуби-



1 6

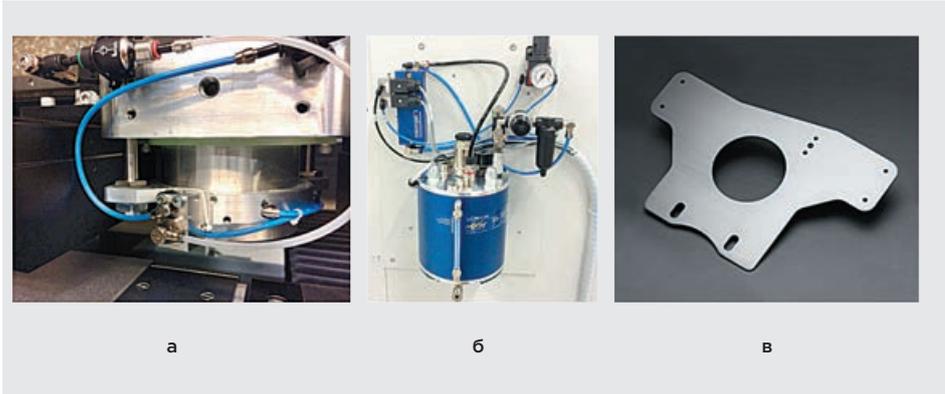
Виды обработки на глубину (а, б, в, г, д)

ну от токопроводящей и токопроводящей поверхностей.

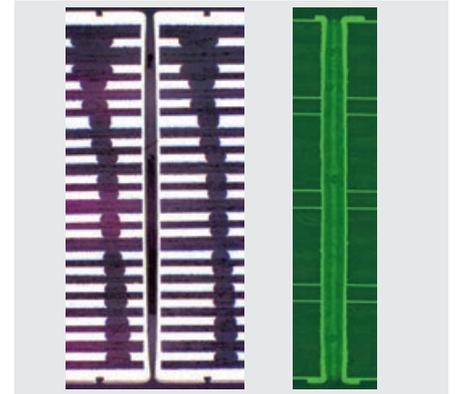
- По фрезерованию алюминия.

### Станки из страны «трех драконов»

Компания «Остек-Сервис-Технология» неоднократно выводила на российский рынок продукты из Юго-Восточной Азии. Азиатский рынок огро-



17 Вид системы распыления лубриканта на станке (а), бачка с лубрикантом на станке (б), детали после фрезерования (в)



18 Платы с высоким отношением диаметра к толщине (до 1:24)

мен и является самым большим рынком электроники и оборудования в мире. Я общался с изготовителем сверлильных станков в Китае и спросил, как у них проходит выбор оборудования. Его ответ меня обескуражил: «Мы покупаем по одному станку у пяти изготовителей (а некоторые изготовители даже дарят по станку). После года эксплуатации принимаем решение, у кого купить 100 штук 6-шпиндельных станков». Когда я ему сообщил, что мы в России выбираем, сравнивая технические характеристики на бумаге, отзывы с других предприятий, в ответ последовало недоуменное молчание.

Специалисты «Остек-Сервис-Технология» проделали серьезную работу по выбору оборудования и, проведя серьезный анализ рынка, отсеяв «гаражные» производства, нетехнологичное и неподходящее для российского рынка оборудование, нашли замечательного партнера (рис 19). Компания предлагает идеальное соотношение цена и комплектация, что гарантирует лучшие комплектующие при низких ценах (рис 20). Мы уже внедрили это оборудование на ряде предприятий в России и, если ваши инвестиции серьезно ограничены бюджетом, предлагаем обращаться к нам!

### Опыт «Остек-Сервис-Технология» в России

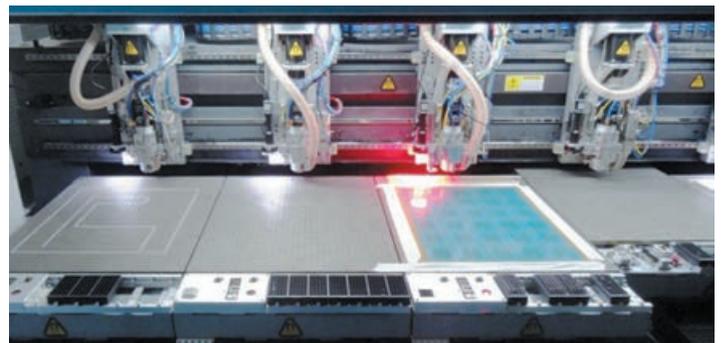
В своей работе мы сталкивались с различными задачами: сверление отверстий диаметром 50 мкм, сверление отверстий со скоростью 15 отверстий в секунду при сохранении паспортной точности, программы сверления в течение 25 часов, обработка нестандартных материалов, обратное рассверливание и многое другое (рис 18). Компания имеет сертифицированную сервисную службу, которая может решить любые задачи, а также консолидационный склад запасных частей на территории России. Наш опыт внедрения более чем 200 станков позволяет гарантировать результат, и мы с радостью готовы делиться им с вами.

В статье представлены рекомендации по избавлению от узкого горлышка на участке сверления. Для этих и других задач специалисты ООО «Остек-Сервис-Технология» уже имеют готовые и проверенные в РФ решения. Станки POSALUX – это самый быстрый возврат инвестиций, самая низкая стоимость владения оборудованием, самые высокие производительность и точность, а также лучшие технические комплектации.

**Вам остается только сделать правильный выбор!**



19 Вид одного из сборочных цехов китайского изготовителя



20 Станок в высокотехнологичной комплектации: отдельные столы, видеокмеры на каждом столе, вакуумные столы, фрезерование на глубину

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО УЧЁТА И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ТМЦ

Текст: Игорь Бенгин, Артур Данчук

”

Складское хозяйство – неотъемлемая часть любого производственного процесса. Склад взаимодействует практически со всеми подразделениями, как производственными, так и административно-хозяйственными. Задача склада заключается не только в хранении товарно-материальных ценностей (ТМЦ), но и в обеспечении бесперебойной работы производства.



1 Хранение ТМЦ в автоматизированной системе хранения

В качестве ТМЦ принимают:

- сырье, материалы и другие активы, используемые при производстве продукции (оказании услуг);
- готовую продукцию и товары;
- материалы, используемые в процессе выполнения работ для обеспечения нормального технологического процесса и упаковки продукции или расходующиеся на другие нужды (проведение испытаний, ремонт и эксплуатацию оборудования, зданий);

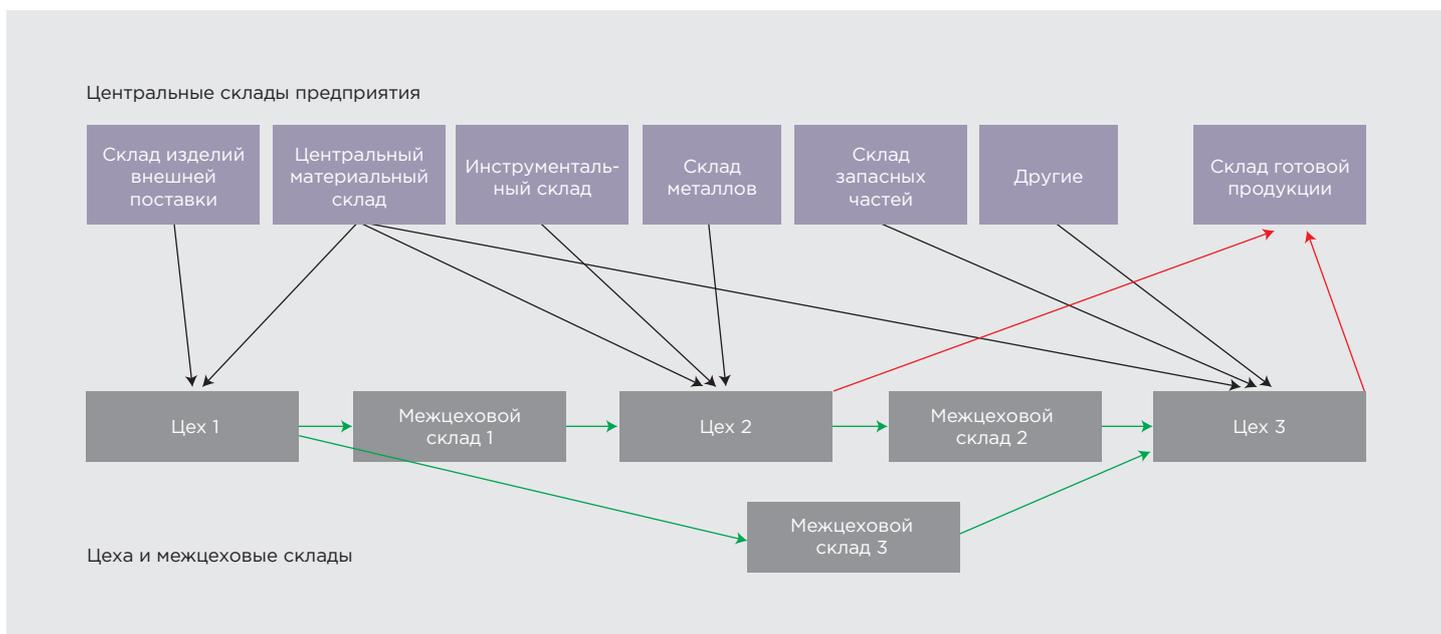
- запасные части для ремонта оборудования и другие материальные ценности, не относимые к основным средствам;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся дополнительной обработке или сборке на предприятии, и т. д.;
- отходы и брак.

Как правило, перечисленные материальные ценности хранятся на различных складах. Для обеспечения работы производства необходимо иметь информацию о текущем местоположении каждой единицы ТМЦ в определенный момент времени, чтобы прогнозировать сроки и количество изготовления готовой продукции, вовремя доставлять комплектующие. На рис. 2 представлена типовая схема перемещения ТМЦ на предприятии.

На схеме видно, что основные перемещения с материальных складов происходят в производственные цеха, между цехами, из цеха финишной обработки/ сборки на склад готовой продукции.

Для регистрации складских движений требуются следующие документы:

- Карточка учета материалов (форма М-17) – главный документ, который применяется для контроля за движением товарно-материальных ценностей. Оформление документа лежит на материально-ответственном работнике.
- Приходный ордер (форма М-4) – используется для учета материальных ценностей, поступающих от поставщиков или из переработки.
- Накладная на отпуск на сторону (форма М-15) – предназначена для учета отпуска материальных ценностей хозяйствам своей органи-



2 Типовая схема перемещения ТМЦ на предприятии

зации, находящимся за пределами ее территории, или сторонним организациям.

- Требование-накладная (форма М-11) – документ для учета движения материальных ценностей внутри организации. Используется для оформления межскладских перемещений, выдачи ТМЦ в производство и возврата неизрасходованных ТМЦ на склад.
- Лимитно-заборная карта (форма М-8) – применяется при наличии лимитов отпуска материалов для оформления отпуска и является оправдательным документом для списания материальных ценностей со склада. Используется, когда на предприятии происходит регулярная передача ТМЦ из одного подразделения в другое.

Учитывая разнообразие ТМЦ и особенности их движения, производственные процессы любого предприятия нельзя представить без такого важного инструмента складского хозяйства, как складской учет ТМЦ.

**Складской учет** представляет собой совокупность процедур, направленных на документирование различных складских операций, таких как: прием товаров (сырья, материалов); их размещение на складе, перемещение между складами (и иными смежными подразделениями); отпуск товаров со склада в тех или иных целях (на отгрузку, в производство); списание.

Основная задача складского учета – контроль наличия, сохранности и движения ТМЦ на предприятии. Кроме того, именно складской учет позволяет классифицировать ТМЦ в зависимости от различных параметров (срок годности, метраж, вес, габариты, партийность и т. д.) и потребностей производства.

На каждом предприятии важно обеспечить взаимодействие бухгалтерского и складского учета. Если не обновлять информацию о ТМЦ в режиме реального времени, возникают несовпадения реальных остатков материально-производственных запасов на складе

и числящихся в бухгалтерской базе данных, например, если со склада необходимые наименования комплектующих были отправлены в производственный цех, а информация в базе данных не обновилась.

**Прослеживаемость** – это возможность отследить историю, применение или текущее местонахождение объекта на складе с помощью записи всех изменений в систему учета производства. С ее помощью можно контролировать движение ТМЦ от поступления на склад до выпуска готовой продукции. Система прослеживаемости помогает обеспечить контроль всех производственных процессов и снизить расходы предприятия и себестоимость конечного продукта, а также сократить прямые и косвенные затраты, снизить брак, улучшить производственный процесс.

Внедрение учета в производстве – первый этап прослеживаемости ТМЦ. Существенное отличие производственного учета от «простого» складского учета состоит в том, что в нем происходит списание ТМЦ со склада на производство, а затем создается готовая продукция, в стоимость которой включается стоимость списанных ранее ТМЦ. Этот процесс проводится по определенным правилам как с точки зрения бухгалтерского учета, так и со стороны технологии производства. С точки зрения технологии важны состав изделия и прохождение последовательности технологических операций. Это определяется соответствующими конструкторскими и технологическими документами. Кроме того, существует еще одна особенность производственного учета – так называемое незавершенное производство. Это совокупность ТМЦ, которые уже были списаны в производство, но еще не стали готовой продукцией.

Внедрение системы прослеживаемости на предприятии невозможно без автоматизации складского учета с постоянным обновлением в режиме реального времени.

Автоматизация складского учета обеспечивает:

- полный контроль товарных остатков, товародвижения, загрузки персонала, загрузки складских площадей;
- избавление от бумажных журналов и книг учета;
- перераспределение труда работников склада;
- быструю и легкую инвентаризацию без остановки работы склада;
- рациональное и эффективное размещение товаров в существующих параметрах склада;
- соблюдение сроков поставки и т.д.

### **Использование специализированного программного обеспечения (ПО) для ведения производственного и складского учета**

Для внедрения автоматизированного складского учета с возможностью прослеживаемости было разработано специализированное ПО, которое позволяет



провести интеграцию с единым информационным пространством предприятия (ERP/АСУ предприятия). Для каждого предприятия необходим индивидуальный подход, поэтому разрабатывается кастомизированное ПО с учетом всех нюансов учета и прослеживаемости соответствующего предприятия.

Преимущества автоматизированного складского учета:

- автоматизация и оптимизация оперативной складской логистики;
- повышение производительности труда персонала;
- уменьшение простоя техники на складах с предусмотренной технологией работы;
- хранение актуальных данных о складских остатках;
- информирование пользователя о возможных вариантах текущих действий при совершении операций по обработке товаров на складе с учетом тех или иных правил, ограничений или критериев;
- получение ряда отчетной информации и печати ряда документов;
- обеспечение проведения основных складских операций с ТМЦ;
- проведение инвентаризации;
- адресное хранение.

Основными функциями ПО являются:

- *Создание справочника номенклатуры в формате заказчика*  
Возможны два варианта создания номенклатурной базы: ручной и автоматизированный. При ручном способе ввод всех данных выполняется вручную – с помощью персонального компьютера оператор вводит данные о ТМЦ в справочник номенклатуры. В автоматизированном режиме производится автоматическая передача данных о ТМЦ с файлов номенклатуры.
- *Поиск по номенклатурному справочнику*  
Чтобы добавить или изъять со склада необходимую ТМЦ в ПО предусмотрен быстрый поиск по номенклатурному справочнику по артикулу или наименованию ТМЦ.
- *Создание отчетов*  
Получение актуальной и своевременной информации об остатках товара на складе для оперативного планирования. Исключается возможность хищения ТМЦ персоналом. Происходит отслеживание движения ТМЦ внутри склада.
- *Компактное хранение ТМЦ*  
В помещениях и на площадках хранения устанавливаются автоматизированные системы хранения для размещения товаров, сырья и готовой продукции. ПО при идентификации



4

Интерфейс ПО

или измерения параметров ТМЦ автоматически определяет, где требуется расположить ТМЦ для более рационального использования пространства.

#### ■ *Администрирование*

Обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа благодаря идентификации операторов при помощи индивидуального пароля или карты доступа (разграничение прав доступа). Возможна настройка выбора широты функционала для каждого сотрудника.

#### ■ *Контроль остатков*

В режиме реального времени можно отследить местоположение конкретной ТМЦ, что снижает риски нехватки запасов комплектующих.

#### ■ *Контроль предприятия из одного места*

Благодаря полноценной интеграции систем всего предприятия есть возможность контроля любого участка с любого персонального компьютера.

Автоматизация складского учета и внедрение системы прослеживаемости – одно из важнейших требований к современному производственному предприятию вне зависимости от типа деятельности и вида производимых товаров. Автоматизация позволяет контролировать движение материальных ценностей, отслеживать любые изменения в процессе, что дает возможность предотвратить неэффективное использование ТМЦ и сократить финансовые затраты. Чем крупнее предприятие, тем более востребованным на нем будет процесс оптимизации складских процессов и, соответственно, автоматизация с помощью специализированного программного обеспечения.

## ТЕХПОДДЕРЖКА

# СТАНДАРТ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ - ЧТО НОВОГО?



Текст: Любовь Минина



В марте 2018 года Международная организация по стандартизации (ИСО) выпустила стандарт ISO 19453 «Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования для системы привода электромобилей». Стандарт состоит из четырех частей: Часть 1: Общие положения, Часть 3: Механические нагрузки, Часть 4: Климатические нагрузки, Часть 5: Химические нагрузки.

Современная автомобильная промышленность создает предпосылки для развития и усовершенствования испытаний на воздействия условий окружающей среды, в том числе испытаний на климатические воздействующие факторы. Исполнение требований этого стандарта обеспечит выпуск качественной и надежной продукции в данной области. За последние годы, благодаря появлению и развитию новых технологий, многие производители сместили значительный фокус внимания на вопросы экологии. Это дало толчок для разработок в сфере альтернативного транспортного двигателестроения, в том числе и с питанием от автономных источников электроэнергии. Из-за относительного новшества этого направления в автомобильной промышленности потребовались и новые методики испытаний, изложенные в нормативной документации. Одним из таких документов стал стандарт ISO 19453, и наша статья посвящена его четвертой части – Климатические нагрузки и описывает его содержание и требования. Мы расскажем, что нового привнесли электродвигатели в вопросы стандартизации в целом и автомобильную промышленность в частности.

### Необходимость разработки новых испытательных стандартов

В автомобильной промышленности растет число транспортных средств с разными формами тяги двигателя, включая электромобили (EV) и гибридные электромобили (HEV). Электрические силовые установки и компоненты, установленные в таких транс-



Сравнение глав ISO 16750 и ISO 19453 «Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования для системы привода электромобилей»

№	СЕРИЯ ISO 16750	СЕРИЯ ISO 19453
1	ISO16750-1: Общие положения	ISO19453-1: Общие положения
2	ISO16750-2: Электрические нагрузки	Пропущен (в данный момент разрабатывается как ISO 21498)
3	ISO16750-3: Механические нагрузки	ISO19453-3: Механические нагрузки
4	ISO16750-4: Климатические нагрузки	ISO19453-4: Климатические нагрузки
5	ISO16750-5: Химические нагрузки	ISO19453-5: Химические нагрузки

портных средствах (например, приводной двигатель, инвертор, преобразователь постоянного тока и т. д.), становятся габаритнее, тяжелее, что вызывает необходимость перехода к высоковольтному напряжению. Для обеспечения долговечности таких установок и компонентов был необходим новый стандарт экологических испытаний. Опираясь на стандарты для экологических испытаний электрического и электронного оборудования 12 В / 24 В и широко используемый в автомобильной промышленности стандарт ISO 16750, началась работа по созданию стандарта для более крупных и тяжелых агрегатов, для которых характерны повышенные рабочие напряжения.

Мероприятия по стандартизации стартовали в 2011 году на заседании комитета по силовой электронике по методике испытаний высоковольтных компонентов на экологическую стойкость комитета «Японское общество автомобильных инженеров» (JSAE). В декабре 2013 года начался международный проект (ISO / TC22 / SC32 / WG2). В марте 2018 года стандарт ISO 19453 «Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования для системы привода электромобилей» был выпущен в виде серии, состоящей из четырех частей (T 1), как некое логическое продолжение-замена стандарта ISO 16750. Часть 2 опущена, но в настоящее время готовится соответствующий отдельный стандарт ISO 21498 (ISO / TC22 / SC37 / WG4).

### Общее описание испытательных стандартов

#### Сфера применения

Предметом описываемой серии стандартов являются электрические двигательные (силовые) установки и компоненты класса напряжения «В», определенные в стандарте ISO 6469-3 «Транспорт дорожный на электрической тяге. Правила техники безопасности. Часть 3. Защита людей от поражения электротоком», включая приводные двигатели, инверторы, преобразователи постоянного тока и т.д. (T 2).

Однако батарейные блоки и системы для приводных устройств этой серией не охвачены. Стандартизация для них существует с 2016 года как ISO 19453-6 (тяговые аккумуляторные блоки и системы).



Класс мощности согласно стандарту ISO 6469-3

КЛАСС	МАКС. РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ
Класс напряжения А	Менее 30В AC или 60В DC
Класс напряжения В (покрывается текущей серией стандартов)	От 30 до 1000В AC или от 60 до 1500В DC



Стандартная конфигурация серии ISO 19453 и изменения в сравнении с серией ISO 16750

ЧАСТЬ	СОДЕРЖАНИЕ	ИЗМЕНЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С СЕРИЕЙ ISO 16750
Часть 1 Общие положения	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Термины и классификация по месту монтажа</li> <li>■ Режимы работы, классификация функционального состояния</li> <li>■ Испытания и требования</li> </ul>	Добавлены конкретные режимы работы и определения для высоковольтных компонентов
Часть 3 Механические воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Вибрация</li> <li>■ Механический удар</li> <li>■ Свободное падение</li> </ul>	В профили виброиспытаний был добавлен подход раздельной стандартизации низкочастотных и высокочастотных компонентов
Часть 4 Климатические воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Низкотемпературные испытания</li> <li>■ Высокотемпературные испытания</li> <li>■ Испытания на воздействие термоциклирования</li> <li>■ Испытания охлажденной водой (испытание на брызгозащищенность, испытание погружением)</li> <li>■ Испытания на воздействие соляного тумана</li> <li>■ Воздействие влажности и температуры при циклическом режиме — испытание на конденсацию влаги</li> <li>■ Влажность и повышенная температура при постоянном режиме</li> <li>■ Испытание на воздействие конденсата</li> <li>■ Коррозионное испытание с потоком смешанного газа</li> <li>■ Испытание на воздействие пыли</li> <li>■ Испытание на воздействие атмосферного давления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Испытание на воздействие атмосферного давления теперь включает в себя тест, фокусирующийся на явлении частичного разряда, свойственного высоковольтным компонентам</li> <li>■ Добавлен режим испытаний конденсации влаги (воздействие росы)</li> <li>■ Добавлены условия ускоренных испытаний распылением солевого раствора</li> </ul>
Часть 5 Химические воздействия	Условия воздействия испытательного агента	Частичное изменение метода применения и т. д.

### Конфигурация и изменения в сравнении с серией ISO 16750

В **ТЗ** представлена конфигурация серии стандартов ISO 19453 и изменения в сравнении с серией ISO 16750.

#### ■ Часть 1. Общие положения

Определяет элементы, общие для частей 3, 4 и 5, использование терминов по месту монтажа, режимы работы оборудования и специальные условия испытаний высоковольтных компонентов, включая напряжения испытаний.

#### ■ Часть 3. Механические воздействия

Определяет методы испытаний на вибрацию, механический удар, свободное падение и т.д. Описание вибрационных испытаний включает в себя концепцию определения низкочастотных и высокочастотных компонентов на основе измерений транспортного средства. Шаги, которые необходимо учитывать при создании профилей испытаний, перечислены в приложении с целью подготовки к будущему пересмотру стандартов.

**■ Часть 4. Климатические воздействия**

Охватывает испытания на воздействие внешних климатических факторов и коррозионную стойкость (высокая и низкая температура, термоциклирование, воздействие температуры и влажности в циклическом режиме, высокая температура / высокая влажность, пониженное атмосферное давление, точка росы, водостойкость, соляной туман, агрессивные газы, защита от пыли и т.д.).

**■ Часть 5 Химические воздействия**

Идентично стандарту ISO 16750, с частичным изменением метода применения только для испытаний на химическое воздействие.

**Общие положения стандарта ISO 19453-4 (Климатические нагрузки)**

**Цель испытания**

В этой части определяются условия окружающей среды, а также требования к испытаниям и эксплуатации, основанные на международно признанных конвенциях о типах окружающей среды, с которой автомобильное электрическое и электронное оборудование может столкнуться в течение жизненного цикла.

**Диапазон рабочих температур**

Температурный диапазон, в котором компоненты обязаны работать непрерывно, показан в **Т 4**. Минимальная рабочая температура (Tmin) равна -40 °C, а максимальная рабочая температура (Tmax) – +180 °C.

**Содержание испытаний и эталонные стандарты**

В **Т 5** приведены типичные элементы ISO 19453-4 (Климатические нагрузки) и стандартная справочная информация. Отличия от ISO 16750-4 применимы к следующим пунктам: испытания на наличие конденсата, соляного тумана, комбинированный цикл испытаний и испытания относительным атмосферным давлением.

Комплектующие изделия с большой тепловой мощностью, такие как двигатели, в меньшей степени способны подстраиваться к изменению окружающей

**Т 4**

Диапазон рабочих температур

	МИНИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА (TMIN), °C	МАКСИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА (TMAX), °C
A	-20	+65
B	-30	+65
C до T	-40	+65 до +180 (с шагом 5 °C)
Z	По договоренности	По договоренности

**Т 5**

ISO 19453-4 (Климатические воздействия) и наименование стандарта

#	НАИМЕНОВАНИЕ МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ	ССЫЛКА НА СТАНДАРТ
5.1.1.1	Низкотемпературное испытание при хранении	IEC 60068-2-1
5.1.1.2	Низкотемпературное испытание при эксплуатации	IEC 60068-2-1
5.1.2.1	Высокотемпературное испытание при хранении	IEC 60068-2-2
5.1.2.2	Высокотемпературное испытание при эксплуатации	IEC 60068-2-2
5.2.1	Термоциклирование с заданной скоростью изменения температуры	IEC 60068-2-14 Nb (изменение температуры с заданной скоростью)
5.2.2	Быстрое изменение температуры с заданной длительностью перехода	IEC 60068-2-14 Na (резкое изменение температуры методом жидкость-жидкость)
5.3.2	Испытание на брызгозащищенность	
5.3.3	Испытание на погружение	
5.4.1	Испытание на коррозию	IEC 60068-2-52 (распыление циклами, раствор хлорида натрия)
5.4.2	Испытание на утечку и функциональный контроль	IEC 60068-2-11 (соляной туман)
5.4.3	Комбинированное циклическое воздействие соляного тумана	
5.5	Испытания на воздействии циклической влажности – конденсация влаги	IEC 60068-2-30
5.6	Влажность/повышенная температура, стационарное испытание	IEC 60068-2-78
5.7	Испытание на конденсат	
5.8	Коррозионное испытание потоком смешанного газа	IEC 60068-2-60 Метод испытаний 4
5.9	Испытание на солнечное излучение	
5.10	Испытание на воздействие пыли	ISO 20653/JIS D 5020
5.11	Испытание на воздействии атмосферного давления	ISO 60664-1

## Т 6

Испытания по пунктам 5.2.1 и 5.2.2

ПУНКТ	5.2.1 ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ С ЗАДАННОЙ СКОРОСТЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР	5.2.2 БЫСТРОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР С ЗАДАННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ПЕРЕХОДА
Ссылка на нормативную документацию	IEC 60068-2-14Nb (Испытание на изменение температуры с постоянной скоростью)	IEC 60068-2-14Na (Испытание на резкую смену температуры)
Наименование продукции	Камеры термоциклирования (серия AR)	Камеры термоудара (серии TSA, TSD, TSE)
Диапазон температур	от -70 до +180°C (от 10 до 98 % RH)	от -70 до +200°C

среды, поэтому в комплектующих может возникнуть конденсация росы. Испытание на конденсат включает стремительные изменения температуры и влажности (например, от -30 до +25 °C 90 % за короткое время) для оценки выносливости в таких условиях.

Комбинированные испытания распылением солевого раствора направлены на сокращение времени испытания благодаря использованию комбинированного метода циклирования, основанного на стандарте IEC 60068-2-52.

При использовании в условиях низкого атмосферного давления комплектующие с маленьким изоляционным расстоянием металлических проводников (например, эмалированные обмотки двигателя) могут испытывать явление частичного разряда. Испытание атмосферным давлением включает в себя испытание частичным разрядом, выполняемое путем приложения заданного испытательного напряжения при низком давлении, эквивалентном высоте 5000 м (54,0 кПа) или менее как указано в IEC 60664-1.



## 1

Испытательное оборудование (для испытания на термоциклирование и быстрое изменение температуры с заданной длительностью перехода)

## Сведения об испытательном оборудовании

### Испытание на воздействие термоциклирования и резкую смену температур с заданной длительностью перехода

Оборудование, пригодное для испытаний в соответствии со стандартами, описанными в статье, представлено на рис 1. Испытания по п. 5.2.1 (термоциклирование с заданной скоростью изменения) реализуются при задании режима термоциклирования с постоянной скоростью изменения температуры. Камеры тепла, холода, влаги и с возможностью быстрой смены температурного цикла (серия ESPEC AR) подходят для этой задачи.

Испытание по пункту 5.2.2 (быстрое изменение температур с заданной длительностью перехода) требует подвергнуть испытываемое изделие быстрой смене температуры. Камеры термоудара (особенно серии TSA или модели TSD и TSA) подходят для этой задачи (рис 1).

### Испытание на образование конденсата

После продолжительной работы в зимней холодной среде, когда автомобиль попадает в теплую среду (такую как гараж или подземная автостоянка), детали с большой теплоемкостью (например, двигатели) не могут быстро подстроиться к изменениям окружающей среды, поэтому на их поверхностях будет появляться конденсация, влияющая на электрические характеристики. В Т 7 приведены условия проведения испытания на образование конденсата. Крупная камера температуры/влажности и камера теплового удара воздух-воздух с функцией влажности, показанной на рис 2, подходят для этого испытания.

### Испытание на воздействие атмосферного давления

Это испытание на частичный разряд, выполняемое путем подачи заданного испытательного напряжения под пониженным давлением, эквивалентным высоте 5 000 м (54,0 кПа) или менее (как указано в IEC 60664-1). Для этого типа испытаний подходит испытательная термобарокамера, позволяющая воспроизвести снижение атмосферного давления до заданного значения (рис 3).



Камера серии SM

Камера серии TSA



Испытательное оборудование – термобарокамера серии MZ

2 Испытательное оборудование (испытания на образование конденсата)

В статье был рассмотрен стандарт условий окружающей среды и испытаний ISO 19453 для электрических двигательных установок и компонентов, установленных в таких транспортных средствах как электромобили (EV) и гибридные электромобили (HEV), применение которых в будущем будет неизбежно увеличиваться.

Стандарт представляет собой серию из четырех частей, в каждой из которых содержатся определяющие методы испытаний для оценки

характеристик соответствующих электрических двигательных установок и компонентов, а также оборудование для проведения данных испытаний.

Применение этого стандарта упрощает методику проведения механических, химических и, что было более подробно рассмотрено в статье, климатических испытаний, давая возможность предприятиям автомобильной и других видов промышленности выпускать надежную и качественную продукцию.

T 7 ИСПЫТАНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТА

СОСТОЯНИЕ	НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭТАП		ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ/ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ЭТАП		СТАДИЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА		КОЛ-ВО ЦИКЛОВ
	ТЕМПЕРАТУРА	ВРЕМЯ	ТЕМПЕРАТУРА / ОТН. ВЛАЖНОСТЬ	ВРЕМЯ	ТЕМПЕРАТУРА / ОТН. ВЛАЖНОСТЬ	ВРЕМЯ	
A 10 °C	±3 °C	2ч	50 °C ±3 °C 70 % ±5 %	3 ч	-	-	3
B -30 °C	±3 °C	1 ч	25 °C ±3 °C 90 % ±5 %	1 ч	25 °C ±3 °C менее 50 %	1,5 ч	5
Z	По договоренности						

ПУНКТ	5.7 ИСПЫТАНИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТА	
Наименование продукции	Faster Temperature (& Humidity) Chamber SM series	Air to Air Thermal Shock Chamber TSA-D series
Диапазон температур	-40 °C до +180 °C / 20 % до 98 % RH	-40 °C до +85 °C / 40 % до 95 % RH

# МИРОВОЙ ПРОВАЙДЕР ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ - ORBOTECH



Текст: Семен Хесин

”

Когда мы смотрим на какой-то продукт, например, на свой мобильный телефон, мы не всегда видим и понимаем путь, который пройден производителем для достижения конечного результата. В этой статье я хочу рассказать о компании Orbotech, потому что почти каждое электронное устройство в мире, в том числе и изделия, которыми мы пользуемся каждый день, изготовлены с помощью систем этой компании.

## Какой путь прошла компания и как смогла достичь значимых результатов?

Конкуренция – путь к прогрессу. Две фирмы – Orbot и Optrotech – с 1981 по 1992 год соревновались в производстве автоматических оптических систем, а потом приняли решение о слиянии в фирму Orbotech. Решение стало прочным фундаментом для создания огромной корпорации, которая быстро расширялась и открывала в своей деятельности новые продукты и рынки.

Давайте рассмотрим продукты компании Orbotech, относящиеся к бизнесу по печатным платам.

### АОИ

Первым продуктом компании стали установки автоматического оптического контроля. Чем плотнее трассировка печатных плат, тем труднее межоперационный контроль, и если он выполняется на микроскопе, то увеличивается риск пропуска дефектов из-за влияния человеческого фактора. Поэтому применение АОИ в данном случае – наиболее эффективно. Основная задача, которая стоит перед АОИ, – определить, что дефект, а что нет. На первый взгляд кажется, что надо выставить максимально жесткие настройки, чтобы ничего не пропустить. Однако это приведет к тысячам ложных дефектов помимо критичных. А ведь каждый «дефект» все равно должен быть просмотрен оператором, который примет финальное решение о том, какой дефект ложный, а какой нет; при этом, просматривая тысячи, он может просто пропустить реальные дефекты. Получается, что решение этой задачи всегда будет компромиссом между жесткостью настроек и количеством ложных дефектов?



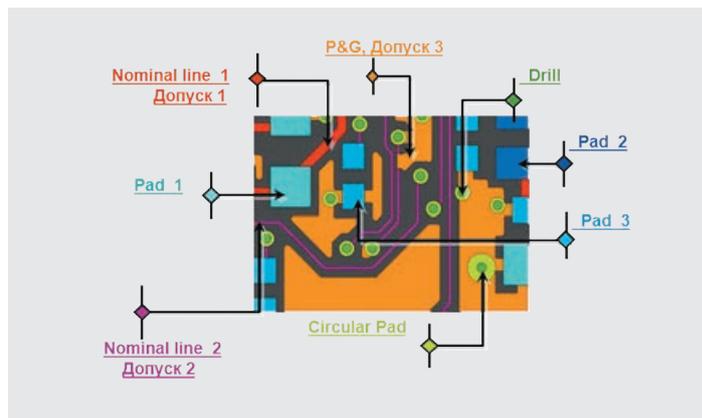
1  
АОИ последней модели Dimension 6

### Orbotech сегодня – это:

- 40-летняя история
- 50 офисов по всему миру
- 3 000 сотрудников, из которых 600 работают в отделе R&D (разработчики и ученые)
- 4 бизнес направления:
  - › Печатные платы
  - › Дисплеи
  - › Солнечные панели
  - › ПО для распознавания банковских чеков
- Референс-лист по печатным платам (количество установок фирмы Orbotech, эксплуатируемых в данный момент в мире):
  - › Автоматическая оптическая инспекция (АОИ): более 5 000
  - › Прямое экспонирование: более 1 800
  - › Автоматическое оптическое формирование проводников (устранение КЗ и обрывов): более 600
  - › Прямое нанесение маркировки и маски: более 600
  - › САМ (Computer-aided manufacturing – программное обеспечение для подготовки технологического процесса производства изделий): более 13 000 рабочих мест

Orbotech не идет по пути компромиссов. Уменьшение количества ложных дефектов без пропуска критичных – это главная задача АОИ. 40-летний опыт компании позволил создать решения (рис 1), которые не имеют аналогов среди производителей оборудования. Их основные особенности:

- возможность классификации и установки разных допусков на разные подгруппы одних и тех же элементов (рис 2) – разные допуски на проводни-



2  
Возможность классификации элементов печатной платы и задания разных допусков

T 1

Схема принятия решения на различных АОИ

Посмотрите на рисунок. Где дефект, а где не дефект?



Оценка обычной АОИ в зависимости от настроек

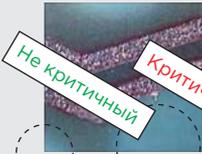
Дефекты не критичные

Не критичный  
Не критичный

Дефекты критичные

Критичный  
Критичный

Оценка АОИ Orbotech, которая «понимает» топологию и знает, где в дальнейшем будет отверстие, а где не будет

Не критичный  
Критичный  
Будущее отверстие

ки, имеющие разную ширину, разные допуски на различные типы площадок и другое);

- программное обеспечение «понимает» структуру печатной платы, включая имеющуюся и будущую топологию (отверстия, маску, маркировку) (T 1);
- одновременный контроль заготовки в нескольких

(двух или трех) световых каналах за один проход в совокупности с программным обеспечением, которое позволяет анализировать сразу две или три картинки (рис 3). Важно, что просмотр платы осуществляется именно за один проход, т. к. альтернативное решение (смена светофильтров и повторные прогоны), используемое конкурентами, ведет к потере производительности и пропуску критичных дефектов.

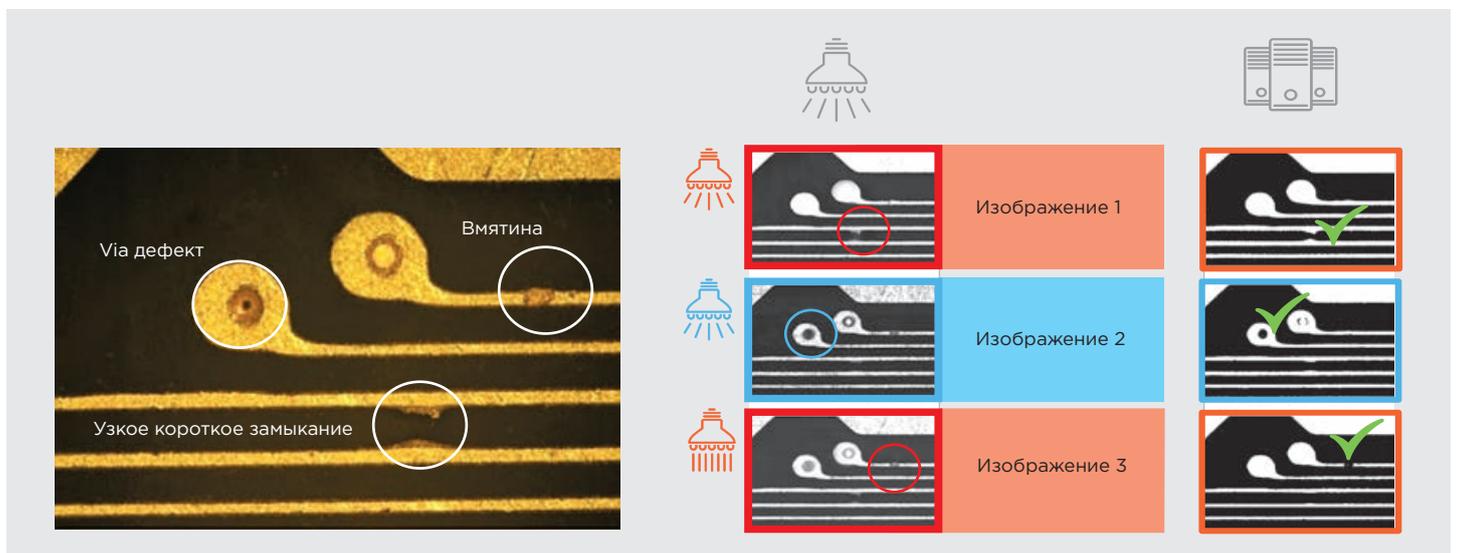
Перечисленные особенности позволяют находить критичные дефекты и пропускать ложные, таким образом предоставляя 100 % контроль при максимальной производительности.

### Автоматическое оптическое формирование проводников

Миниатюризация плат ведет к уменьшению проводника/зазора. И если экспонирование 50/50 мкм и менее – это реальная задача с высокой повторяемостью, то стабильные проявление и травление настолько прецизионного рисунка – задача весьма непростая. Долгие годы фирма Orbotech производила установку PerFix, которая позволяла устранять короткие замыкания, образовавшиеся в результате неидеальных режимов химической обработки. А 5 лет назад компания презентовала установку Precise (рис 4), которая позволяет не только подрезать лазером короткие замыкания (рис 5), но и напылять чистую медь на места протравов, восстанавливая проводники (рис 6). Технология не имеет аналогов в мире и сводит процент брака после получения рисунка слоев и готовых плат к нулю.

### Прямое экспонирование

С 1996 года компания Orbotech начала заниматься установками прямого экспонирования фоторезиста и защит-

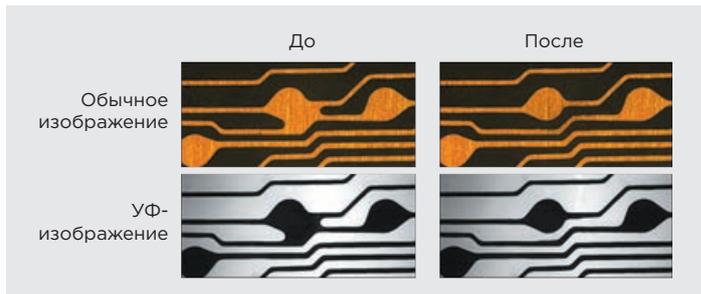


3

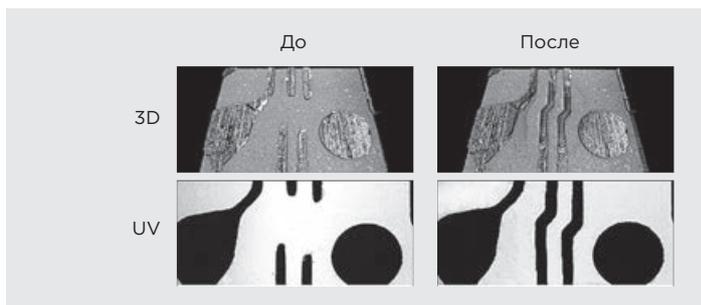
Фото трех различных дефектов в одной зоне (слева); изображения в этой зоне в разных световых каналах (по центру); отметка о том, какие дефекты обнаруживаются в соответствующих световых каналах (справа)



4 Установка Precise. 100 % выход годных заготовок печатных плат по топологии проводящего рисунка



5 Устранение коротких замыканий лазерной подрезкой

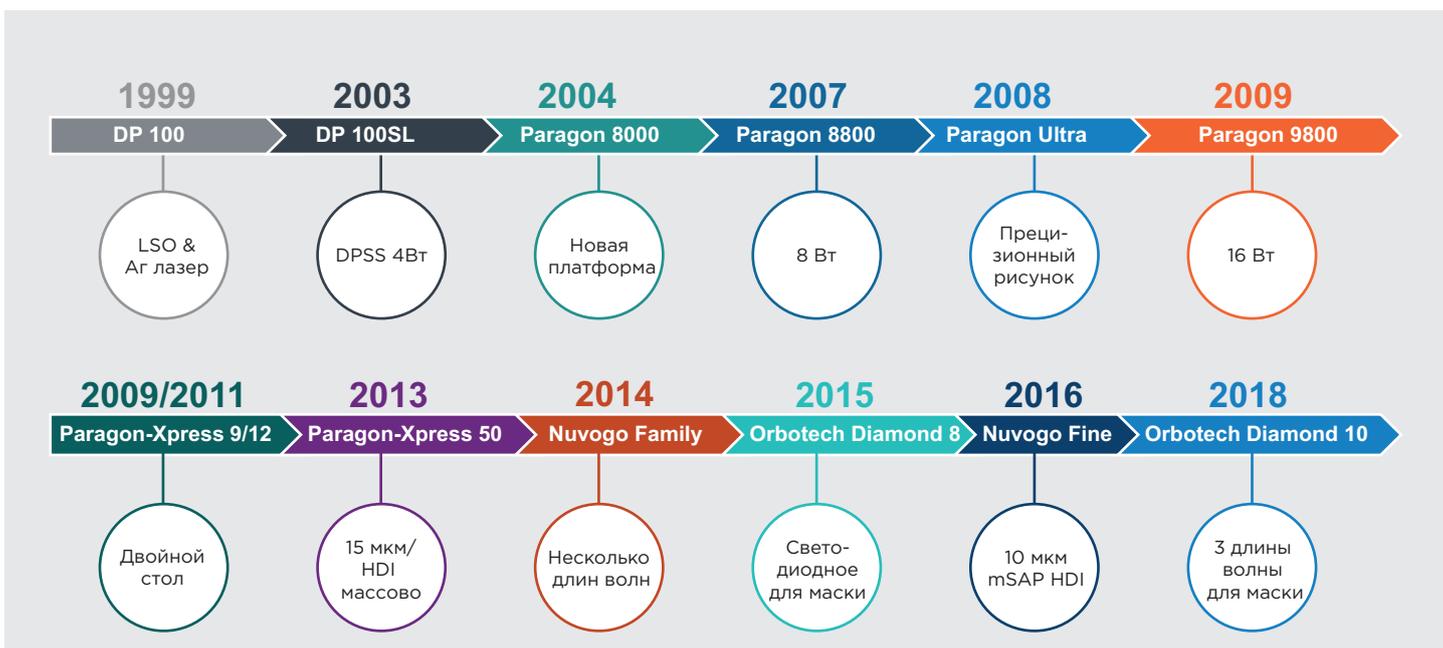


6 Устранение протравов с помощью напыления

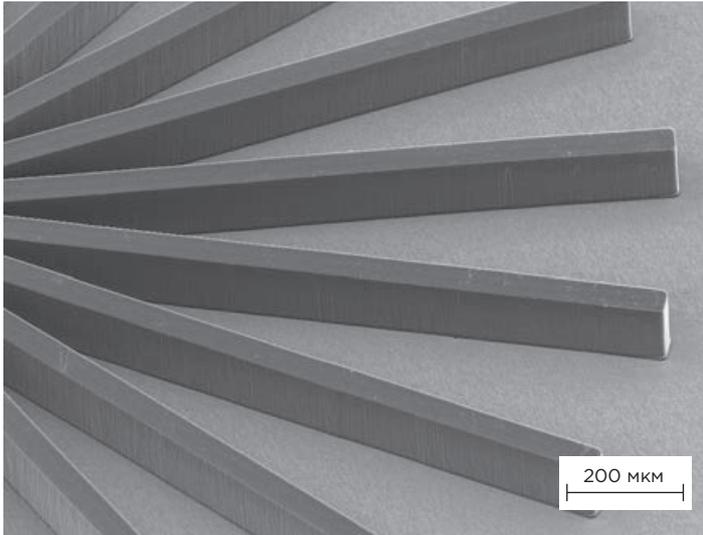
ной паяльной маски печатных плат, купив разработки у известной немецкой фирмы Carl Zeiss. В то время еще не пришла эпоха цифровых фотоаппаратов и мобильных телефонов, а цеха печатных плат уже начали цифровизацию и переход от пленок (фотошаблонов) к цифровым технологиям – и этот переход до сих пор не закончился. Однако уже можно с уверенностью сказать, что прямое

экспонирование – это обязательный этап развития любого цеха печатных плат.

Модельный ряд установок прямого экспонирования активно развивался (рис 7), и Orbotech первым внедрил такие технологии, как двойной стол, лазер нескольких длин волн, экспонирование прецизионного рисунка 10/10 мкм (рис 8) и другие.

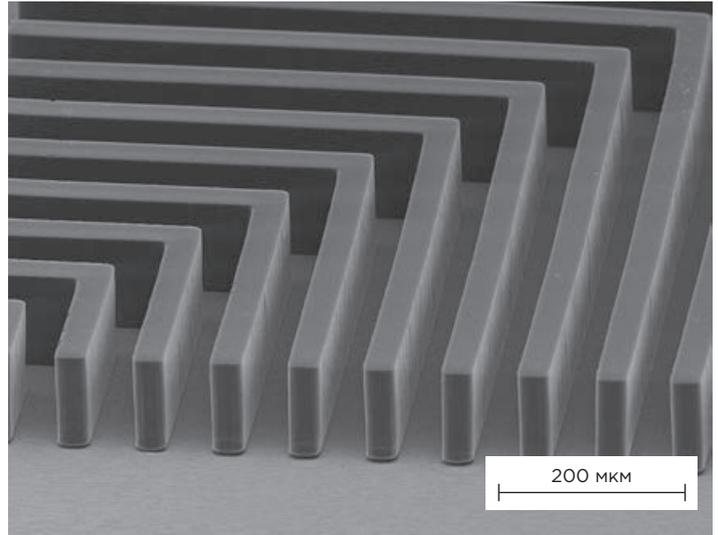


7 Развитие модельного ряда установок прямого экспонирования фирмы Orbotech



8

Приемка оборудования за рубежом. Проводник/зазор 20 мкм, высота фоторезиста 50 мкм



Новейшими моделями компании Orbotech стали установки Nuvogo и Diamond (рис 9).

Установки прямого экспонирования, предлагаемые компанией, при энергии экспонирования 35 мДж/см<sup>2</sup> (пример для фоторезиста) обеспечивают получение топологии рисунка 7 класса точности и выше на заготовке 610 x 820 мм с производительностью до 300 сторон в час. А при энергии экспонирования 300 мДж/см<sup>2</sup> (пример для паяльной маски) – любого рисунка, включая 7 класс на заготовке 610 x 457 мм с производительностью 120 сторон в час. Важно: при указании производительности мы даем финальные значения, учитывающие загрузку/разгрузку, совмещение при самых высоких точностях (рис 10), необходимую энергию экспонирования, минимальный проводник/зазор и размер заготовки.

А отличительной особенностью оптики установок Orbotech является самая большая глубина фокуса, которая позволяет максимально комфортно работать с гибкими коробленными платами. Компания является лидером по количеству эксплуатируемых систем прямого экспонирования печатных плат в мире – большинство частных и государственных производств печатных плат Европы, Азии, Америки используют именно Orbotech. Хотите прибыльное, высококачественное и высокопроизводительное производство – тогда вам нужно оборудование Orbotech.

### Прямое нанесение маркировки

Технология прямого нанесения маркировки позволяет значительно сократить количество операций для формирования маркировки, сэкономить площади, повысить точность и удобство работы. До недавнего времени эта технология



9

Прямое экспонирование от фирмы Orbotech – модель Nuvogo

PRINTPROCESS AG	orbotech	Другие компании
Компания PrintProcess специализируется на проектировании и изготовлении систем совмещения МПП и имеет 30-летний опыт	Компания Orbotech специализируется на проектировании и изготовлении прямого экспонирования уже более 25 лет	Имеют опыт изготовления фотоплоттеров, сверлильных станков и другого оборудования и <b>не имеют опыта</b> в совмещении структур печатных плат
Appolon-DI ±5 мкм	Diamond ±5 мкм	±25 мкм

10

Точность совмещения



1 1

Установка прямого нанесения маркировки Sprint 200

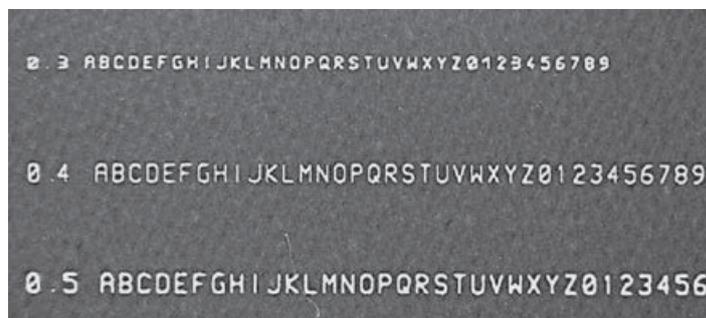
проигрывала традиционной трафаретной печати лишь в производительности. Однако с появлением последних моделей установок (Sprint 150/200/300) (рис 1 1) прямое нанесение догнало традиционную технологию по производительности. Следует также отметить, что здесь нанесенный рисунок уже предварительно отвержден, и для нанесения рисунка маркировки на вторую сторону достаточно перевернуть плату и вновь вставить в установку. Поэтому для многономенклатурных и мелкосерийных производств данный процесс дает даже бóльшую производительность при формировании маркировки по сравнению с традиционной технологией, где много времени тратится на изготовление трафарета.

Еще одной причиной развития этой технологии стали повышенные требования к сериализации и про-



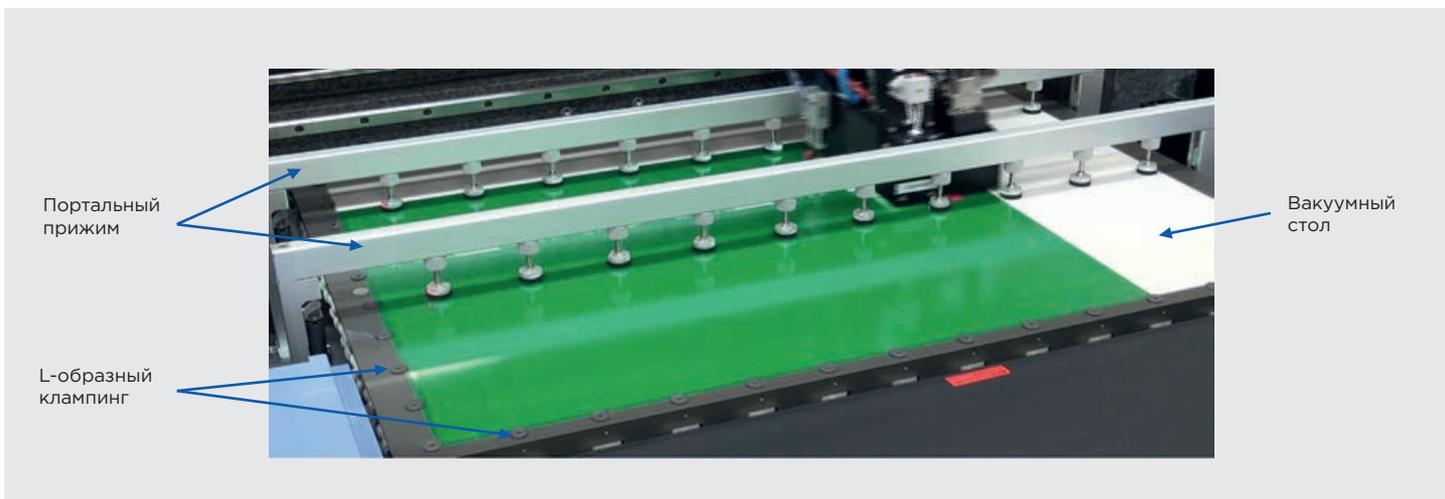
1 2

Сравнение качества нанесения с использованием технологии DotStream и без нее



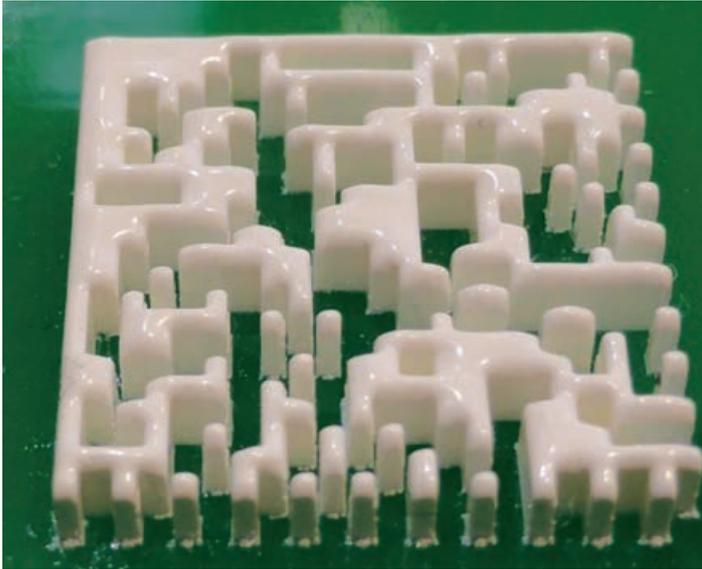
1 3

Демонстрация минимальных шрифтов серии установок Sprint



1 4

Система портального прижима



1 5

Возможности печати объемных структур. Высота печати до 5 мм

слеживаемости от конечных заказчиков – предприятий, которые осуществляют сборку изделий.

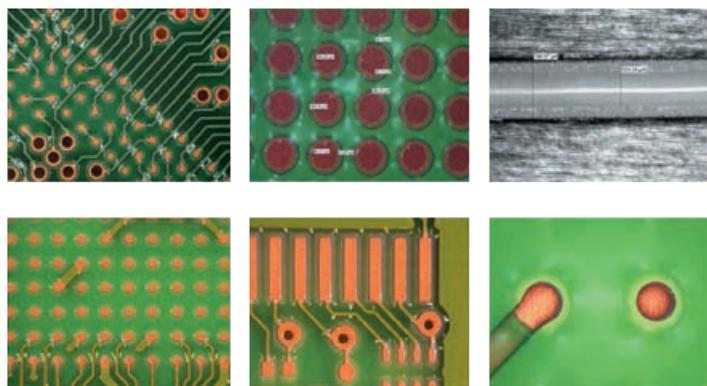
Orbotech развивает данную технологию с 1999 года. Отличительными особенностями установок серии Sprint являются:

- высокое качество печати благодаря технологии DotStream (рис 1 2, 1 3);
- длительный срок службы печатающих головок по сравнению с аналогичными решениями других компаний;
- технологические особенности оборудования, которые обеспечивают качество и удобство работы (рис 1 4).

Хорошей демонстрацией точности печати является печать объемных структур (рис 1 5).

### Прямое нанесение маски

Попытки создать установку прямого нанесения маски начались уже достаточно давно и являют логичным продолжением активного развития технологии прямого нанесения



1 7

Примеры напечатанной ЗПМ

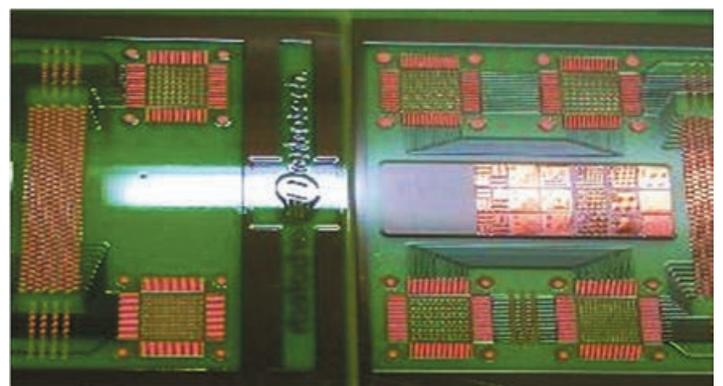


1 6

Установка прямого нанесения маски от компании Orbotech

маркировки. Однако в данном случае все гораздо сложнее, и большинство попыток не увенчались успехом и не привели к появлению коммерческого продукта, а лишь к прототипам и экспериментам на первых покупателях. Почему? Ответ кроется в конструктиве печатной платы. Маркировка обычно наносится на однородное покрытие, на маску. А маска наносится на два совершенно различных по свойствам покрытия: медь и стеклотекстолит. Долгое время это служило камнем преткновения для достижения покрытия, которое было бы достаточно стойким к финишным покрытиям, а также приемлемым с точки зрения внешнего вида. Компания Orbotech вела разработки подобной технологии более 5 лет, прежде чем выпустить на рынок готовый коммерческий продукт (рис 1 6), который бы давал достойный результат, отвечающий требованиям заказчиков, изготавливающих печатные платы для спецприменений и гражданских задач.

Ввиду того, что технология крайне молодая, при выборе оборудования для таких задач мы рекомендуем, в первую очередь, увидеть «живую» демонстрацию результатов (рис 1 7 и 1 8) – и готовы ее представить.



1 8

Возможность печати глянцевой и матовой поверхностей

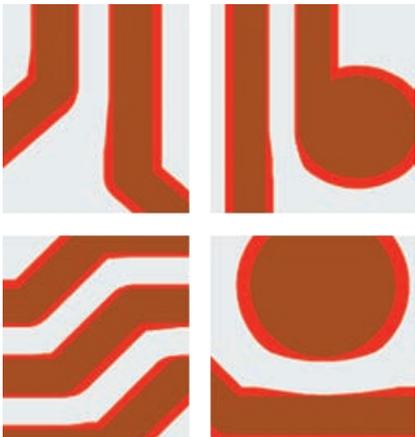
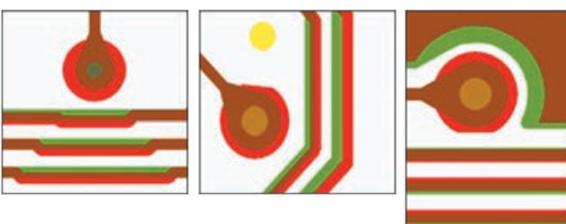
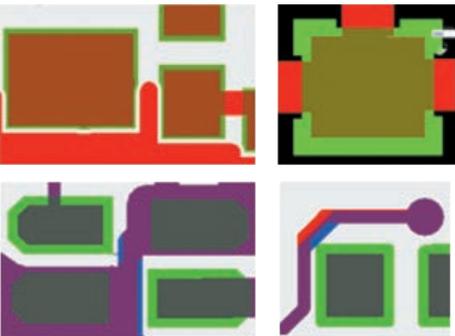
**T 2**

Часть отчета о сложности печатной платы (пример)

Анализ технологичности						
Слой	Минимальная ширина линии (мкм)	Минимальный зазор (мкм)	Минимальный гарантийный поясок (мкм)	Минимальное расстояние от отверстия до меди (мкм)	Площадь меди (дм <sup>2</sup> )	Толщина фольги (Базовая)
top	120	91.54	115	239.07	0.20 дм <sup>2</sup> 43.51%	18 мкм
I2					0.39 дм <sup>2</sup> 86.83%	35 мкм
I3	120	87	115	137.28	0.08 дм <sup>2</sup> 18.08%	18 мкм
I4					0.38 дм <sup>2</sup> 82.77%	18 мкм
I5					0.38 дм <sup>2</sup> 83.12%	18 мкм
I6	120	124.73	115	160	0.04 дм <sup>2</sup> 8.93%	18 мкм
I7					0.38 дм <sup>2</sup> 82.72%	18 мкм
I8	120	87	115	160	0.06 дм <sup>2</sup> 13.38%	18 мкм
I9					0.39 дм <sup>2</sup> 86.83%	18 мкм
bot	85	86.97	115	236.97	0.18 дм <sup>2</sup> 40.75%	18 мкм
Минимальное	85	86.97	115	236.97		

**T 3**

Необходимость использования InCam

НАИМЕНОВАНИЕ	СУТЬ КОРРЕКТИРОВКИ	ЦЕЛЬ
Динамическая компенсация подтравы		Различные параметры компенсации подтравы по критериям формы и атрибутов  Будут ли равномерно травиться одиноко стоящий проводник и ряд рядом стоящих? Конечно нет. ПО InCam позволяет скомпенсировать такие ситуации, чтобы избежать брака
Ремонт сигнального слоя		Оптимизирует гарантийный поясок, ширину проводника, минимальные зазоры, где это необходимо Разрешает все виды нарушений зазоров, в том числе: зазоры внутри шин подрезка полигонов
Ремонт паяльной маски		Подрезка медных полигонов/переразводка проводников для обеспечения перекрытия Улучшенная обработка встроенных и частичных вскрытий Улучшена комплексная подрезка вскрытий

**Компания Frontline**

В печатных платах, как и в механическом производстве, есть САМ и САD-системы. Лидирующей фирмой по САМ-системам является Frontline (дочерняя компания Orbotech), основные продукты которой:

- InSight: ПО для оценки сложности печатных плат;
- InCam: ПО для подготовки данных к производству;
- InPlan: полная система технологического планирования процесса производства печатных плат;
- и т. д.: InCouplon, Insolver, InStack, InShop.

Расскажу немного об InCam. Первая задача InCam (в случае, если у вас нет InSight) – это понять, сможете ли вы сделать конкретную печатную плату. Для этого программное обеспечение автоматически показывает сложные моменты печатной платы оператору (**T 2**).

Вторая задача связана с подготовкой данных к производству. Зачастую бывает, что конструкторы разводят платы, не учитывая особенности общей и частной технологии производства печатных плат.

Если не обращать на это внимание, то процент выхода годных будет низок. Надо понимать, что технология производства печатных плат не позволят сделать плату в нолях (с крайне жесткими допусками). Всегда будут рассовмещения, недотравы, перетравы и другие дефекты. Вопрос в их величине и в допуске, который задают конструктор, ТУ и ГОСТ. Общеизвестная мировая практика – готовить файлы к производству печатных плат с небольшими корректировками, не выходящими за рамки допусков, и учитывая при подготовке особенности конкретного производства, технологии и материалов. Это позволяет значительно повысить выход годных плат и облегчить производство. В **ТЭ** приведены примеры необходимости использования данного программного обеспечения.

Приведенные примеры – это лишь малая часть того, что может сделать InCam.

Особенно важно, чтобы такие корректировки ни в коем случае не нарушили целостность электрических цепей на этапе подготовки данных. Для этого программное обеспечение InCam сверяет список электрических цепей, проверив который до и после корректировок, мы сможем быть уверены, что не сделали ошибок при выполнении подготовки данных к производству.

Возможности компании Frontline также дают большие перспективы по улучшению и других продуктов Orbotech (АОИ, прямое экспонирование и т. д.).

Индустрия 4.0 – это следующий этап развития всех мировых производств. Orbotech вместе с Frontline являются первопроходцами и лидерами в этом на-

правлении для печатных плат. Сложность заключается в огромном количестве операций, оборудования, инструментов, материалов и технологий, которые присутствуют в печатных платах. Задача непростая, но очень интересная. Для этого у Frontline есть специальный продукт – InShop. В этой статье я не буду описывать его, потому что сегодня существует очень мало производств печатных плат, готовых к данному этапу модернизации. Но если ваше производство проявляет такую готовность, нам необходимо встретиться и побеседовать на эту тему более детально.

## Заключение

В данной статье кратко рассмотрены ключевые технологии, которыми обладает компания Orbotech. Но каждый продукт требует более подробного представления: отдельной статьи, презентации, детальной беседы и демонстрации возможностей. Задавайте вопросы сотрудникам ООО «Остек-Сервис-Технология» по электронной почте [ost@ostec-group.ru](mailto:ost@ostec-group.ru) – мы всегда готовы поделиться с вами нашими знаниями и опытом.

Orbotech – уверенный лидер индустрии печатных плат. Недаром ведущие мировые компании-производители электроники ставят своим поставщикам печатных плат условие: «Платы для нас должны быть изготовлены с обязательным применением оборудования компании Orbotech».

**А у вас оно уже применяется?**





УМНОЕ  
РАБОЧЕЕ  
МЕСТО

## Программно-аналитический комплекс для повышения эффективности ручного труда на производстве



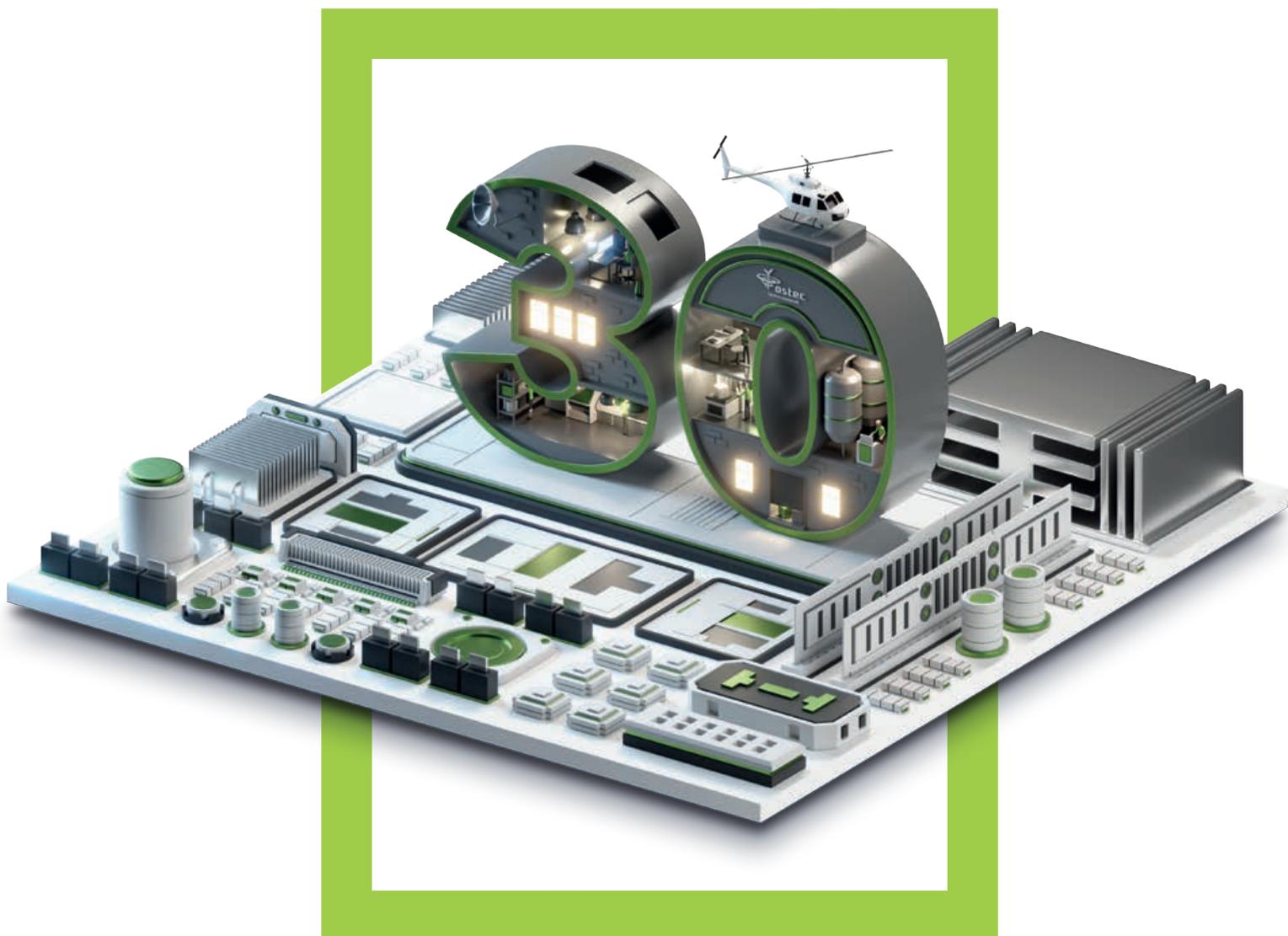
Приглашаем познакомиться с решением  
на действующем производстве:

- Функционал решения
- Организация работы
- Опыт эксплуатации



Узнать больше

# Тридцать лет содействуем развитию ● ● ●



Отлаживая производство новых технологий, запуская оборудование заказчиков, разрабатывая новые программные продукты - мы содействуем развитию. Развитию своих сотрудников, бизнеса клиентов, электроники и других отраслей. Победы Остека за прошедшие 30 лет - это результат совместных усилий большого числа людей. Мы благодарны всем энтузиастам своего дела, увлеченным профессионалам, кто помогал и поддерживал. Мы вместе создаем будущее, которым можно гордиться!



[ostec-group.ru](http://ostec-group.ru) | [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)  
+7 (495) 788-44-44

