

06 (19) октябрь 2015

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал

**ТЕХНОЛОГИИ**  
Юрий Насонов  
Иван Погорельцев

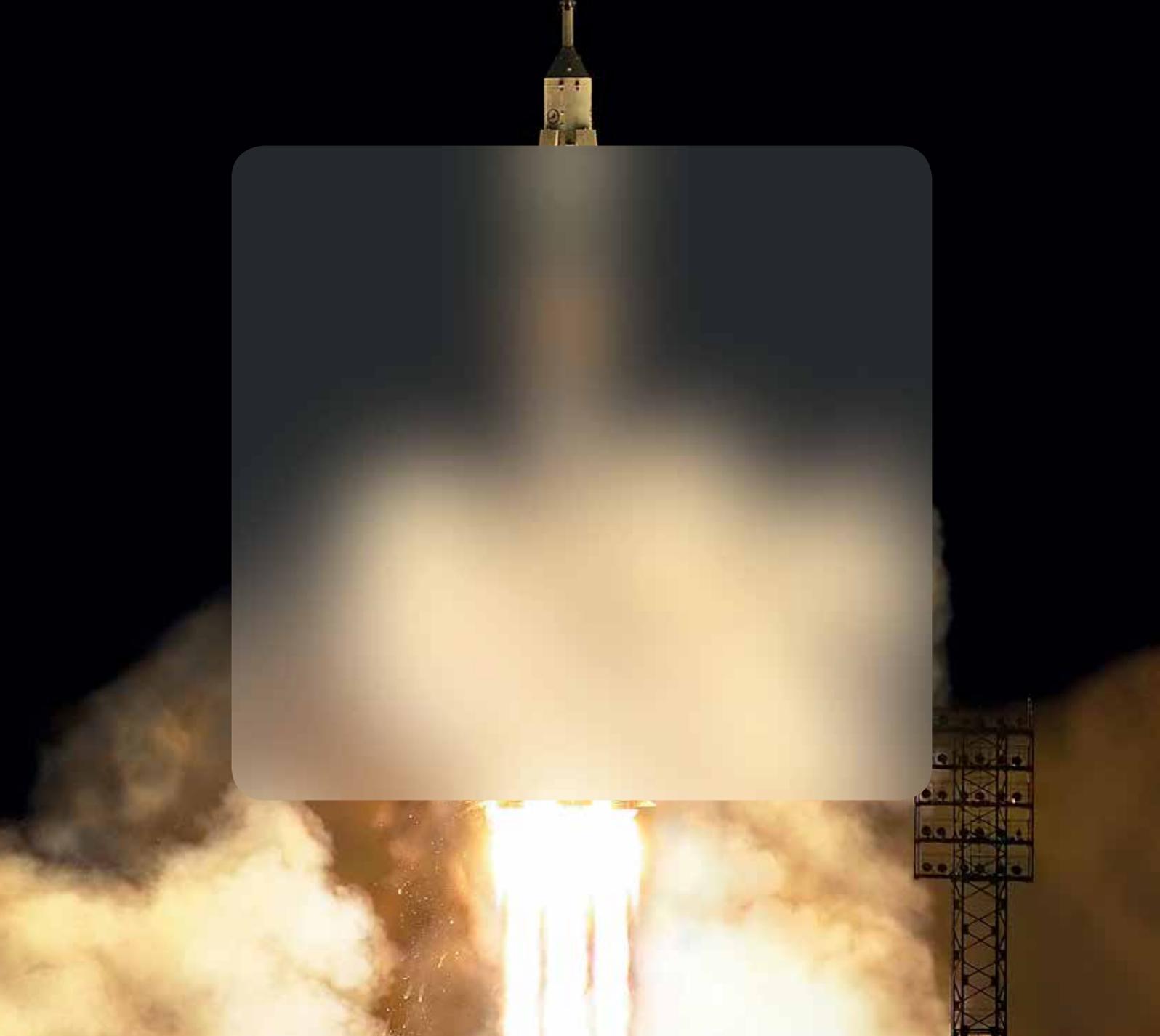
**16** ПОЛИМЕРНАЯ ЗАЩИТА  
ПЛАСТИН ПЕРЕД РЕЗКОЙ

**КАЧЕСТВО**  
Аркадий Медведев  
Геннадий Мылов

**30** ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВЫСОКОПЛОТНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ  
В АВИОНИКЕ

**ОПТИМИЗАЦИЯ**  
Роман Лыско  
Дмитрий Максимов

**52** ОБМОТКА ЖГУТА:  
АЛЬТЕРНАТИВА РУЧНЫМ  
ОПЕРАЦИЯМ



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

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



будущее  
создается

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





### Уважаемые читатели!

23-25 сентября в Казани прошла XIV отраслевая научно-техническая конференция «Российская радиоэлектроника: новые вызовы и перспективы». На конференцию съехалось рекордное количество участников – 300! – это руководители и специалисты отрасли, представители министерств и ведомств. По словам замминистра обороны Ю. И. Борисова: «Ни одна отрасль российской промышленности не имеет такой традиции – собираться раз в год не просто для того, чтобы подвести формальные итоги за год, а для того, чтобы обменяться мнениями, сверить свои часы с реальной ситуацией, поставить перед собой новые задачи».

Докладчики отмечали, что с момента предыдущей конференции произошло много серьезных изменений экономического и политического характера, которые привели к изменению приоритетов внутреннего рынка и государственной политики. «В нынешней экономической ситуации, сложившейся вокруг нашей страны, в первую очередь, из-за санкций, введенных западными странами, нам приходится непросто, – сказал в своем докладе Ю. И. Борисов. – И без заделов, которые создаются по всему миру, сегодня создавать конкурентную продукцию невозможно. Но открылась уникальная возможность попытаться выстрелить на других рынках, и это не только экономическая выгода, но это и вопросы безопасности. Это может быть шанс в разы увеличить свои рыночные возможности, выйти на новые рынках, в первую очередь, связь, телекоммуникация, системы автоматизированного управления – как раз те направления, где мы испытываем серьезный дефицит. В связи с этим необходимо создавать конечные системы с наибольшей долей добавочной стоимости с высоким спросом на рынке».

Замглавы Минпромторга А. И. Богинский подчеркнул важность государственной поддержки радиоэлектронной промышленности: «Обязательными условиями государственного финансирования проектов будут являться налаживание серийного выпуска продукции и детальная проработка бизнес-плана».

Директор департамента радиоэлектронной промышленности С. В. Хохлов отметил, что в сложившихся условиях «перед отраслью стоит задача поиска новых рынков сбыта, внедрения разработанных технологий и серийного производства отечественных конечных систем и комплексов. Ключевыми направлениями для развития гражданской продукции, по нашему мнению, являются: доверенное телекоммуникационное оборудование, отечественные средства вычислительной техники, а также робототехнический комплекс».

Подводя итоги своего выступления, Ю. И. Борисов сказал: «Мне бы очень хотелось пожелать вам успехов в освоении чисто гражданских рынков, потому что не бывает военной электроники, бывает просто электроника. Военная электроника – это очень ответственная и почетная роль – работать на государство для обеспечения его безопасности».

С. В. Хохлов подчеркнул: «Независимо от того, что сейчас идет определенное снижение возможностей государства, а также предприятий вкладываться в новые разработки, я бы хотел призвать всех не останавливаться. Если мы сейчас не будем вкладывать в разработку новых продуктов, то через какое-то время нам нечего будет предложить нашим потребителям».

**Антон Большаков, директор по маркетингу**

# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- |  |   |
|--|---|
| <p>4 ОСТЕК-ЭК НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2015</p> <p>4 ОСТЕК-СМТ ПРИГЛАШАЕТ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В СЕМИНАРАХ</p> <p>5 УЧАСТИЕ В ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ МЭК 2015</p> | <p>6 ГК ОСТЕК ПРЕДСТАВЛЯЕТ ГИД ПО ВЫБОРУ ВЛАГОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ</p> <p>6 ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ НА ООО «РЕЗОНИТ»</p> <p>7 КОМПАНИЯ FUJI MACHINE ОБЪЯВЛЯЕТ О ВЫПУСКЕ НОВОГО АВТОМАТА УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ</p> |
|--|---|



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 8

## ПЕРСПЕКТИВЫ

### ФИЛОСОФИЯ УПРАВЛЕНИЯ ..... 8

Автор: Мария Орлова

## ТЕХНОЛОГИИ

### ПОЛИМЕРНАЯ ЗАЩИТА ПЛАСТИН ПЕРЕД РЕЗКОЙ ..... 16

Авторы: Юрий Насонов, Иван Погорельцев

### СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИПОЯ 80AU20SN В СБОРКЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ ..... 21

Автор: Роман Кондратюк

## КАЧЕСТВО

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОПЛОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В АВИАНИКЕ ..... 30

Авторы: Аркадий Медведев, Геннадий Мылов

### ШВЕЙЦАРСКОЕ КАЧЕСТВО БЕЗ ТАЙН. ВИЗИТ В КОМПАНИЮ ESSEMTEC ..... 36

Автор: Илья Шахнович



ТЕХНОЛОГИИ стр. 21



КАЧЕСТВО стр. 36



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 55

## ОПТИМИЗАЦИЯ

### ОБМОТКА ЖГУТА: АЛЬТЕРНАТИВА РУЧНЫМ ОПЕРАЦИЯМ. . . . . 52

Авторы: Роман Лыско, Дмитрий Максимов

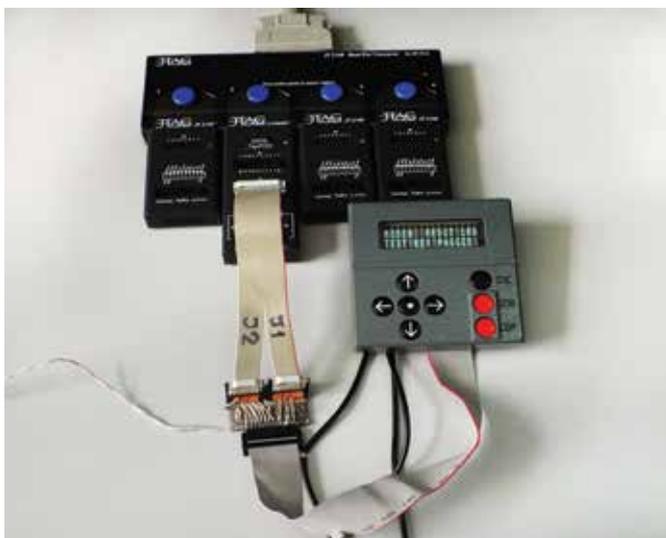
### ВОЗМОЖНОСТИ СЕРВИСА. ПРОГРАММА «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРОЧНЫХ ЛИНИЙ». ЧАСТЬ 1. . . . . 55

Автор: Александр Куликов

## ТЕХПОДДЕРЖКА

### ИТОГИ ПЕРВОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ПЕРИФЕРИЙНОГО СКАНИРОВАНИЯ JTAG TECHNOLOGIES. . . . . 60

Автор: Алексей Иванов



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 60

## АВТОРЫ НОМЕРА

- Мария Орлова**  
Журнал «Умное производство»  
info.umpro@mail.ru
- Юрий Насонов**  
Начальник отдела сервиса ООО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru
- Иван Погорельцев**  
Начальник группы 1 отдела сервиса  
ООО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru
- Роман Кондратюк**  
Начальник отдела технического  
сопровождения ООО «Остек-Интегра»  
materials@ostec-group.ru
- Аркадий Медведев**  
Начальник отдела научных разработок  
ООО «Остек-Сервис-Технология»  
ost@ostec-group.ru
- Геннадий Мылов**  
Директор производственно-технического  
комплекса «Печатные платы» АО «ГРПЗ»  
pcb@grpz.ryazan.ru
- Илья Шахнович**  
Заместитель главного редактора журнала  
«Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru
- Роман Лыско**  
Начальник отдела модернизации производств  
кабельных изделий ООО «Остек-ЭТК»  
cable@ostec-group.ru
- Дмитрий Максимов**  
ведущий специалист отдела модернизации  
производств кабельных изделий  
ООО «Остек-ЭТК»  
cable@ostec-group.ru
- Александр Куликов**  
Ведущий менеджер отдела развития  
ООО «Остек-СМТ»  
lines@ostec-group.ru
- Алексей Иванов**  
JTAG Technologies  
russia@jtag.com

# НОВОСТИ

## ОСТЕК-ЭК НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2015



Специалисты ООО «Остек-ЭК» приняли участие в 1-й Международной конференции «Микроэлектроника 2015: Интегральные схемы и микроэлектронные модули – проектирование, производство и применение», которая прошла с 28 сентября по 3 октября в Алуште.

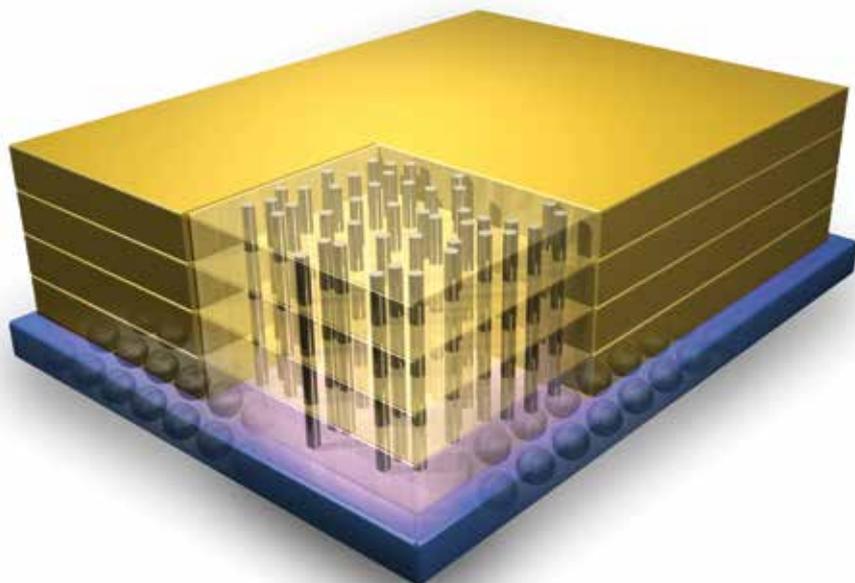
В мероприятии, организованном совместно ОАО «НИИМА «Прогресс», ОАО «НИИМЭ и Микрон» и НИУ «МИЭТ», участвовали более 80 российских предприятий полупроводниковой и оборонной промышленности.

Во время конференции участники обсуждали состояние и перспективы развития российской микроэлектроники в целом, различные подходы к импортозамещению; были представлены новые разработки в области СБИС и СВЧ и результаты исследований ведущих отечественных предприятий электронной

промышленности. В рамках мероприятия одновременно работали восемь тематических секций, были проведены четыре круглых стола.

Доклад, представленный специалистами ООО «Остек-ЭК», был посвящен современной технологии трехмерной интеграции. В нем рассматривались основные тенденции развития этой технологии в мире, особенности и трудности производства 3D-ИС, области их применения, а также возможности внедрения технологии 3D-интеграции в российское производство.

Участники конференции отметили высокий научно-технический уровень докладов, мероприятие посетило большое количество молодых специалистов. Во время мероприятия можно было обменяться мнениями, получить квалифицированные консультации и пообщаться на профессиональные темы. 



## ОСТЕК-СМТ ПРИГЛАШАЕТ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В СЕМИНАРАХ

В ноябре-декабре 2015 года ООО «Остек-СМТ» приглашает принять участие в семинарах, посвященных теме: «Повышение эффективности сборочно-монтажного производства. Мировой опыт, собственные разработки, решение технологических вопросов».

- 24 ноября – Новосибирск, гостиница «Азимут», зал «Ассамблея».
- 26 ноября – Екатеринбург, отель «Московская горка», конференц-зал № 1А.
- 2 декабря – Нижний Новгород, конгресс-отель «Маринск Парк Отель Нижний Новгород», конференц-зал «Нижний Новгород».

На семинарах специалисты Остек-СМТ представят самые интересные новинки года, а также рассмотрят основные технологические проблемы и вопросы, полученные от наших гостей на предыдущих мероприятиях.

Семинары пройдут в формате двух модулей: информационно-практический и технологический.

**Информационно-практический модуль раскроет следующие темы:**

- Применение информационных технологий в производстве.
- Существенное сокращение времени подготовки производства к выпуску новых изделий.
- Внедрение систем технического учета.

## УЧАСТИЕ В ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ МЭК 2015

- Итоги крупнейшей в Европе выставки в области радиоэлектроники – Productronica 2015.

Будет продемонстрировано программное обеспечение для ввода продукции в производство и исключения конструкторских ошибок на ранних стадиях, представлена презентация программно-аппаратного комплекса «Умный помощник» собственной разработки Остек-СМТ. Комплекс призван стать ежедневным рабочим инструментом технолога на сборочно-монтажном производстве.

В ходе **технологического модуля** сотрудники Остека расскажут о современных технологических материалах для сборки электроники, о решении актуальных проблем при работе с компонентами BGA и компонентами, чувствительными к влаге, а также об автоматизации нанесения двухкомпонентных влагозащитных материалов.

Следите за новостями на сайтах [www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru) и [www.ostec-smt.ru](http://www.ostec-smt.ru). 

С 12 по 16 октября 2015 года в Минске прошла 79-я Генеральная ассамблея Международной электротехнической комиссии (МЭК), на которой специалисты ООО «Остек-Тест» и представители Espec Corp выступили с совместным докладом.

В работе ассамблеи принимали участие более тысячи делегатов, представляющих ведущие мировые компании в области электрических, электронных и смежных технологий, международные, региональные и национальные организации в сфере технического регулирования, стандартизации и оценки соответствия, а также научные учреждения. Генеральные ассамблеи, как правило, проводятся в статусных странах с развитой высоко-

технологичной промышленностью, а также в перспективных, по мнению МЭК, регионах.

Одна из главных тем, обсуждаемых экспертами на технических комитетах, – энергоэффективность, энергоэффективное оборудование и технологии. Специалисты «Остек-Тест» и Espec Corp в своей презентации рассказали о различных прикладных решениях для проведения испытаний готовой продукции в соответствии с международными стандартами МЭК, а также дали ответы на вопросы как по новинкам оборудования, так и по специализированным методам испытаний, проводимым в авиакосмической и автомобильной промышленности. 



## ГК ОСТЕК ПРЕДСТАВЛЯЕТ ГИД ПО ВЫБОРУ ВЛАГОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

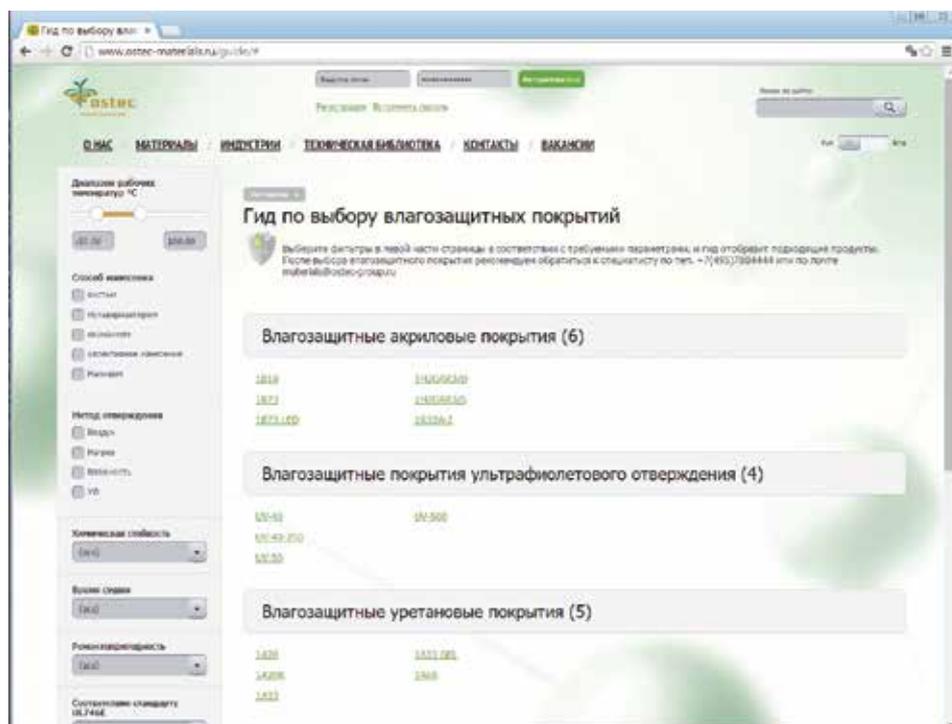
Выбор подходящего влагозащитного покрытия для печатного узла может быть осложнен множеством факторов, таких как: диапазон рабочих температур, способ нанесения, химическая стойкость, ремонтпригодность, время сушки, метод отверждения.

Теперь подобрать нужное покрытие стало намного легче. Для удобства пользователей Группа компаний Остек разработала интерактивный гид по выбору влагозащитных покрытий HumiSeal и

Dow Corning. Гид облегчает подбор покрытий для защиты электроники от негативных воздействий окружающей среды и помогает выбрать продукт, максимально отвечающий заданным свойствам. Подробнее на сайте [ostec-materials.ru](http://ostec-materials.ru).

### Как пользоваться гидом

Выберите фильтры в левой части страницы в соответствии с требуемыми параметрами, и гид отобразит подходящие продукты. 



## ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ НА ООО «РЕЗОНИТ»

В сентябре 2015 года на своей производственной площадке в поселке Зубово Клинского района Московской области ООО «Резонит» совместно с ООО «Остек-Сервис-Технология» провели серию успешных испытаний технологии прямого лазерного экспонирования на установке Paragon компании Orbotech.

Внедрение технологии прямого лазерного экспонирования позволило ООО «Резонит» изготавливать печатные платы с высокими проектными нормами (ширина проводников от 50 мкм) при сокращении времени запуска в производство и более высоким выходом годных за счет отказа от использования фотошаблонов.

Оборудование размещено в современном чистом помещении, отвечающем высоким требованиям современного производства печатных плат с высокой плотностью межсоединений (HDI).

### О компании ООО «Резонит»

ООО «Резонит» — динамично растущая и развивающаяся компания, специализирующаяся на изготовлении печатных плат (от срочного производства единичных плат и мелких серий до поставки крупных партий), монтаже печатных плат, изготовлении трафаретов и продаже материалов для производства и монтажа РСВ. Подробная информация на сайте: <http://www.rezonit.ru>.

# FUJI

## КОМПАНИЯ FUJI MACHINE ОБЪЯВЛЯЕТ О ВЫПУСКЕ НОВОГО АВТОМАТА УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ

### О компании ООО «Остек-Сервис-Технология»

ООО «Остек-Сервис-Технология» — подразделение Группы компаний Остек, специализирующееся на реализации комплексных проектов развития производств печатных плат, гальванических и химических покрытий, внедрении технологических решений очистки сточных вод и водоподготовки. Подробная информация на сайте: <http://www.ostec-st.ru>.

### О компании Orbotech

Orbotech (NASDAQ: ORBK) – ведущая компания в области инновационных технологий, которые используются при производстве современных изделий электронной промышленности, а также в смежных отраслях промышленности во всем мире. Компания является лидером в поставке технологических решений для повышения качества и выхода годных электронных изделий для чтения, записи и соединений, которые используются производителями печатных плат, плоских дисплеев, передовых упаковок, микро- электро- механических систем и других электронных компонентов. Сегодня практически каждое электронное устройство в мире производится с использованием систем Orbotech. Подробная информация на сайте: <http://www.orbotech.com>. 

26-27 ноября 2015 года на Fuji Mount technology Show, на территории головного представительства компании в Японии, будет представлена новая сверхгибкая платформа – Fuji Aimex IIIc.

По сравнению с моделью Aimex IIc новый автомат обладает большей гибкостью и производительностью, и при этом более компактен, его площадь – 1280 x 2346 мм.

Автоматы Aimex предназначены для мелкосерийного многономенклатурного производства. В Aimex IIIc размещается до 130 питателей, а с использованием питателей HexaFeeders от Fuji количество типонаминалов компонентов, которые можно разместить на базе, увеличивается приблизительно в 1,5 раза. Использование универсальной установочной головки Dynahead дает возможность монтажа от компонентов 01005 до микросхем размером 74 x 74 мм. Автомат

может быть оборудован системой проверки компланарности компонентов перед установкой и верификатором (системой проверки электрических параметров) пассивных компонентов.

Традиционно максимальная производительность для автоматов Fuji определяется используемой установочной головкой. В частности, самая «скорострельная» на сегодняшний день установочная головка H24 выполняет монтаж со скоростью 37 000 компонентов в час, таким образом, Aimex IIIc имеет производительность 24 643 компонента в час на 1 кв. м. Подача каждой новой платы в зону сборки происходит всего за 2,6 секунды.

Серийный выпуск Aimex III начнется в декабре 2015 года. 

AIMEX IIIc



## ПЕРСПЕКТИВЫ

# Философия управления

Текст: **Мария Орлова**

»

Остек — инжиниринговое предприятие, реализующее свои проекты по модернизации и повышению эффективности производства в сфере приборостроения для телекоммуникаций, авиационной и космической электроники, медицинской техники, систем безопасности и т.д. Главный редактор журнала «Умное производство» Геннадий Климов беседует с генеральным директором ООО «Остек-Инжиниринг» Станиславом Гафтом о возможностях компании, инжиниринге и философии.

**Станислав Константинович, Остек известен революционными подходами, которые позволяют создавать высокотехнологичные производства электронной техники и современные приборы. Вы являетесь проектировщиком производств, которые выпускают электронные изделия. То есть, вы своего рода системный интегратор?**

Наши основные клиенты — это производители электронных приборов, использующихся в различных отраслях: средства телекоммуникаций, системы управления, навигации, безопасности. Мы помогаем им построить современное эффективное производство.

Мы также участвуем в комплексных проектах, когда заказчику необходимо решить задачу создания современного эффективного электронного производства «с нуля», способного, например, выпускать в год миллион мобильных телефонов специальной конструкции. Это наша сфера. Мы выполняем, в том числе и функции системного интегратора при реализации больших комплексных бизнес-проектов, когда для решения поставленных заказчиком задач необходимо создать эффективную технологию, способную обеспечить достижение поставленных производственных целей. В этом наша миссия.

**То есть, это инжиниринг?**

Да, это инжиниринг. Мы — инжиниринговая компания, но вообще мы предлагаем нашим клиентам философию. Это, пожалуй, самое сложное, но и всеобъемлющее.

**Вы поставляете не просто технические системы, оборудование, технологии, но, что самое главное — системы управления, собственные разработки, которые обеспечивают эффективность и конкурентоспособность приборостроительных производств. Я правильно понимаю?**

Это действительно так. Когда лет восемь назад мы начали формулировать нашу основную цель, мы поняли: когда приходит заказчик, его интересует — даже если он сам об этом не задумывается — создание эффективного производства. А что такое эффективное производ-

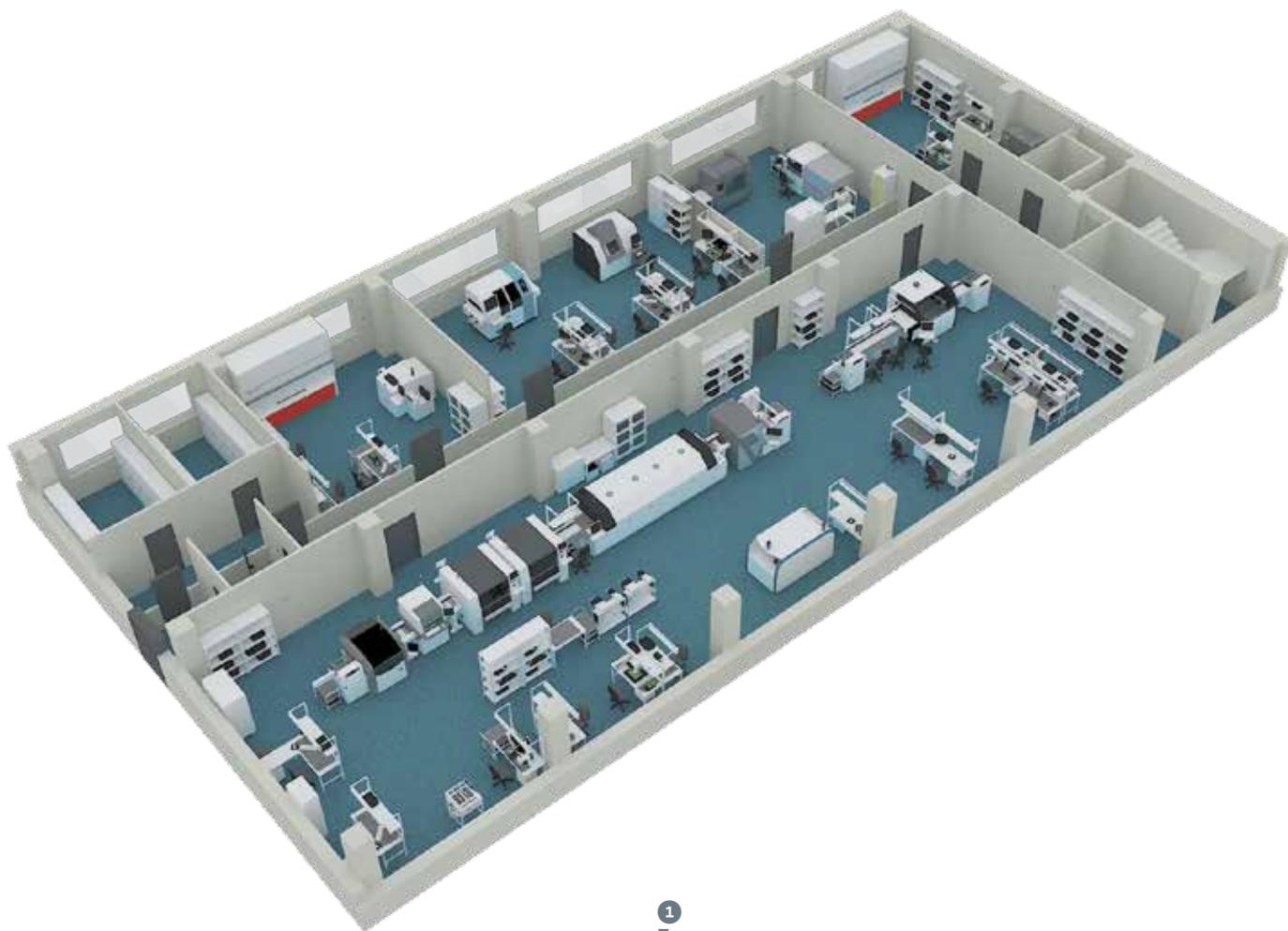


ство? Ответ прост: это производство, обеспечивающее выпуск конкурентоспособной продукции и способное быстро выводить на рынок новые продукты. Ровно две задачи, ничего не надо придумывать, не нужно никаких умных слов про «малолюдную» или «безлюдную» технологию — это уже слагаемые и производные.

Это две цели, которых должно достигать любое производство: выпуск конкурентоспособной продукции и быстрый запуск новых моделей в условиях меняющегося рынка. Есть уровень более высокого порядка, но это уже сфера государства: оно должно обеспечить условия, чтобы у стариков была комфортная старость, и дети спокойно гуляли по улицам. А в остальном — не мешай, мы сами справимся.

У нас длительное время бытовал миф о том, что эффективное электронное производство можно сделать только в Китае, потому что там дешевая рабочая сила. Этот миф так и остался мифом. Современное приборное электронное производство изначально создается с очень высоким уровнем автоматизации. Какая разница, сколько платить персоналу, если его почти нет? А где будет жить человек, который работает на этом производстве и которому все равно нужно платить достойную зарплату — в Москве или в каком-то другом городе мира... Важна комфортная среда и общая техническая культура и традиции.

Такая работа подразумевает, в том числе, и знание английского языка, поэтому нужны молодые и образованные люди. Беглый технический английский — это обязательное средство коммуникации. Поэтому все же современную электронику лучше производить в развитых странах с высоким уровнем общего образования. Россия для этого вполне подходит.



1  
Проект современного производства

**Фактическое отсутствие национального технического языка — это очень серьезная проблема. Мы замечаем, что последнее время в России представители разных отраслей и даже разных заводов одной отрасли порой не понимают друг друга. На одном авиационном предприятии, о котором писал наш журнал, провели эксперимент: взяли документацию из одного цеха, а рабочих — из другого, и оказалось, что они не понимают ни техпроцессы, ни чертежи «соседей». Как выяснилось, эта проблема есть и в других странах, я писал об этом колонку для немецкого технического журнала *Instandhaltung*. Техника усложняется, понятий становится больше, а единого понимания — все меньше. Это большая проблема. Проблема эффективности национальной инженерной школы.**

С немцами как раз проще всего общаться на нашем техническом английском наречии, мы отлично понимаем друг друга. А вообще, будущее за нашими детьми, которые, как правило, бегло говорят, по крайней мере, на двух иностранных языках. Уверен, проблема межпроизводственных коммуникаций решается, в том числе и благодаря нашей работе в сфере образования.

**Возможно, вы правы. Давайте вернемся к разговору о вашей инженерной философии. Вы считаете, что выпуск конкурентоспособной продукции и быстрый вывод ее на рынок обеспечивается каким-то алгоритмом управления?**

Я уже сказал, что мы поставляем предприятиям философию. Грамотные разработчики должны понимать, что прибор конструируется один раз, а дальше люди длительное время будут его производить и использовать. Он должен быть удобным и выгодным в производстве и комфортным в применении. Поэтому будущий прибор должен быть технологичным, тестопригодным и ремонтпригодным, чтобы потом те, кто будет производить и эксплуатировать его, восхищались высокой квалификацией разработчика, предусмотревшего при конструировании все нюансы. На самом деле это не так сложно, особенно, если в качестве одного из основных принципов использовать золотое правило морали и евангельскую истину: «Относись к ближним так, как хочешь, чтобы они относились к тебе».

Модное понятие «система сквозного проектирования» предполагает, что система автоматизированного проектирования автоматически генерирует управляющие программы для технологического оборудования. Если мы возьмем механообработку — там давние и устойчивые традиции. В электронике, при изначально

более высоком уровне автоматизации производства, приходится учитывать больше ограничений.

Если рассматривать три основные части бизнеса: придумал, сделал, продал, то самая сложная стадия — это продажи. Легче — сделать, а самое простое — придумать, если тот, кто продает, выдаёт точное и подробное техническое задание. Я в прошлом разработчик, потом около 20 лет работал в электронном приборном производстве, а в настоящее время связан, в том числе и с продажами. Поэтому знаю проблему изнутри и могу об этом «ответственно заявить».

Тот, кто продает, задает технические характеристики. Ну, например, если сделать изделие в два раза легче, то можно продать таких изделий в пять раз больше. Или если у какого-то гаджета память будет в три раза больше, а батарея обеспечит удвоенное время работы, то продажи возрастут в шесть раз. Может быть и такое требование: изделие должно быть в два раза дешевле, чем у конкурентов. То есть при проектировании производства нужно учитывать условия повышения конкурентоспособности разрабатываемого изделия для захвата дополнительного сегмента рынка.

На самом деле это очень важно. Как только разработчик перестает жаловаться на судьбу «меня не ценят и мало платят» и начинает заниматься делом: думать, как и что нужно разработать, чтобы больше и выгоднее продать — у него сразу кардинально меняются взгляды и отношение к своей деятельности, производству. Он в этом случае занимается бизнесом, который может принести ему желаемый доход.

### **То есть разработчик, конструктор, программист и маркетолог должны работать вместе?**

Безусловно. В процесс создания и вывода на рынок новых изделий должны быть вовлечены все указанные специалисты. Например, маркетологи проработали вопрос о том, что емкость рынка — два-три миллиона в год, допустим, сотовых телефонов (их удобнее всего брать для наглядности). При этом если разработать и выпускать телефон с уникальными потребительскими свойствами, то можно захватить 20-30 % рынка. Давайте продумаем комплексный бизнес-проект: что делать (уникальные потребительские свойства, в том числе и цена), как продвигать и продавать (конкурентные преимущества), как производить (реализация, обеспечивающая достижение заданных потребительских свойств).

Какова психология покупателя? Вы пришли ко мне, продавцу, чтобы купить что-то нужное вам. А откуда оно у меня, это самое нужное вам? По логике — только случайно. Но я буду убеждать вас в том, что вам необходимо именно то, что есть у меня сейчас. Как правило, хороший продавец формирует спрос.

И в умном производстве работают те же правила. Если вы ко мне пришли с масштабным проектом и просите помочь создать производство, которое обеспечит выпуск качественной конкурентоспособной продукции, например, все тех же телефонов, я спрошу: «Сколько штук вы хотите выпускать?» «Тысячу штук в год». Я тут же посоветую не связываться с такими объемами, если только это не касается узкоспециализированного сегмента рынка. Но, если мы решили, что проект будет реализовываться, необходимо пройти определенные стадии.

### **С чего вы начинаете работу над проектом?**

Построить завод — это к нам. Мы поможем:

- провести аудит выпускаемой серийной продукции и новых изделий, находящихся в разработке, с точки зрения технологичности, тестопригодности и ремонтпригодности;
- оптимизировать или разработать технологию выпускаемой продукции для повышения её качества и надёжности и оптимизации себестоимости;
- выбрать площадку, спроектировать здание: мы знаем, что и как нужно делать, кого привлекать к этим работам.

Но главное, как я уже сказал, мы поставляем не только технологии, но и философию будущего современного эффективного производства.

Философию в значительной степени воплощает система управления, которая будет внедрена и должна поддерживаться на приборостроительном заводе. Именно она обеспечит его эффективное и надёжное функционирование — минимальное количество специалистов, небольшую общую численность персонала и четкость работы самого предприятия. Но при этом потребуются максимальная автоматизация всех процессов: не только производственных, технологических, но и процессов проектирования, внедрения и так далее. Для того, чтобы внедрить такую систему, мыслить нужно особым образом.

Известно, и мы сами это часто наблюдаем в наших поездках по России, что во многом проблемы российских предприятий — от внутреннего хаоса, который идет от несовершенства системы организации и системы управления.

Вроде бы руки у наших рабочих и головы у наших инженеров не самые плохие. Например, общеизвестно, что лучшие в мире планеры — российские, все остальные их копируют, даже американцы. Или стыковочный узел для МКС — это просто произведение инженерного искусства! Я преклоняюсь перед людьми, которые это придумали и производят. Потрясающе!

Но помните, что сказал Булгаков о «разрухе в головах»? Я абсолютно с ним согласен, это гениальная



2

Алгоритм работы автоматизированной системы управления

фраза. Ты, прежде всего, в голове у себя наведи порядок, пойми, что ты хочешь. Известно, что перед тем, как создавать свой собственный бизнес, нужно ответить себе всего на два вопроса — чего ты хочешь и насколько сильно ты этого хочешь?

Мы помогаем нашим клиентам ответить на эти два вопроса. Так как наши заказчики нам доверяют, поскольку мы реализовали большое количество проектов «разной ширины и глубины», у нас часто просят комплексное решение. Раньше под комплексным решением понималась поставка оборудования с сопутствующими услугами в виде монтажа, пусконаладки и обучения. Часто, например, для шефмонтажа вызывается иностранный специалист, который два месяца будет получать визу, потом приедет, удивится, что прямо до цеха нет асфальтовой дороги, скажет, что в таких условиях невозможно работать и ...уедет.

Зарубежные специалисты очень быстро и качественно умеют решать штатные проблемы, потому что для каждой такой проблемы есть прописанная последовательность действий по устранению. Первый же вопрос чуть в сторону — это пропасть, изумление: «Это что?».

Мы, если поставляем оборудование, знаем, что наши специалисты должны уметь обслуживать его лучше, чем фирмы-производители.

## О чем вы говорите — о некоей компьютерной программе или о своде внутренних стандартов?

На самом деле, правила проектирования, конечно же, определяются внутренним стандартом предприятия.

Нельзя сделать его универсальным. Стандарты предприятия — очень важный и живой документ, который определяет правила проектирования и ограничения, которые необходимо соблюдать схемотехникам и конструкторам, чтобы обеспечить высокий уровень автоматизации нового изделия, его технологичность, тестопригодность и ремонтпригодность. При этом его необходимо поддерживать, обновлять, поскольку постоянно вносятся улучшения. Тут правило простое: остановился — значит умер. Учитывая динамику возникновения и развития новых технологий в нашей области, остановка означает, что ты прозевал что-то новое, важное, коренным образом влияющее на трудоёмкость, качество, надёжность... А значит, и себестоимость, цену, объём продаж, прибыль и так далее.

## И все же, программное обеспечение вашей деятельности существует?

Мы проанализировали этот вопрос. Во-первых, есть системы проектирования. Я не хочу никого рекламировать, но надо признать, что на сегодняшний день их всего две. Mentor Graphics и Cadence — одна работает в США, другая в Европе. Это наиболее распространённые профессиональные системы, позволяющие проектировать прибор целиком.

Модный термин «сквозное проектирование», фризовольно используемый широкими слоями творческой интеллигенции, подразумевает, что система проектирования выдаёт управляющие программы для целого ряда оборудования. На самом деле это не совсем так, а, точнее — совсем не так. Профессиональные системы

проектирования должны выдать корректные исходные данные для систем подготовки управляющих программ, которые входят в состав автоматических комплексов и сборочных линий. Так как скорость вывода на рынок новой продукции непосредственно зависит от времени освоения её заводом-изготовителем, а время освоения в основном определяется технологической подготовкой производства, уровень автоматизации данного процесса и определяет в значительной степени эффективность функционирования предприятия в целом. Задача автоматизации технологической подготовки — одна из наиболее сложных и важных для приборного производства.

У нашей компании накоплен большой опыт разработки и внедрения систем управления, позволяющий обеспечить высокий уровень автоматизации управления и технологической подготовки производства. При этом разработка стандарта предприятия — важнейший этап этого процесса, на котором должны быть описаны, согласованы и утверждены ограничения по применяемым компонентам, их унификация, требования к конструкции новых и модифицируемых изделий.

### **Что необходимо учитывать в вашей сфере инжиниринга, в чем ее специфика?**

Чаще всего во время визита на приборное производство вам начинают показывать новые помещения и самые современные сборочные линии. Но профессионала обычно интересует самое невзрачное: например, адаптеры для внутрисхемного и/или функционального контроля. Потому что именно разработка и изготовление этого нестандартного оборудования показывает, как предприятие может решать нестандартные проблемы, возникающие при постановке на производство новых изделий.

Производитель отвечает за качество и надёжность выпускаемой продукции. Качество продукции определяется соответствием её конструкторской, технологической и нормативной документации. Иными словами, предприятие-изготовитель должно обеспечить соответствие технических характеристик выпускаемой продукции указанным в технических условиях. Таким образом, с точки зрения организации производства предприятие отвечает за повторяемость технических характеристик выпускаемой продукции за счёт соответствия конструкторской документации и обеспечения соответствия утверждённых параметров технологического процесса.

### **Что касается подготовки производства — понятно. А что дальше?**

Как всегда, есть две основные части: система управления цехового уровня, то, что ограничено областью от склада до склада. С точки зрения надёжности, живу-

чести, удобства внедрения и модернизации для завода, в котором имеется пять отдельных цехов (участков), мы предлагаем пять отдельных систем и некоторую объединяющую систему.

На Западе для систем этого уровня обычно используется аббревиатура MES — Manufacturing Execution Systems — система управления производственного уровня. И есть система ERP (Enterprise Resource Planning), тоже устоявшаяся система управления ресурсами предприятия.

Сначала мы проанализировали предлагаемые на рынке системы управления — есть ли программное обеспечение, которое можно приспособить под наши цели. Кстати, по этому пути пошел и целый ряд наших клиентов, которые хотели купить и внедрить такую систему, поскольку работать без нее при современном уровне развития приборного производства уже невозможно. Выяснилось, что конечного решения для систем управления приборным производством («цех от склада до склада») не существует.

Порой предприятие не знает, что ему нужно сейчас. А тут надо предвидеть, что будет нужно через год. Получается, что поставщик сажает предприятие на крючок.

### **Почему на крючок, это же партнерские отношения.**

Да, именно. Ведь если мы внедряем на предприятии систему, которая, допустим, закрывает участок в цехе, от склада до склада, то через полгода, убедившись что эта система работает, к нам снова обратятся. Мол, одну систему вы нам продали, теперь нам нужно десять таких. Но при этом их нужно либо дорабатывать, либо развивать. Действительно, это нормальные партнерские отношения. Но есть и другой подход, который используют западные компании: продажа инструментальных средств для разработки программного обеспечения. Знаете, такие наборы в любимом всеми с детства стиле «Сделай сам». Покупаешь — и немедленно приступаешь к работе. Через месяц понимаешь, что купил не все. Не хватает опционального пакета. Докупаешь. Ещё месяц работы. Опять не хватает... И так далее. Процесс бесконечный, результат — нулевой. На вопрос: «А можно купить комплексное базовое решение для автоматизации производственного цеха от склада компонентов с участком комплектации до склада готовой продукции?» ответ всегда один: «Продукт продается таким, каков он есть!». Мне с детства нравилась эта фраза своей лаконичностью и безысходной завершенностью.

Мы разработали собственное уникальное программное обеспечение для ERP-системы — управление планированием производства, управление закупками компонентов, комплектующих и материалов.



Цифровая система  
управления производством

### Что может ваша система управления?

Например, есть такое понятие «экспертная система». Представьте, вы — мой заказчик, для которого я ежемесячно произвожу 10 000 одноплатных приборов. Вы приходите ко мне и говорите, что у вас изменилась ситуация и вам нужно в этом месяце удвоить производство. Я должен за короткое время (5...10 минут) пересчитать план и дать один из возможных ответов:

- это сделать можно, дополнительные затраты к уже запланированным не нужны;
- это сделать можно, но для этого нужно перевести сборочную линию и участок электрического контроля в двухсменный режим работы на одну неделю, что, в свою очередь, потребует дополнительных затрат в размере 250 000 рублей на оплату сверхурочных работ;
- это сделать в указанные сроки невозможно. При переводе производства на непрерывный цикл (24/7), дата исполнения заказа седьмое число следующего месяца. Дополнительные затраты — 1 200 000 рублей.

Надо учитывать, что мы работаем и с небольшими приборными частными предприятиями. На Западе на заводах в сфере электроники обычно работает по 20-30 человек. На большей части приборных предприятий работает до 50 человек. 100 человек — это уже большая компания, 150 — уже «поставщик его величества».

**Ваша система пишется в профессиональной среде под каждый проект отдельно или есть общий программный продукт, который вы настраиваете под потребности заказчика?**

Естественно, у нас есть набор «коробочных решений», которые мы стыкуем в соответствии с требованиями каждого заказчика. Обычный срок внедрения базового программного обеспечения одного производственного участка — от одного до трёх месяцев. Но, как правило, у каждого клиента есть свои пожелания и специфические задачи, которые мы стараемся решить.

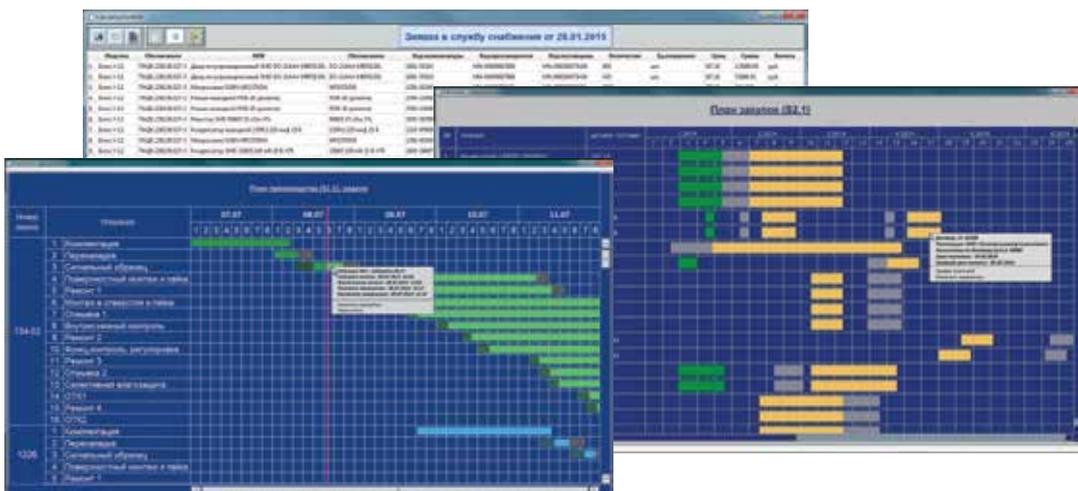
**Значит, предприятие с системой управления, поставленными станками и обученным персоналом — и есть ваш конечный продукт?**

Конечно. У нас очень амбициозные цели, если все пойдет так, как надо, лет через десять мы будем конкурировать с ведущими мировыми компаниями.

**В вашем секторе у вас действительно репутация самой передовой компании.**

Скажу вам честно: мы проанализировали две зарубежные компании, которые считались ведущими в этом сегменте рынка. Это чистые продавцы. На наш взгляд, в России нужно предлагать и реализовывать комплексные решения. Иначе будет идти бесконечный процесс, и никто не станет отвечать за конечный результат.

Наши партнеры и заказчики знают, что мы работаем на мировом уровне. И мы стараемся свой уровень поднять. Мы уже неоднократно доказывали, что готовы взяться за задачи, которые до нас не удавалось решить никому. И успешно с ними справлялись. Не вижу повода не продолжить наши опыты в данном направлении. 





# Новый язык управления производством

## LOGOS

Цифровая  
система  
управления  
приборным  
производством

Система LOGOS разработана специально для управления приборным производством. Она дает новые возможности сбора и обработки информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

### Преимущества системы

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



будущее  
создается

[www.logos-system.ru](http://www.logos-system.ru)  
(495) 788 44 44  
[info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)



## ТЕХНОЛОГИИ

# Полимерная защита пластин перед резкой

Текст: **Юрий Насонов**  
**Иван Погорельцев**

”

В электронной и микроэлектронной промышленности дисковая резка материалов в настоящее время является наиболее эффективным способом разделения полупроводниковых пластин на кристаллы.

В процессе дисковой резки, в результате взаимодействия режущего диска с пластиной, в той или иной степени загрязняются и повреждаются поверхности пластин рис 1. В рабочей зоне образуется облако пара, состоящее из микрочастиц материала подложки и материала режущего диска, которое затем оседает на всех участках пластины рис 2. Это оказывает негативное влияние на качество обрабатываемого изделия, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на выходе годных изделий.

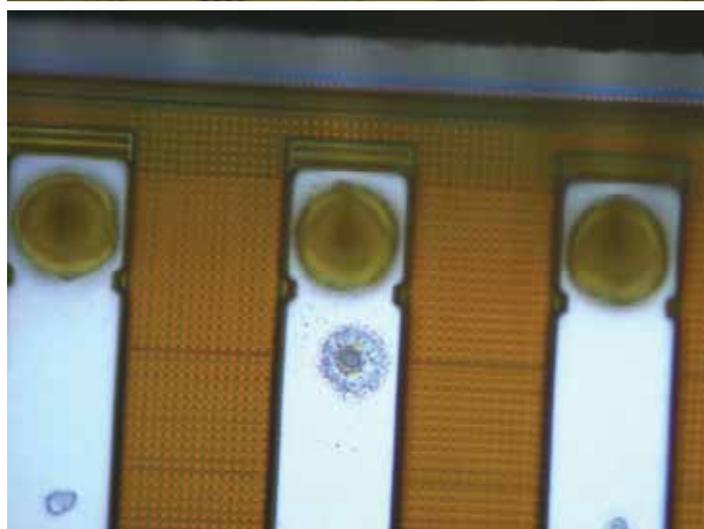
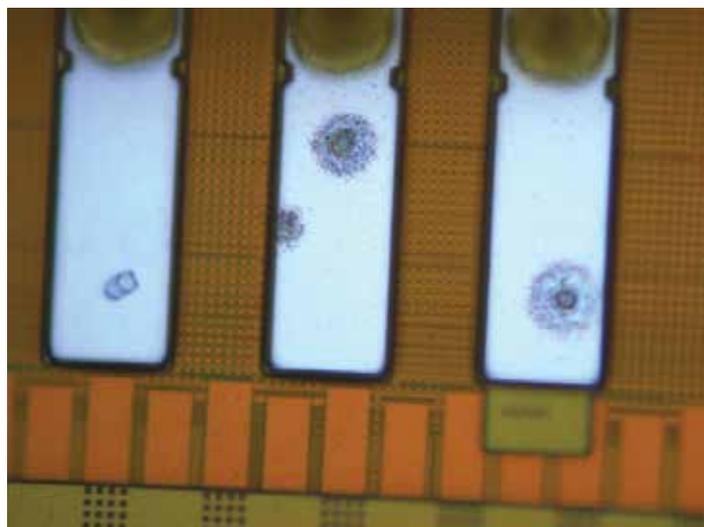
Существуют различные системы очистки пластин после резки, но их эффективность в значительной степени зависит от материала и дизайна самого изделия, а, например, при наличии на изделии «колодцев», такие системы и вовсе бессильны. Очистка под давлением также способна повредить хрупкое изделие.

На многих предприятиях для повышения качества выпускаемых изделий после резки проводят многоэтапную очистку, однако и это не гарантирует стабильного результата. В мировой практике также применяются специальные суспензии, которые подаются вместе с водой в рабочую зону при резке, очищая пластины. Однако наиболее перспективным и эффективным методом борьбы с загрязнением пластин является использование защитных покрытий.

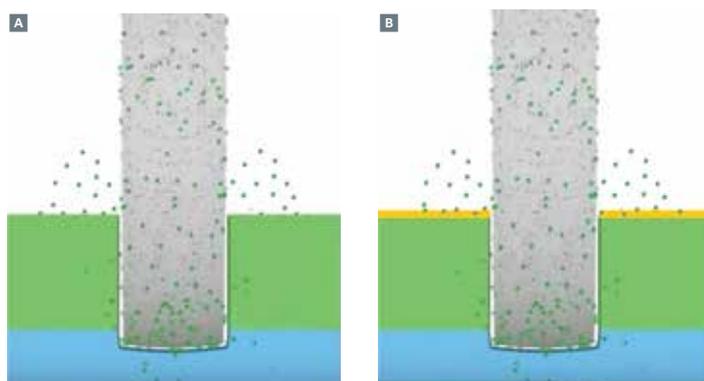
### Технология защиты пластин перед резкой

Для разрешения проблемы загрязнения пластин в процессе дисковой резки специалисты ГК Остек разработали технологию защиты пластин перед резкой PPBD (Polymer Protection Before Dicing).

Особенность технологии в том, что до резки на пластину с помощью автоматической установки серии CDS наносится специальный полимер, образующий защитную пленку. Это позволяет исключить попадание микрочастиц и воды на обрабатываемое изделие, что предохраняет пластину также и от коррозии. На заготовках, которые имеют длительное время резки, например, заготовки с маленьким размером кристалла и большим диаметром пластины, может появиться коррозия на контактных площадках из-за длительного воздействия воды, подающейся при резке. Полимерная защита исключает возникновение коррозии благодаря образованию барьерного слоя на поверхности пластины. После резки защитная пленка удаляется на той же установке, таким образом, достигается полное отсутствие каких-либо загрязнений на пластине.



1 Вкрапления на контактной площадке при дисковой резке пластины



2 А Пыль оседает на пластину, В Пыль оседает на защитное покрытие

## Полимеры серии CWP

Полимеры серии CWP созданы специально для нужд микроэлектронной промышленности с применением самых современных технологий. Они изготавливаются на спиртовой основе с добавлением специальных ингредиентов для улучшения адгезии при нанесении на поверхность пластины, а также антистатических и др. свойств.

Полимер CWP полностью водостойкий, что дает возможность использовать воду с любой суспензией для охлаждения диска во время резки. Покрытие светится в УФ-спектре, позволяя контролировать качество нанесения и удаления полимера (как визуально, так и с помощью электронной системы оптического контроля).

Полимер подается на вращающуюся пластину с помощью установки серии CDS, равномерно покрывая всю поверхность.

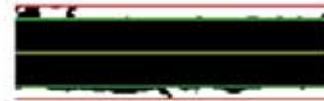
## Эксперимент

В ходе тестирования данной технологии были проведены следующие испытания. На оборудовании ADT 7122 (израильской компании Advance Dicing Technology) произведена дисковая резка кремниевых пластин (толщина пластины 1мм) с защитным полимерным покрытием и без него. Всерезы были проверены при помощи опции «Kerf Check», что позволило в автоматическом режиме выполнять контроль реза в соответствии с набором параметров рис 3.

В ходе эксперимента сколы размером более 10 мкм были занесены в таблицу для сравнения качества реза рис 4.

PASS

	Measure	Limit
Wmax (microns)	= 154.7	200.0
Wmin (microns)	= 113.5	30.0
Wmin average (microns)	= 113.5	30.0
DYoffset (microns)	= -2.6	7.0
Center-To-Max Chip (microns)	= 80.0	200.0
Skew (microns)	= 0.0	10.0

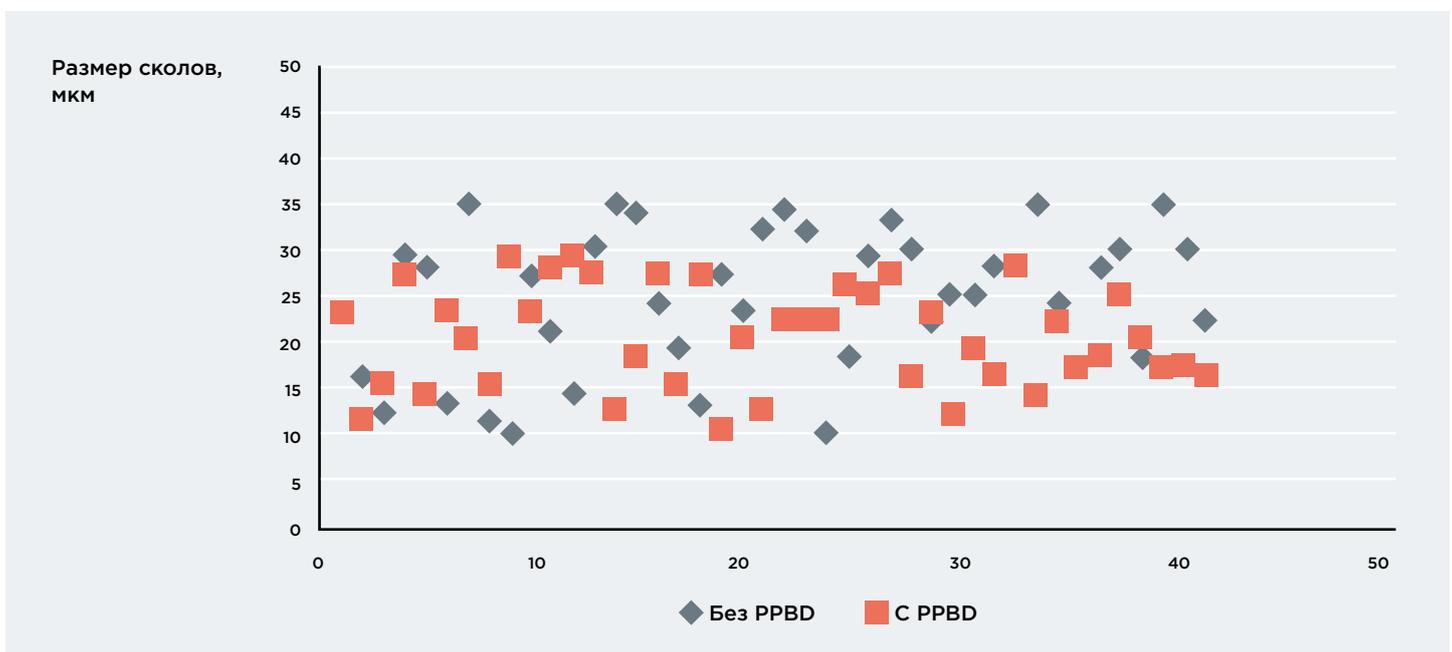


Top Chipping (microns)	= 20.6	50.0
Bot Chipping (microns)	= 20.6	50.0
Top Chip Area (sqr mm)	= 0.4	9.0
Bot Chip Area (sqr mm)	= 0.2	9.0

3

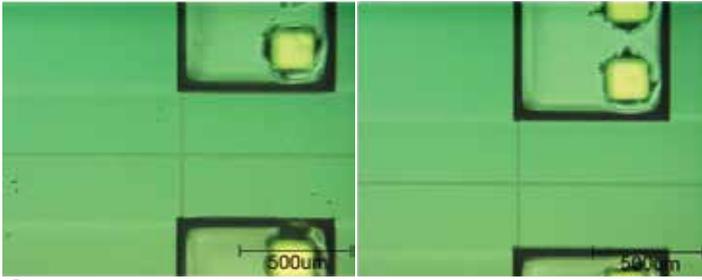
Пример работы опции Kerf Check для заданной точки реза

Полученный результат свидетельствует, что при резке пластин с использованием защитного полимера размеры сколов меньше, чем при резке без защиты. Также было обнаружено, что толщина защитного покрытия не влияет на количество и размер сколов.

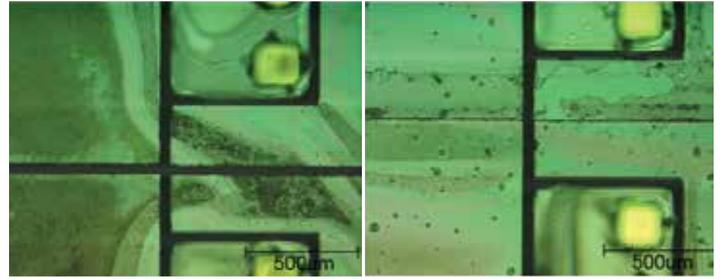


4

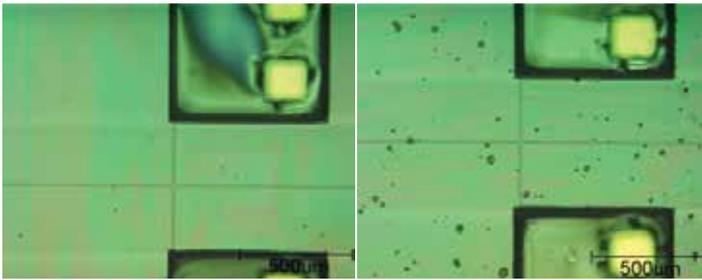
Размер сколов после резки кремниевой пластины с использованием защитного покрытия и без него



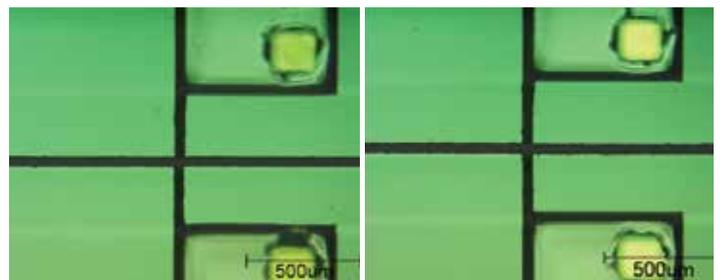
5 Пластина с колодцами до дисковой резки



7 Пластина с колодцами после дисковой резки



6 Пластина с колодцами до дисковой резки после нанесения защитного полимера



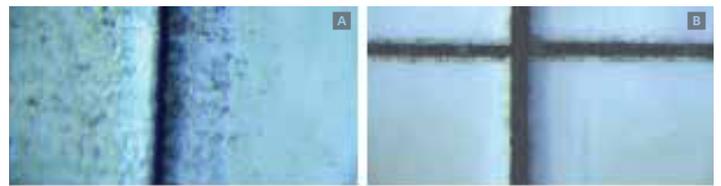
8 Пластина с колодцами после отмытки моющим средством

После дисковой резки и отмытки пластины были сфотографированы с помощью оптического микроскопа. Особое внимание уделялось зоне реза, т.к. именно там происходит максимальное осаждение отходов на поверхность. На фотографиях видно, что полимер полностью защищает пластину во время резки, а после удаления на поверхности отсутствуют какие-либо частицы РИС 5-9.

Дисковая резка пластин с применением технологии PPBD также снижает возникновение многих нежелательных явлений, таких как трещины от напряженности пластин или кратеры от алмазной крошки, по сравнению с обычной резкой пластин.

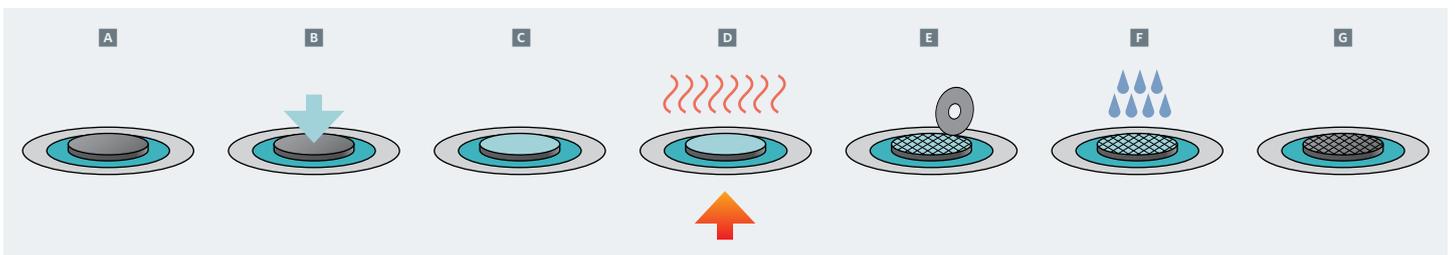
Для проверки равномерности материал был протестирован (суммарная разнотолщинность однородности @ <1 %) по общему спин-покрытию на толщину @ < 5мкм.

Типичная толщина покрытия 3–10 мкм, которая может быть достигнута со скоростью вращения 600-1500 об./мин., отверждение полимера происходит при воздействии тем-



9 A Результат после резки без использования защитного полимера B Результат после резки с использованием защитного полимера

пературы 120 °С при продолжительности от 60 до 140 минут (в зависимости от толщины нанесенного слоя). После процедуры отверждения (стеклования) полимер приобретает необходимые адгезивные и прочностные характеристики, что позволяет резать защищенные пластины вне зависимости от времени операции и воздействия воды, подающейся при выполнении резки. После резки ранее нанесенный защитный слой удаляется с помощью отмывочной жидкости на основе изопропилового спирта с помощью установки серии CDS РИС 10.



10 Блок-схема: A Пластина B Нанесение защитного полимера C Пластина с нанесенным защитным полимером D Отверждение полимерного защитного слоя пластины E Дисковая резка пластины F Отмывка и удаление полимерного защитного слоя G Порезанная чистая пластина

## Установка нанесения и удаления полимерного покрытия серии CDS

Установка CDS рис. 11 предназначена для нанесения и снятия защитного спиртосодержащего полимерного покрытия на полупроводниковые пластины. Данная модель была разработана специально для технологии защиты пластин перед резкой PPBD. Все механические узлы установки (двигатели, клапаны, структура камеры нанесения) сконструированы с учетом вязкости, текучести, испарения и конденсации полимеров серии CWP, что гарантирует высокое качество нанесения полимера. Некоторые модификации установки CDS имеют систему оптического контроля качества нанесения. Эта функция позволяет установке проверять в автоматическом режиме качество нанесения полимера на пластину, сводя к минимуму брак. Благодаря удобному программному обеспечению с дружественным интерфейсом необходимые рецепты легко вводятся в программу, контролируются и запоминаются.

Программное обеспечение реализовано таким образом, что в процессе нанесения на установке CDS предварительно можно помыть пластину, высушить ее и после этого нанести полимер — и все это в одном цикле. Для пластин с разнотолщинной топологией реализована возможность многоэтапного нанесения полимера серии CWP, т.е. нанесение нескольких слоев, причем, в зависимости от технологии, можно как сушить, так и не сушить каждый слой нанесения, реализуя любые технологические задачи.



11  
Установка CDS

Т 1

Особенности, преимущества и области применения установки серии CDS

### Особенности и преимущества:

- Сенсорный дисплей
- Манипулятор с отдельными соплами подачи защитного полимера, отмывочной жидкости и воздуха
- Визуальный контроль нанесения защитного полимера в процессе работы
- Вращательный рабочий столик с высоким крутящим моментом
- Вакуумный захват защищаемой пластины
- Суммарная разнотолщинность нанесенного полимера <1 %
- Простое и понятное программное обеспечение
- Система оптического контроля качества нанесения в автоматическом режиме (опционально)

### Области применения:

- Керамические подложки
- Толстопленочные компоненты
- Стекло
- Стекло на кремнии
- Пьезоэлектрические компоненты
- ПАВ-фильтры
- МЭМС
- Светодиоды и светодиоды на печатных платах
- Разделение групповых заготовок (BGA, QFN, LTCC)
- Оптоэлектронные компоненты
- Полупроводниковые пластины

**Применяя технологию защиты пластин перед резкой, можно выполнять дисковую резку полупроводниковых пластин без загрязнения поверхности. Покрытие не только защищает поверхность, но и улучшает качество реза, позволяя значительно увеличить количество выхода годных изделий на каждой обрабатываемой пластине.** □

# СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИПОЯ 80Au20Sn В СБОРКЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



Текст: Роман Кондратюк



Сплав 80Au20Sn более 30 лет применяется в сборке специализированных изделий микроэлектроники и многократно доказал свою эффективность. Новые методы нанесения припоя позволяют расширить область применения припоя 80Au20Sn, однако для сохранения высокого уровня надёжности необходимо учитывать особенности сплава, соединяемых компонентов и процесса пайки. В данной статье рассмотрены основные технические и технологические факторы, влияющие на качество паяного соединения. Также приведены примеры использования припоя 80Au20Sn в сборке изделий микроэлектроники.

Припой 80Au20Sn является одним из важнейших материалов для создания микросхем высокой надёжности. Сплав активно применяется при монтаже полупроводниковых кристаллов высокой мощности, герметизации микросхем и гибридных сборок, а также в сборке МЭМС и изделий оптоэлектроники.

Среди основных преимуществ сплава 80Au20Sn можно выделить высокую прочность и теплопроводность при относительно низкой температуре плавления (Т<sub>п</sub>). Сплав сохраняет свои свойства в широком диапазоне температур (от -55 до +125 °С), при повышенных температурах эксплуатации и влажности (+75 до +150 °С, до 100 %) и при длительном нагреве паяного соединения до высоких температур (+250 °С) [1]. Также сплав позволяет осуществлять бесфлюсовую пайку, что существенно снижает вероятность отказов, вызванных применением флюса (коррозия, токи утечки, пустоты в паяном соединении).

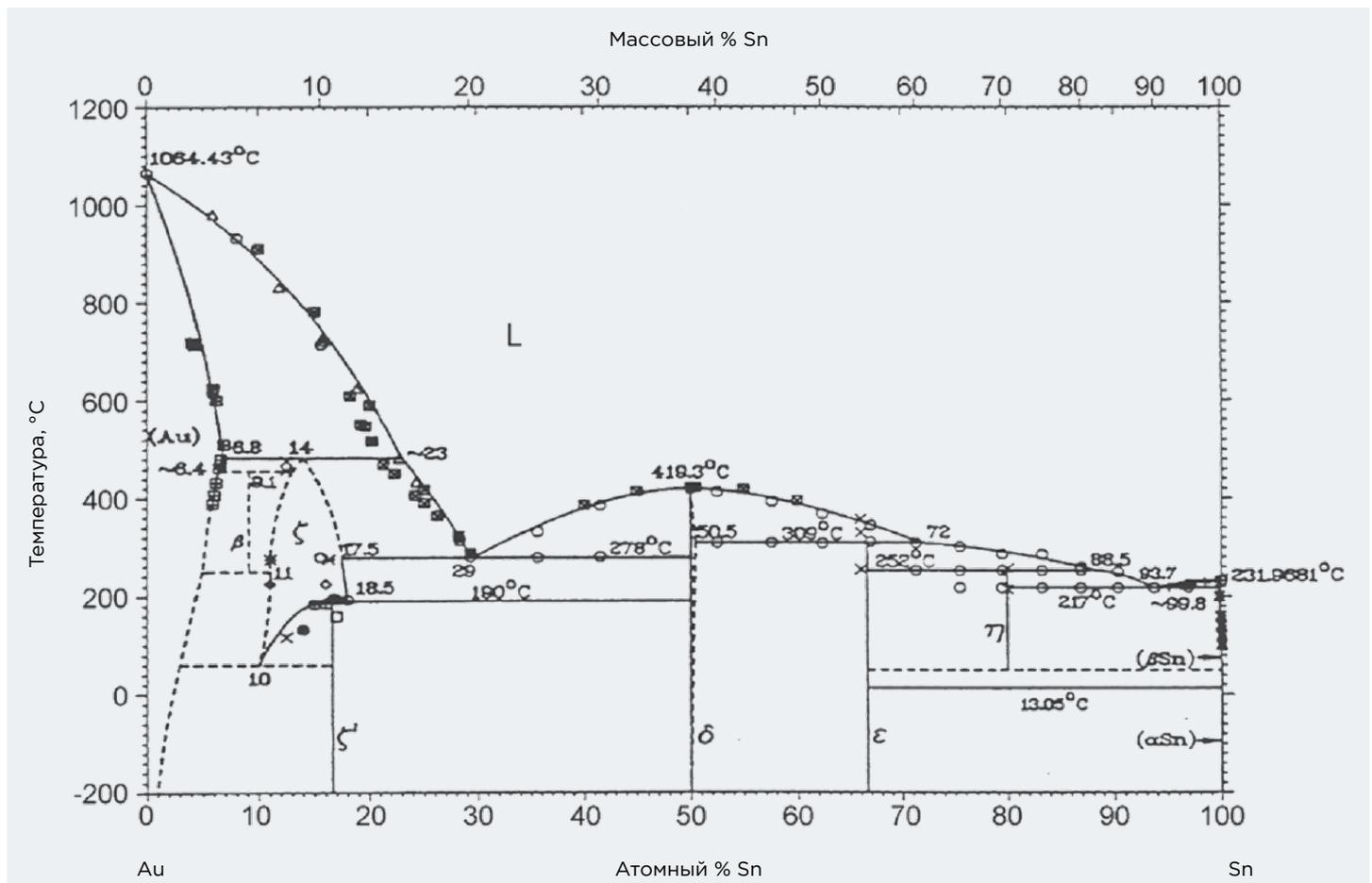
Уникальные свойства сплава 80Au20Sn вызывают интерес у разработчиков новых микроэлектронных изделий. На первый план в таких задачах выходят вопросы качества и надёжности паяных соединений. Основные проблемы с надёжностью изделий, собранных с использованием этого сплава, могут быть вызваны образованием пустот и формированием хрупких интерметаллических соединений в паяных соединениях. Это может приводить к отказам

изделий вследствие нарушения тепловых режимов работы, а также обрывов электрических соединений. Поэтому при использовании сплава 80Au20Sn необходимо учитывать его свойства и особенности применения. Важными вопросами здесь являются подбор и согласование метода нанесения припоя и свойств соединяемых компонентов, а также выбор оптимального режима пайки.

## Свойства припоя 80Au20Sn

Основные свойства припоя 80Au20Sn, а также его поведение во время пайки могут быть определены на основе фазовой диаграммы двойного сплава Золото-Олово рис 1, который имеет две точки эвтектики 80Au20Sn (масс., Т<sub>плавления</sub> = 280 °С) и 10Au90Sn (масс., Т<sub>плавления</sub> = 217 °С).

Эвтектика 80Au20Sn состоит из двух интерметаллических фаз AuSn (35,7 % масс.) и Au<sub>5</sub>Sn (64,3 % масс.). В сплаве нет свободных атомов Sn, все они связаны в эти два интерметаллических соединения [2, 3]. Другой эвтектический сплав 10Au90Sn формирует интерметаллическое соединение AuSn<sub>4</sub> [2], которое может вызывать проблемы с надёжностью паяного соединения при термоциклировании, поэтому сплав 10Au90Sn пока не находит своего применения в электронике.



1 Фазовая диаграмма двойного сплава Золото-Олово [2]

Т 1

Основные характеристики сплавов, применяемых в электронике [14]

	80Au20Sn	88Au12Ge	96.8Au3.2Si	96.5Sn3.5Ag0.5Cu	62Sn36Pb2Ag
Температура плавления, °С	280	356	363	220(L), 217(S)	179
ТКЛР, 10 <sup>-6</sup> /С при 20 °С	16	13	12	22	25
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	57	44	27	58	50
Удельное электрическое сопротивление, мКОм*см	16.4			13.2	14.3
Плотность, г/см <sup>3</sup>	14,51	14,67	15,4	7,4	8,41
Прочность на разрыв, МПа	275	185	254	50	48
Модуль Юнга, ГПа	68	73	85,4	16,6	30

Фазовая диаграмма на рис. 1 демонстрирует одно важное свойство сплава 80Au20Sn — резкое увеличение температуры плавления (ликвидуса) сплава 80Au20Sn даже при незначительном увеличении концентрации золота. Как видно из диаграммы, изменение состава сплава до 81Au19Sn увеличивает температуру плавления на ~30 °С. Эту особенность необходимо учитывать при пайке к золочёным поверхностям, когда золото из металлизации компонентов во время пайки попадает в припой и может изменять его состав. В некоторых случаях указанный эффект приводит к необходимости изначально использовать сплав (78-79)Au(21-22)Sn, но иногда позволяет проводить 2-ступенчатую пайку одним и тем же припоем 80Au20Sn, предоставляя дополнительную свободу выбора технологического маршрута сборки изделия. Процесс растворения Au покрытия в сплаве 80Au20Sn увеличивает количество интерметаллида Au5Sn [3]. При этом помимо температуры плавления повышается прочность сплава. Процесс насыщения золотом сплава 80Au20Sn зависит от режима пайки (температуры и времени нагрева выше точки ликвидуса).

## Особенности применения

При организации технологического процесса пайки с помощью припоя 80Au20Sn необходимо учитывать следующие основные факторы:

- свойства соединяемых компонентов (ТКЛР, тип металлизации и толщина металлизации);
- метод нанесения или форму припоя 80Au20Sn;
- тип и возможности оборудования для пайки;
- температурный профиль и атмосферу процесса пайки.

Свойства соединяемых компонентов, как правило, закладываются на этапе проектирования и разработки технологии сборки изделия. Основная рекомендация – выбор компонентов, схожих по температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР). Это особенно

Т 2

Типы и толщина металлизации компонентов для процесса пайки сплавом 80Au20Sn [1]

Подложка	Тип металлизации	Толщина, мкм
Si	Ti/Cu/Ni	0,2/0,8/10
	Ti/Cu	0,5/0,3
	Ti/Pt/Au	-
	TiW/Au	-
GaAs	Ti/Pt/Au	-
	Cr/Pt/Au	-
	Ti/W(N)/Au	-
InP	Ti/W/W-AuSn	0,1/0,05
	Ti/W/W-NiSn	0,2/0,2
	Pd/Ge/Sn	0,1/0,05
	Pd/Ge/In/Sn	0,2/0,2
AlN	Ti/Mo/Pt	0,08/0,1/1
BN	Ti/Pt/Au	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti/Pt	0,03/0,25
	Ni/Au	3-5/3-5
	Ti/W/Au	-
Ковар	Ni/Au	0,3-2,5/1,0-7,6
Cu	Ni/Au	2,5-5/0,1-7,6

важно при соединении материалов с низкой пластичностью, таких как керамика, стёкла, твёрдые сплавы, поскольку несоответствие коэффициентов температурного расширения компонентов может приводить к трещинам и разрушениям паяных соединений при перепадах температур.

Важным вопросом при организации процесса пайки сплавом 80Au20Sn является вид и качество металлизации соединяемых компонентов. Возможные типы металлизаций компонентов показаны в Т 2. В общем случае металлизация состоит из трех слоёв: адгезионный, барьерный и защитный. Адгезионный слой необходим для керамических и полупроводниковых компонентов и не требуется для металлических поверхностей. Барьерный



2 Преформы, ленты, фольга из низкотемпературных сплавов

слой должен иметь хорошую адгезию к защитному слою, защищать от диффузии и иметь толщину, достаточную для того, чтобы не растворяться в припое полностью. Защитный слой предотвращает окисление поверхности и, как правило, состоит из чистого золота для совместимости с  $80\text{Au}20\text{Sn}$ . В большинстве случаев для керамики и полупроводников используется комбинация  $\text{TiW}/\text{Au}$  или  $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$  (адгезионный/барьерный/защитный слой), для металлов  $\text{Ni}/\text{Au}$  (Т 2). Никель может быть нанесён электрохимическим или химическим способом (2–14 % Р),

но последний используется чаще ввиду меньшей стоимости [1].

Традиционно припой  $80\text{Au}20\text{Sn}$  применяется в виде фольги, ленты, навесок или преформ рис 2. Для новых задач, таких как монтаж перевёрнутого кристалла и сборка приборов на уровне пластины, также разработаны паяльные пасты [3] и различные методы нанесения непосредственно на соединяемые компоненты (напыление в вакууме, химическое и электрохимическое осаждение) [2, 4]. Основные особенности и сферы применения каждого из методов перечислены в Т 3.

Наиболее простым и эффективным методом нанесения является использование преформ. Строго контролируемый размер преформ и состав сплава позволяют получать качественное паяное соединение с высокой повторяемостью. Минимальная толщина фольги, преформ, доступных на рынке сегодня, составляет 12 мкм [3].

Паяльная паста помогает решать задачи, где требуется высокая производительность (например, монтаж кристаллов, включая перевёрнутые), но проблемы, связанные с флюсом (газовыделение, коррозия, токи утечки), ограничивают область применения данной формы припоя.

Осаждение/напыление — это наиболее точный метод нанесения припоя на соединяемые компоненты, как правило, применяется в кристалльном производстве, например, для формирования контактных площадок для метода перевёрнутого кристалла (flip-chip). Сплав наносится путём чередования слоёв  $\text{Au}$  и  $\text{Sn}$  в соотно-

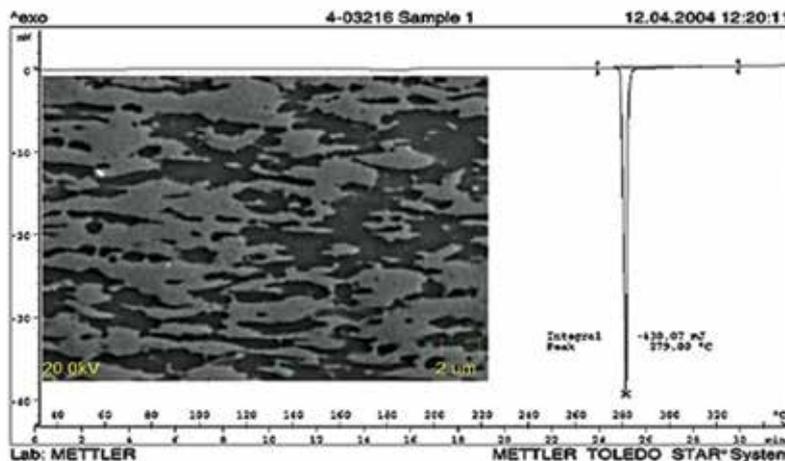
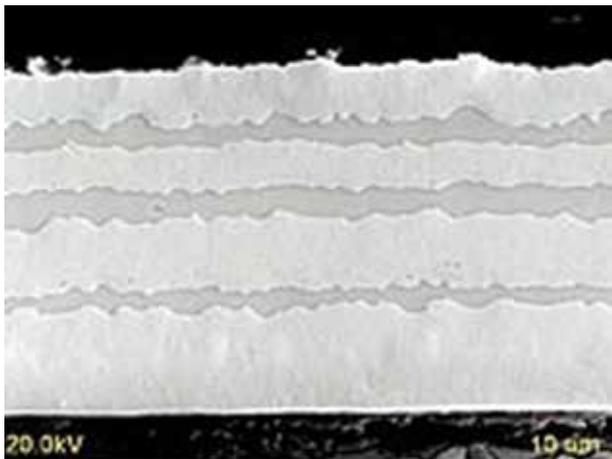
Т 3 Методы нанесения и особенности припоя  $80\text{Au}20\text{Sn}$

Метод нанесения	Применение	Размеры XY, мкм	Толщина, мкм	Преимущества	Недостатки			
Фольга, ленты	Монтаж кристаллов Герметизация микросхем	от 250	от 12	Минимальная стоимость Точный состав сплава	Точность кол-ва припоя в паяном соединении			
Преформы					Точное кол-во припоя в паяном соединении Точный состав сплава	Низкая производительность		
Паяльная паста	Монтаж кристаллов Монтаж перевёрнутых кристаллов	от 100*	-	Высокая производительность Отсутствие высоких требований к качеству металлизации	Остатки флюса Высокая цена Поры в паяном соединении			
Микросферы	Металлизация кристаллов Сборка на уровне пластины	100 — 300**	-	Точное кол-во припоя в паяном соединении Точный состав сплава	Низкая производительность			
Напыление в вакууме					от 1***	0,01 — 0,5	Минимальная толщина	Низкая производительность
Химическое и электрохимическое осаждение						0,25 — 10	Минимальная толщина	Высочайшие требования к чистоте, качеству реагентов

\* — разрешение при печати

\*\* — диаметр

\*\*\* — размер ограничен возможностями литографии



3  
 А Чередующиеся слои Au и Sn в соотношении 1,5 : 1 [2]  
 Б результат сплавления слоёв Au и Sn с подтверждением температуры плавления [2]

шении 1,5:1 рис 3 А, Б, что позволяет после оплавления получить состав 80Au20Sn [2]. Также коммерчески доступны растворы для совместного осаждения Au и Sn [4]. Области нанесения припоя при напылении/осаждении определяются процессами литографии, поэтому припой можно относительно легко внедрить в технологический процесс производства микросхем/МЭМС.

Выбор оборудования для пайки зависит от создаваемых изделий, формы используемого припоя и требований, предъявляемых к паяному соединению. Среди основных типов паяльного оборудования для пайки сплавом 80Au20Sn можно отметить печи вакуумной и конвекционной пайки, нагревательные плиты, а также специализированные установки локальной пайки и монтажа кристаллов [6]. Каждый из указанных способов имеет свои особенности. Как правило, приходится выбирать между качеством паяного соединения и производительностью процесса пайки.

Наиболее качественное паяное соединение получают методом бесфлюсовой пайки, состоящей из этапа нагрева изделия выше 280 °С в инертной или восстановительной атмосфере (N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> или формирующий газ (смесь N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>)), с последующей вакуумизацией или нагнетанием давления для удаления пустот из паяных соединений и этапа охлаждения. Данный метод в основном применяется для создания паяных соединений высокой надёжности, где недопустимо наличие остатков флюса и пустот в паяном соединении. К таким задачам можно отнести сборку герметичных микросхем и монтаж полупроводниковых кристаллов высокой мощности. Для задач, требующих высокой производительности процесса пайки, применяются специализированные установки монтажа кристаллов с преформами 80Au20Sn или печи конвекционного оплавления с применением паяльных паст [3]. Также возможно совместное применение префом и флюсов [7] для пайки на воздухе.

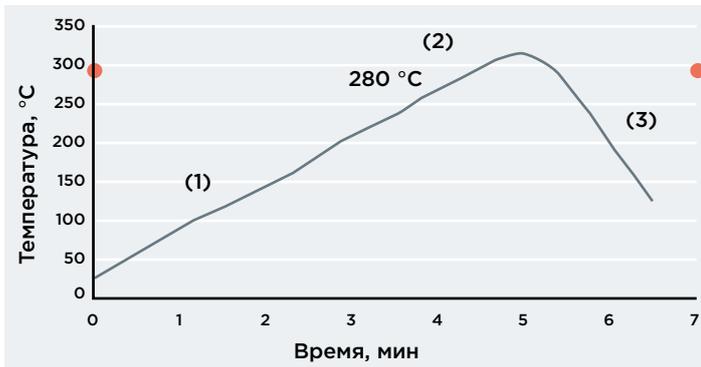
При отработке технологического процесса пайки

сплавом 80Au20Sn необходимо учитывать тип и качество атмосферы в зоне пайки, а также рекомендации по температурному профилю пайки.

Бесфлюсовая пайка обычно проводится в инертной или восстановительной атмосфере (N<sub>2</sub>, Ar, формирующий газ (смесь N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>)) с последующей вакуумизацией или нагнетанием избыточного давления. При этом наиболее важным параметром является концентрация кислорода в зоне пайки, которая не должна превышать 20 ppm [8].

При применении паяльной пасты 80Au20Sn параметры атмосферы пайки зависят от типа используемого флюса. Большинство флюсов созданы для пайки на воздухе, но некоторые из них требуют инертной атмосферы и минимального количества кислорода (<20ppm) [3]. Это относится к низкоактивным легколетучим флюсам, основное назначение которых — снимать незначительное количество оксидов металлов с поверхностей префом и компонентов и после этого максимально удалять продукты реакции из зоны пайки. Подобные флюсы позволяют получить малое количество остатков флюса (3 % и менее), что даёт возможность расширить область применения паяльных паст, например, использовать сплав 80Au20Sn для монтажа светодиодных или лазерных кристаллов высокой мощности.

**Паяльная паста помогает решать задачи, где требуется высокая производительность, но проблемы, связанные с флюсом, ограничивают область применения данной формы припоя**



4  
Типовой температурный профиль для пайки припоем 80Au20Sn в виде преформ или в виде паяльной пасты [3, 10]

Выбор температурного профиля может зависеть от типа и размеров компонентов, возможностей оборудования, а также формы припоя. На рис 4 показан типовой температурный профиль, пригодный для пайки припоем 80Au20Sn (температура плавления 280 °C) в виде преформ или паяльных паст. При отладке процесса пайки основной интерес представляют три зоны температурного профиля:

1) **Зона нагрева до 280 °C.** Для снижения времени выдержки компонентов при высокой температуре скорость нагрева выставляют максимально возможной, но допустимой для компонентов. Ограничения могут возникнуть при использовании паяльной пасты, когда нагрев со скоростью выше 120 °C/мин. может вызывать разбрызгивание припоя и образование пустот по причине интенсивного испарения легколетучих компонентов флюса. Для паяльных паст рекомендуемая скорость нагрева 50-120 °C/мин., для преформ, покрытий 80Au20Sn — 50-200 °C/мин.

2) **Зона с температурой выше 280 °C.** Здесь важны два параметра: время выдержки выше 280 °C и пиковая температура процесса. Рекомендованный диапазон для времени выдержки составляет 10-300 секунд. Недостаточное или избыточное время выдержки выше 280 °C, также как и выбор некорректной максимальной температуры могут приводить к дефектам конечного паяного соединения или разрушению соединяемых компонентов. В зоне 2 температурного профиля важно, с одной стороны, обеспечить полное расплавление припоя 80Au20Sn, прогрев компонентов и смачивание припоем поверхностей компонентов. С другой стороны — не допустить избыточного растворения покрытий, участвующих в пайке.

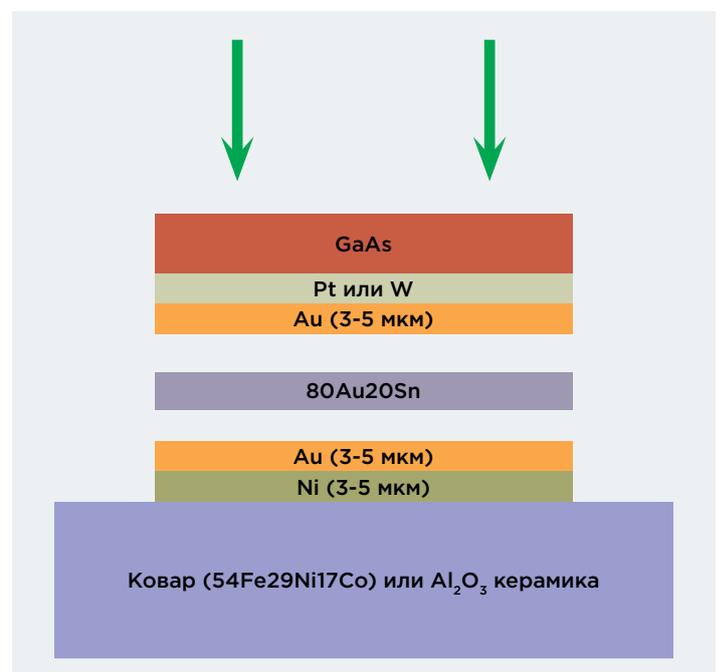
3) **Зона охлаждения ниже 280 °C.** Данная область температурного профиля является наиболее важной с точки зрения надёжности получаемого паяного соединения. Чрезмерно быстрое охлаждение может приводить к дефектам или разрушению паяного соединения по причине различий ТКЛР соединяемых компонентов и припоя 80Au20Sn. Слишком медленное охлаждение

Т 4  
Общие рекомендации по параметрам температурного профиля пайки сплавом 80Au20Sn [1, 3, 10]

	Бесфлюсовая пайка (преформы, ленты и проч.)	Паяльная паста
Атмосфера пайки	Ar, N <sub>2</sub> , формирующий газ	Воздух, N <sub>2</sub>
Параметры температурного профиля процесса пайки		
1) Зона нагрева до 280 °C		
Скорость нагрева, C/мин.	50 — 900	50 — 120
2) Зона с температурой выше 280 °C		
Время выдержки, сек.	10 — 400	45 — 90
Пиковая температура, C	290 — 350	320-330
3) Зона охлаждения ниже 280 °C		
Скорость охлаждения, C/мин.	50 — 450	50 — 240

приводит к образованию крупнозернистой поликристаллической структуры сплава, что может негативно отразиться на усталостной прочности конечного соединения [3]

Общие рекомендации по параметрам температурного профиля представлены в Т 4. Необходимо отметить, что при отладке термопрофиля температура должна измеряться внешней термпарой в зоне пайки. Это поможет избежать ошибок, связанных с процессами теплопередачи от источника тепла в зону пайки через промежуточные материалы (воздух, подложка и проч.).



5  
Монтаж GaAs кристалла на основание

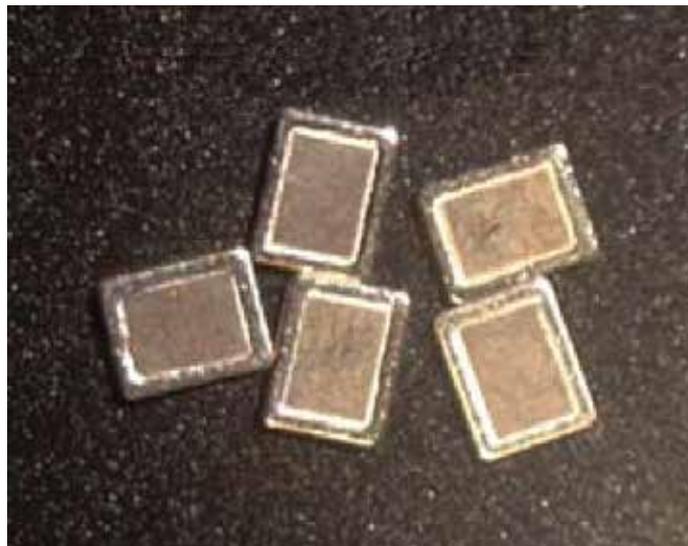


6 Печь вакуумной пайки Centrotherm VLO

### Примеры использования

Рассмотрим варианты применения сплава 80Au20Sn на двух примерах. Для каждого из них выделим особенности технологического процесса.

**Монтаж кристалла высокой мощности.** На рис 5 представлен эскиз типовой задачи по монтажу GaAs кристалла на основание корпуса или платы. В качестве подложки для данной задачи выбирается керамика ( $Al_2O_3$ , AlN) или металл (Ковар (54Fe29Ni17Co), Cu-Mo, Mo), обладающие близкими к GaAs значениями ТКЛР ( $7 \times 10^{-6} 1/^\circ C$ ). Перспективной альтернативой Ковару для подобных задач является материал AlSiC, обладающий низким ТКЛР и высоким значением коэффициента теплопроводности ( $> 150$  Вт/мК) [9]. Наиболее популярным типом металлизации для данной задачи является Au (3-5 мкм) с подслоем Pt или W для кристалла и Ni (3-5 мкм)/Au (3-5 мкм) для подложки [1].

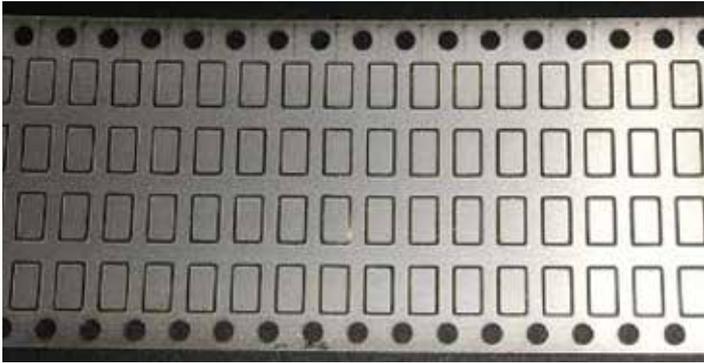


7 Крышка из ковара с нанесённым припоем 80Au20Sn [12]

Поскольку речь идёт о монтаже кристалла высокой мощности, то важнейшим фактором для паяного соединения является минимальная толщина и отсутствие пустот. Наиболее предпочтительным методом с этой точки зрения является бесфлюсовая вакуумная пайка. Она позволит избежать проблем, связанных с использованием флюса (газовыделение, загрязнение), и получить паяное соединение с минимальным количеством пустот. Типовая печь вакуумной пайки показана на рис 6.

Припой для данной задачи, как правило, выбирается в виде преформ. Это наиболее простой и контролируемый способ нанесения припоя. Рекомендованный размер преформы составляет 90-95 % от размера кристалла [10]. Это позволяет получать качественное паяное соединение — без пустот, но и без излишков. Во время вакуумной пайки на кристалл необходимо прикладывать давление из-за высокого поверхностного натяжения сплава 80Au20Sn [10].

**Применение паяльной пасты 80Au20Sn.** Паяльная паста позволяет использовать сплав 80Au20Sn в условиях крупносерийного производства. В качестве примера рассмотрим формирование рамки из сплава 80Au20Sn с помощью паяльной пасты Indium NC-SMQ51SC (indalloy #182) на поверхности коваровой крышки размером 1,6 x 1,2 мм рис 7. Крышка с нанесённым припоем затем может быть использована для герметизации специализированных электронных приборов.



8  
Выводная рамка из ковара [12]

Наиболее эффективным способом получения готового изделия является трафаретная печать паяльной пасты Indium NC-SMQ51SC (indalloy #182) на большой заготовке рис 8 с последующим оплавлением в конвейерной печи, удалением остатков флюса методом струйной или УЗ отмывки и вырубкой отдельных изделий. Целесообразно сделать заготовку из Ковара ( $54\text{Fe}29\text{Ni}17\text{Co}$ ) с покрытием Ni (3-5 мкм)/Au (3-5 мкм).

Паяльная паста наносится через сетчатый трафарет. Корректно подобранная сетка, толщина эмульсии и размер частиц в паяльной пасте позволят получить ширину линии рамки до 100 мкм.

Температурный профиль, показанный на рис 4, может быть использован в качестве отправной точки для отладки процесса пайки с помощью паяльной пасты Indium NC-SMQ51SC (indalloy #182). Пайка мо-

жет осуществляться в конвейерной или камерной печи в воздушной среде. После оплавления остатки флюса могут быть удалены специализированными отмывочными жидкостями (VigonA250, ZestronFA+ и проч.). После очистки выводная рамка передаётся на участок вырубki для получения готовых изделий.

Таким образом, разнообразие форм и методов нанесения предоставляет разработчикам и технологам широкие возможности по использованию припоя  $80\text{Au}20\text{Sn}$  в создании электронных приборов высокой надёжности.

## Закключение

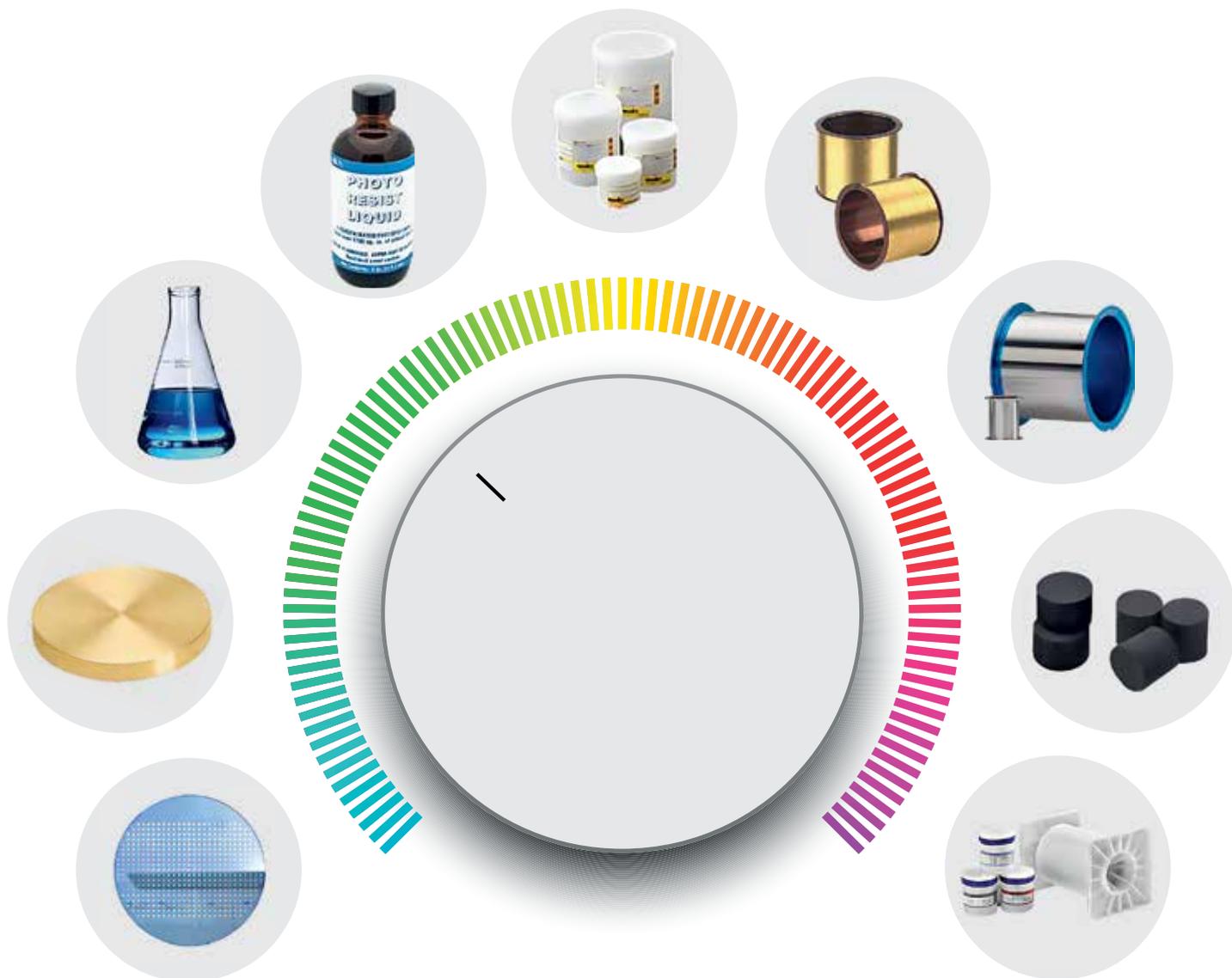
Сплав  $80\text{Au}20\text{Sn}$  успешно применяется производителями электроники на протяжении многих лет. Новые методы нанесения позволяют расширить сферы применения этого припоя и использовать его в кристалльном производстве и крупносерийной сборке микросхем и микросборок.

При использовании припоя  $80\text{Au}20\text{Sn}$  для получения качественных паяных соединений необходимо учитывать такие особенности и составляющие процесса пайки, как: свойства соединяемых компонентов, метод нанесения припоя, тип и возможности оборудования, а также особенности температурного профиля и атмосфере процесса пайки.

Специалисты Предприятия Остек всегда готовы оказать содействие в выборе материалов и отладке технологических процессов в сборке микросхем и полупроводниковых приборов. □

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] DfR Solutions, "Processing and Reliability Issues for Eutectic AuSn Solder Joints", IMAPS, Nov.2008.
- [2] Forman R.S., Freeport N.Y., Minogue G., "The Basics of Wafer-Level AuSn Soldering", Rohm and Haas Electronic Materials L.L.C., Surflect Technologies.
- [3] Minogue G., Mullapudi R., "A Novel Approach For Hermetic Wafer Scale MEMS RF and GaAs Packaging", Surflect Technologies Inc.
- [4] Indium Corp., "Indalloy 182 — Gold-Tin solder paste", www.indium.com.
- [5] Yoon J.W., Chun H.S., Jung S.B., "Reliability analysis of Au-Sn flip-chip solder bump fabricated", 2006.
- [6] www.indium.com.
- [7] www.ostec-micro.ru.
- [8] Indium Corp., "AuSn Preforms for die attach application", www.indium.com.
- [9] G. S. Selvaduray, «Die bond material and bonding mechanisms in microelectronic packaging» Thin Solid Films, vol. 153, pp.431-455 .
- [10] Е.Н. Каблов и др., "Свойства и применение высоконаполненного металломатричного композиционного материала Al-SiC", 2011.
- [11] Indium Corp., "Gold Tin — The Unique Eutectic Solder Alloy", www.indium.com.
- [12] Tummala R.R., Rymaszewski E.J., Klopfenstein A.G., "Microelectronics Packaging Handbook", 2nd ed., Chapman & Hall, New York, NY,1997.
- [13] M. Ishikawa, et.al., "Application of Gold-Tin Solder Paste for Fine Parts and Devices", IEEE, 2005.
- [14] Indium Co. Specialty Solders & Alloys, www.indium.com.



# Весь спектр технологических материалов для микроэлектроники

**Более 500 наименований** для изготовления интегральных микросхем, МЭМС, полупроводниковых СВЧ приборов, силовых модулей, светодиодов, микросборок, корпусов микросхем.

Мы предлагаем огромный ассортимент:

- ▶ для любых задач;
- ▶ для любых производств;
- ▶ с доставкой из любой точки мира;
- ▶ с любыми условиями хранения.

Доверьте Остеку подбор и поставку материалов.  
Пусть наше время и опыт работают на вас.



будущее  
создается

[www.ostec-materials.ru](http://www.ostec-materials.ru)  
000 «Остек-Интегра»  
(495) 788 44 44  
[materials@ostec-group.ru](mailto:materials@ostec-group.ru)  
[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)



# КАЧЕСТВО

# Проектирование ВЫСОКОПЛОТНЫХ соединений В авионике

Текст: **Аркадий Медведев**  
**Геннадий Мылов**

”

Вся история авионики, как и всей электроники — это стремление к уменьшению размеров, увеличению быстродействия и надежности в экстремальных условиях эксплуатации. Этим тенденциям конструкции технических средств авионики будут следовать постоянно. Каковы темпы роста плотности межсоединений? Гордон Мур (Gordon Moore), один из основателей компании Intel, установил, что плотность логических элементов микросхем удваивается каждые полтора года. На основании этой закономерности в 1965 году, когда плотность составляла 50 компонентов на кристалле, он предрекал, что в 1975 году она составит 65 тыс. компонентов на кристалле, что и произошло. Эта тенденция действует до сих пор и стала называться Законом Мура.

Вслед за этим многолетняя статистика говорит о том, что вместе с повышением плотности активных элементов на кристалле увеличивается количество выводов корпуса микросхем на 40 % в год. Казалось бы, с увеличением интеграции микросхем количество внешних межсоединений и, соответственно, выводов должно уменьшаться. Однако выведенное давным-давно инженером фирмы IBM правило Рента до сих пор справедливо для развивающейся элементной базы:

$$n = k \cdot N^p,$$

где  $n$  — количество выводов микросхемы,  $k$  — среднее число межсоединений, приходящихся на один логический элемент микросхемы ( $k = 3...4$ ),  $N$  — количество логических элементов,  $R$  — соотношение Рента (например, для процессоров  $R = 0,5...0,74$ ).

Растущие конструктивно-технологические требования к печатному монтажу особенно четко установились в области вычислительной техники и систем управления. Это связано с тем, что увеличение производительности наряду с увеличением быстродействия элементной базы находится в непосредственной зависимости от возможностей сокращения длины связей между логическими элементами, так называемой конструктивной задержки передаваемого сигнала. Достаточно сопоставить значение времени переключения логических элементов, не превышающее в современных ИС, СИС и БИС единиц наносекунд, со временем распространения сигнала в печатных линиях связи, составляющем 6-7 нс/м, чтобы показать, что главной составляющей временных задержек в электронных устройствах современного и перспективного типов являются задержки сигналов в линиях связи. Отсюда следует, что повышение быстродействия логических элементов должно сопровождаться максимально возможным снижением задержек в межсоединениях, т.е. сокращением их длины. Это достигается повышением степени интеграции логических элементов, более плотной компоновкой микросхем на платах за счет увеличения плотности межсоединений и сокращения длин линий связи.

### Оценка плотности межсоединений

Число межсоединений определяется суммарным числом выводов всех микросхем, устанавливаемых на печатную плату:

$$N_c = t \cdot N_p,$$

где  $N_c$  — число межсоединений;  $t$  — коэффициент разветвления соединений, лежащий, в зависимости от типа ПП, в пределах 1...4;  $N_p$  — суммарное число выводов всех микросхем.

Суммарная длина соединений в печатных платах определяется числом межсоединений и средней длиной одного соединения:

$$L_c = N_c \cdot l_c = N \cdot t \cdot i \cdot \sqrt{s},$$

где  $L_c$  — суммарная длина межсоединений печатной платы;  $l_c$  — средняя длина одного соединения (статистические исследования показывают, что при произвольном размещении микросхем на плате средняя длина одного соединения определяется размером платы  $l_c \approx i \cdot \sqrt{s}$ );  $s$  — площадь печатной платы;  $i$  — коэффициент использования монтажного поля платы выводами микросхем.

Существует также ряд эмпирических уравнений для вычисления общей длины межсоединений. Наиболее простое было получено доктором Д. Серафимом [2]:

$$L_c = 2,25N_c P,$$

где  $P$  — шаг установки микросхем на плате.

Отношение к площади платы  $S$  суммарного числа выводов микросхем  $N_p$  и суммарной длины соединений  $L_c$  в ней будем называть, соответственно, плотностью монтажа  $\rho_m$  и плотностью соединений  $\rho_c$ :

$$\rho_m = N_p / S; \quad (1)$$

$$\rho_c = L_c / S, \quad (2)$$

Используя (1) и (2), получаем соотношение между плотностями соединений и монтажа:

$$\rho_c = \sqrt[3]{S} \cdot i \cdot t \cdot \rho_m,$$

Таким образом, увеличение плотности размещения монтажных элементов и линейных размеров плат требует пропорционального увеличения плотности соединений. С другой стороны, плотность соединений определяется плотностью трассировки, т.е. числом проводников, прокладываемых между отверстиями рис. 1 и коэффициентом использования трасс, а в МПП — ещё и числом сигнальных слоёв  $m_c$ :

$$\rho_c = (n_{mp} + 1) q m_c / T,$$

где  $n_{mp}$  — число проводников между отверстиями;  $T$  — шаг сквозных отверстий, между которыми трассируются проводники;  $q$  — коэффициент использования трассировочного пространства.

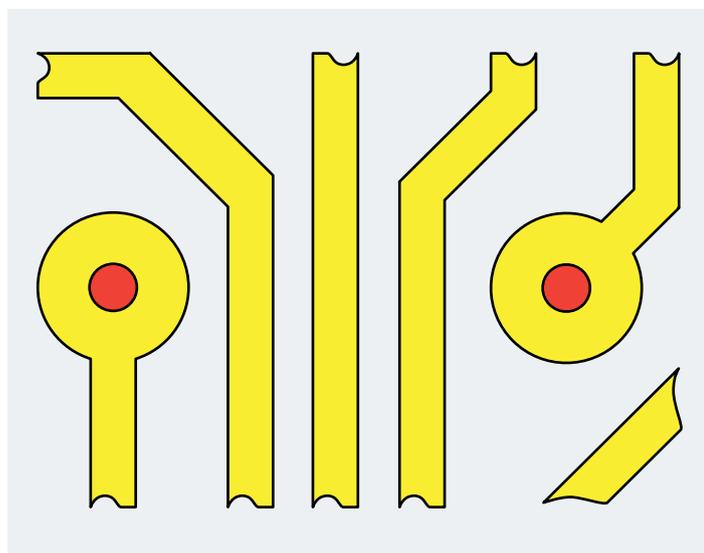
Коэффициент использования трассировочного пространства принимает значения в пределах  $0 < q < 1$  в зависимости от степени взаимной независимости направлений трассировки соединений. Значения  $q$  приближаются к единице с увеличением числа переходных отверстий, создающих возможность обхода пересечений трасс.

### Существуют четыре пути повышения плотности межсоединений и монтажа компонентов на печатных платах:

1. Уменьшение размера отверстий и контактных площадок для расширения трассировочного пространства.
2. Увеличение количества трасс между отверстиями за счет уменьшения ширины проводников и зазоров (уменьшения шага трасс проводников).
3. Введение многоуровневых межсоединений: отказ от сквозных отверстий в пользу глухих и слепых межслойных переходов.
4. Увеличение количества слоёв.

### Влияние контактных площадок на площадь трассировки

Основным препятствием для увеличения плотности межсоединений являются контактные площадки большого диаметра, т. к. они уменьшают трассировочное пространство между отверстиями. Контактные площадки являются мишенью для сверления отверстий. Чем больше погрешности пространственного совмещения элементов межсоединений, тем вынуждено больше размер контактных площадок для обеспечения уверенного в них попадания. Поэтому назначение контактных площадок вокруг просверленных отверстий состоит в том, чтобы компенсировать любые возможные смещения элементов межсоединений в слоях относительно друг друга, а также не допустить попадания отверстия за пределы контактной площадки. Такие несовпадения



1  
Трассировочное пространство ПП

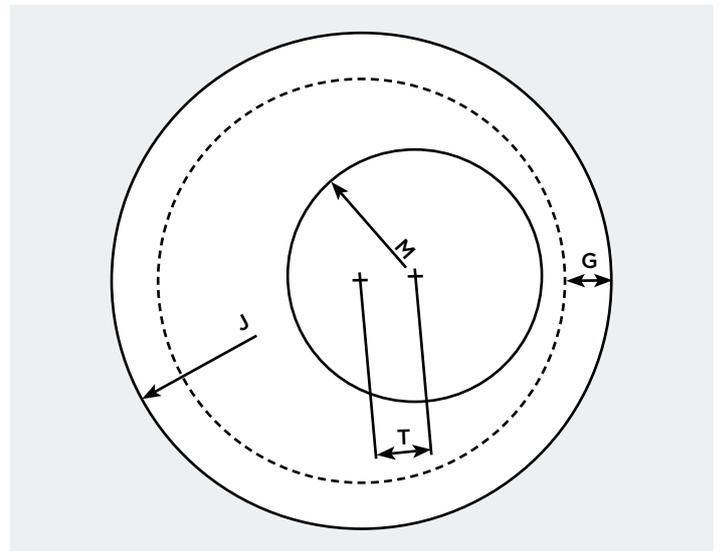
в основном вызываются размерной нестабильностью базового материала и смещением основания на различных этапах производства печатных плат.

Поэтому считается, что надежное соединение обеспечивается лишь при наличии гарантированного пояaska охвата отверстия контактной площадкой. Его минимальные размеры обычно принимаются равными толщине фольги. Расчет минимального размера контактных площадок производят из условий обеспечения минимальной ширины гарантированного пояaska охвата с учетом всех неизбежных погрешностей производства. Грубый расчет размера контактных площадок выполняют по формуле рис 2:

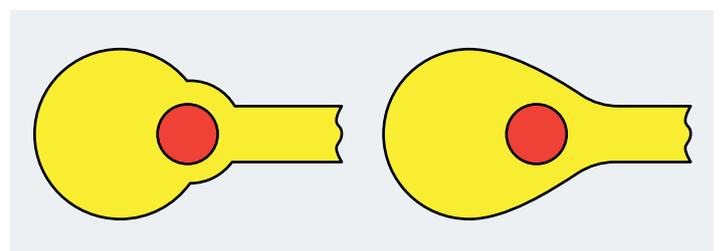
$$J_{\min} = M + 2G + T,$$

где  $J_{\min}$  — минимальный размер контактной площадки;  $M$  — диаметр сверления;  $G$  — минимальная ширина пояaska охвата металлизированного отверстия контактной площадкой;  $T$  — погрешности технологического характера.

Некоторый выигрыш в уменьшении размера контактной площадки и в соответствующем увеличении трассировочного пространства можно получить за счет удлинения её формы в сторону подхода проводника к контактной площадке как показано на рис 3.



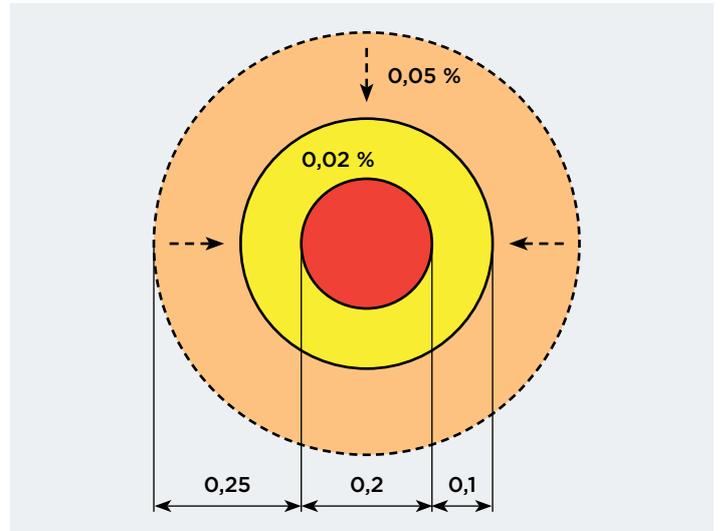
2  
Схема контактной площадки с переходным отверстием



3  
Контактные площадки с удлинениями в сторону проводника

В этом случае практически не изменяется трассировочная способность, но существенно расширяется допуск на смещение переходного отверстия.

Двукратное уменьшение диаметра контактной площадки дает трехкратный выигрыш в плотности разводки, что на практике позволяет избавиться минимум от половины сигнальных слоев и, вследствие этого, от половины слоев земли и питания ПП. При этом существует прямая зависимость между минимальным диаметром площадки и относительной размерной стабильностью базового материала: использование стеклотекстолита с относительным смещением 0,02 % вместо 0,05 % позволяет уменьшить проектные нормы для расчета контактной площадки с 0,25 мм до 0,1 мм **рис 4**.



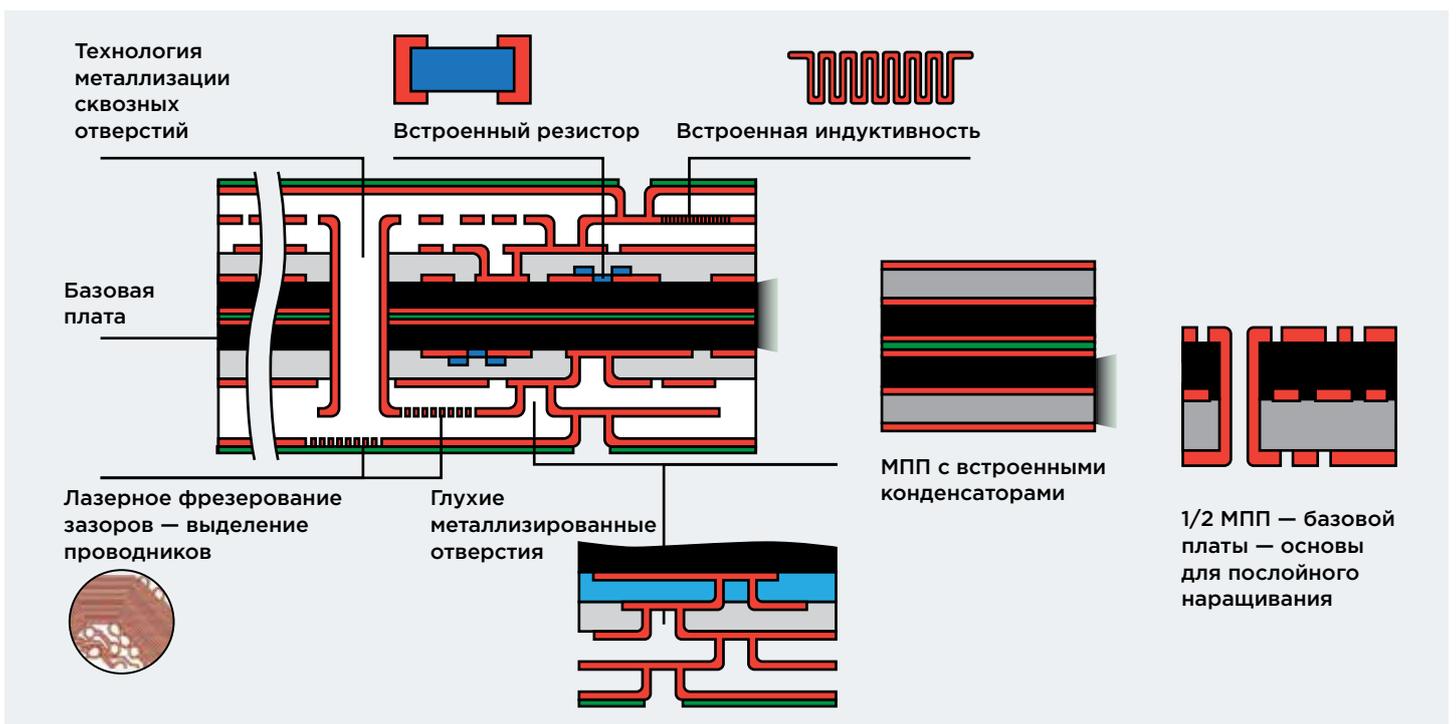
**4** Выигрыш в размере контактной площадки при использовании более стабильного базового материала

### Уменьшение ширины проводников и зазоров

Очевидно, что уменьшение ширины проводников и зазоров позволяет увеличить количество трасс на каждом слое платы. Но все же уменьшать ширину проводников бесконечно — невозможно. Такое уменьшение ограничено токонесущими свойствами и омическим сопротивлением проводников. Омическое сопротивление в ещё большей мере сказывается на работоспособности схем, когда они имеют большую длину трасс, что для плат не редкость. Существуют и технологические ограничения на ширину проводников, связанные непосредственно с производственным процессом. Выход готовой продукции резко

падает, если требования к производственным процессам не укладываются в рамки нормальных допусков, определяемых применяемым оборудованием, материалами и параметрами климатической зоны производственных помещений. Имеются ограничения и на уменьшение расстояний между проводниками (изоляционные зазоры).

Тем не менее, если удалось достичь уменьшения ширины проводников с учетом описанных ограничений, это позволит эффективно влиять на плотность межсоединений и снижение себестоимости производства печатных плат.



**5** МПП с послойным наращиванием межслойных переходов, лазерным формированием прецизионного рисунка, с встроенными пассивными элементами схем

## Увеличение числа проводящих слоев

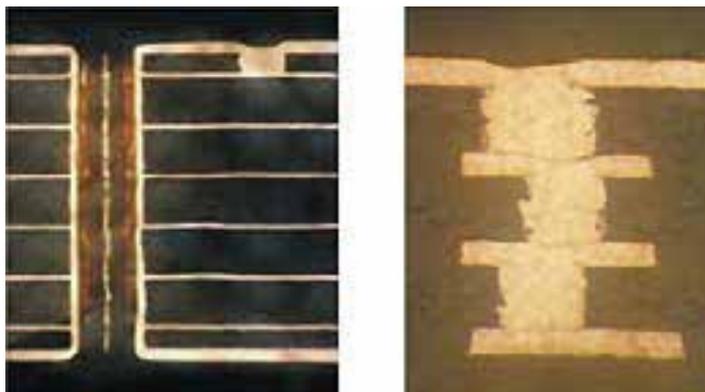
Это самое простое решение: когда не хватает места на существующих слоях для размещения всех необходимых межсоединений, добавляют ещё один слой. Такой подход широко применялся в прошлом. Но когда эффективность затрат на изготовление подложек стала иметь огромное значение, потребовался тщательный анализ проекта для минимизации числа слоев, ведь с каждым дополнительным слоем существенно растут затраты на изготовление платы. Тем более, что любое увеличение количества слоев сигнальной разводки в платах, работающих на высоких (> 1 ГГц) частотах, удвоит общее число слоев из-за необходимости использования экранных слоев (слоев заземления или слоев питания) между слоями сигнальной разводки.

## Использование многоуровневых соединений

Ради увеличения трассировочного пространства и мобильности трехмерной разводки проводников проектировщики и производители идут на значительные усложнения технологий, чтобы выполнять в многослойных структурах глухие и скрытые отверстия рис 5.

Традиционные технологии многослойных печатных плат, металлизация сквозных отверстий не способны к монтажу микросхем с матричными выводами с шагом менее 1,0 мм. Но уже созданы корпуса микросхем типа CSP с шагом матричных выводов 0,508 мм (0,020 дюйма) и 0,254 мм (0,010 дюйма). Для монтажа таких компонентов к МПП добавляют специальные слои с глухими металлизированными отверстиями, на которых реализуется разводка цепей из-под микрокорпусов или из-под бескорпусных кристаллов микросхем рис 6.

Эти тонкие дополнительные специализированные слои напрессовываются на МПП, после чего в них выполняются глухие металлизированные отверстия. Эта технология подразумевает сочетание методов металли-



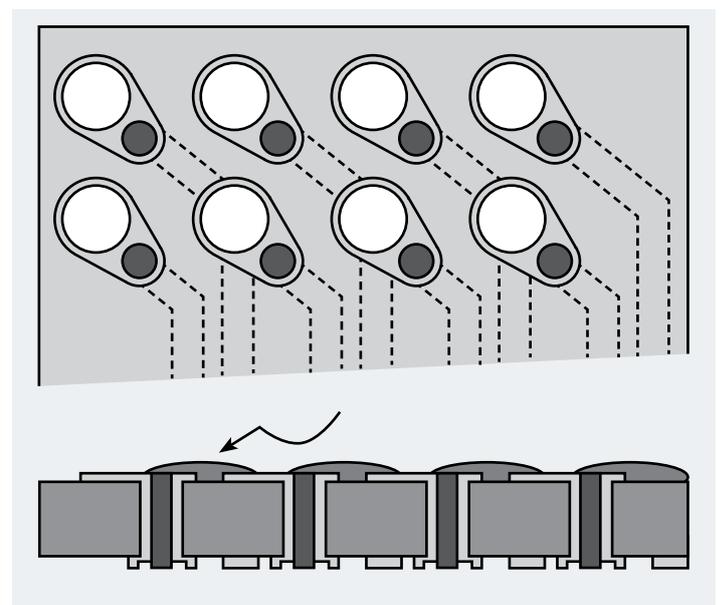
6 Межслойные переходы с глухими отверстиями

## Надежное соединение обеспечивается лишь при наличии гарантированного пояска охвата отверстия контактной площадкой

зации сквозных отверстий и послойного наращивания. Значит, ему можно присвоить длинное название: «МПП с послойным наращиванием внешних слоев» или «МПП с глухими отверстиями», пока не установится более лаконичное наименование.

Размеры элементов межсоединений в послойном наращивании доведены до предельно возможных: отверстий — до 0,1 мм, контактных площадок — до диаметра 0,3 мм. Для формирования таких отверстий используется лазер, а для рисунка проводников — прямая экспозиция фоторезиста с матричным формированием изображений.

Наибольший эффект дает использование глухих заполненных отверстий для формирования монтажного поля под матричную систему шариковых выводов, используемых в корпусах компонентов типа BGA. При невозможности изготовления плат с глухими заполненными отверстиями необходимо конструировать монтажное поле так, чтобы предотвратить утечку припоя в сквозные отверстия рис 7.



7 Один из способов предотвращения перетока расплавленного припоя в отверстие — разнесение монтажной площадки и металлизированного отверстия: белый круг — монтажная площадка для пайки, открытая от паяльной маски, темно-серый круг — металлизированное отверстие, закрытое паяльной маской, предотвращающее переток припоя с монтажной площадки в отверстие

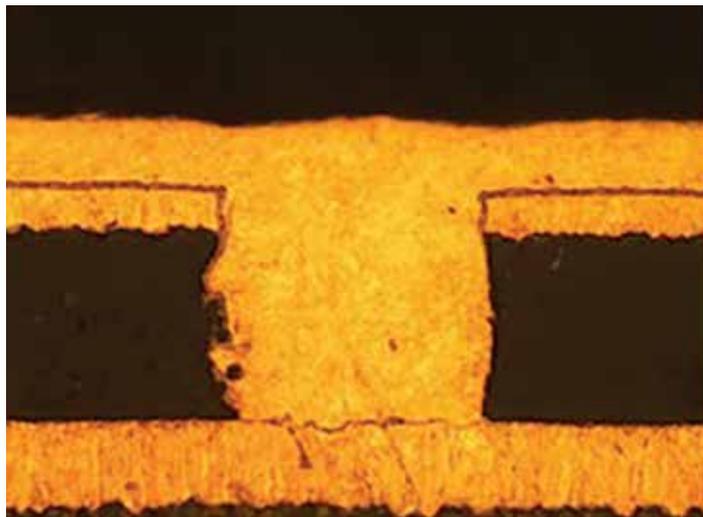
Если для перехода на внутренний слой используется глухое отверстие, заполненное медью **рис 8**, функции перехода и монтажной площадки совмещаются.

Проведенные расчеты [1, 3] показывают, что при использовании традиционных технологий плотность монтажного поля составляет 170 элементов на кв. см., в то время как новая технология, построенная на принципах послойного наращивания с глухими отверстиями, заполненными металлом, позволяет разместить на одном кв. см 400 монтажных элементов, т.е. в 2,3 раза больше.

## Заключение

Основным препятствием для увеличения плотности трассировки являются контактные площадки большого диаметра вокруг металлизированных отверстий. Они уменьшают возможности трассировки печатных плат. Хороший прирост плотности межсоединений дает уменьшение шага трасс проводников, но связанное с этим уменьшение ширины проводников имеет ограничение из-за увеличения их омического сопротивления, сказываясь на согласовании линий связи. Увеличение количества слоев — наиболее простой и одновременно самый дорогой способ увеличения трассировочного пространства платы.

Использование многоуровневых переходов в конструкциях послойного наращивания с глухими отверсти-



**8** Глухое отверстие, заполненное медью, совмещает переход на внутренний слой и монтажную контактную площадку

ями дает отличные результаты, но требует серьезных инвестиций в производство, поэтому имеет смысл только после того, как все остальные пути увеличения плотности межсоединений достигли своего технологического предела. Уменьшение размера контактных площадок на данный момент наиболее эффективный способ для увеличения плотности межсоединений в многослойных печатных платах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронова Ж.А., Шахнов В.А., Гриднев В.Н. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2014. № 6 (99). С. 61-70.

2. Медведев А. Электронные компоненты и монтажные подложки. Постоянная интеграция // Компоненты и технологии. — 2006. — № 12.

3. Мылов Г.В., Дрожжин И.В. Полезная модель №144226 «Многослойная печатная плата». Роспатент, 2014.

# ШВЕЙЦАРСКОЕ КАЧЕСТВО БЕЗ ТАЙН.

ВИЗИТ  
В КОМПАНИЮ  
ESSEMTEC

Текст: **Илья Шахнович**

”

Черная лента дороги пересекает изумрудно-зеленое поле. На горизонте — покрытые снегом пики Альп. Чуть в стороне — Хальвильское озеро. Тишина. Деревня Эш в кантоне Люцерн. Действительно, деревня — тысяча жителей, площадь 4,6 кв. км. Полчаса езды от Люцерна, 40 минут — до Цюриха. Швейцарская глубинка, одним словом. Что тут может быть интересного?



Нас привело в Эш желание увидеть производство оборудования весьма интересной швейцарской компании Essemtec. Эта компания, созданная в 1991 году, изначально специализировалась на полной линейке решений для поверхностного монтажа в сфере гибкого мелкосерийного производства. Она поставляла практически все: ручные и автоматические трафаретные принтеры, дозаторы, системы установки компонентов, печи оплавления, системы автоматизированного хранения компонентов. Однако в 2013 году, после смены владельцев и руководства, курс несколько изменился. Год назад мы уже беседовали с управляющим директором компании Essemtec Франком Бозе об особенностях современного оборудования этой фирмы<sup>1</sup>. На сей раз нас интересовало, в каком направлении сегодня развивается Essemtec, как организовано ее производство? С этими вопросами мы вновь обратились к доктору Франку Бозе.

### **Господин Бозе, какие технологические направления сегодня наиболее актуальны для компании Essemtec?**

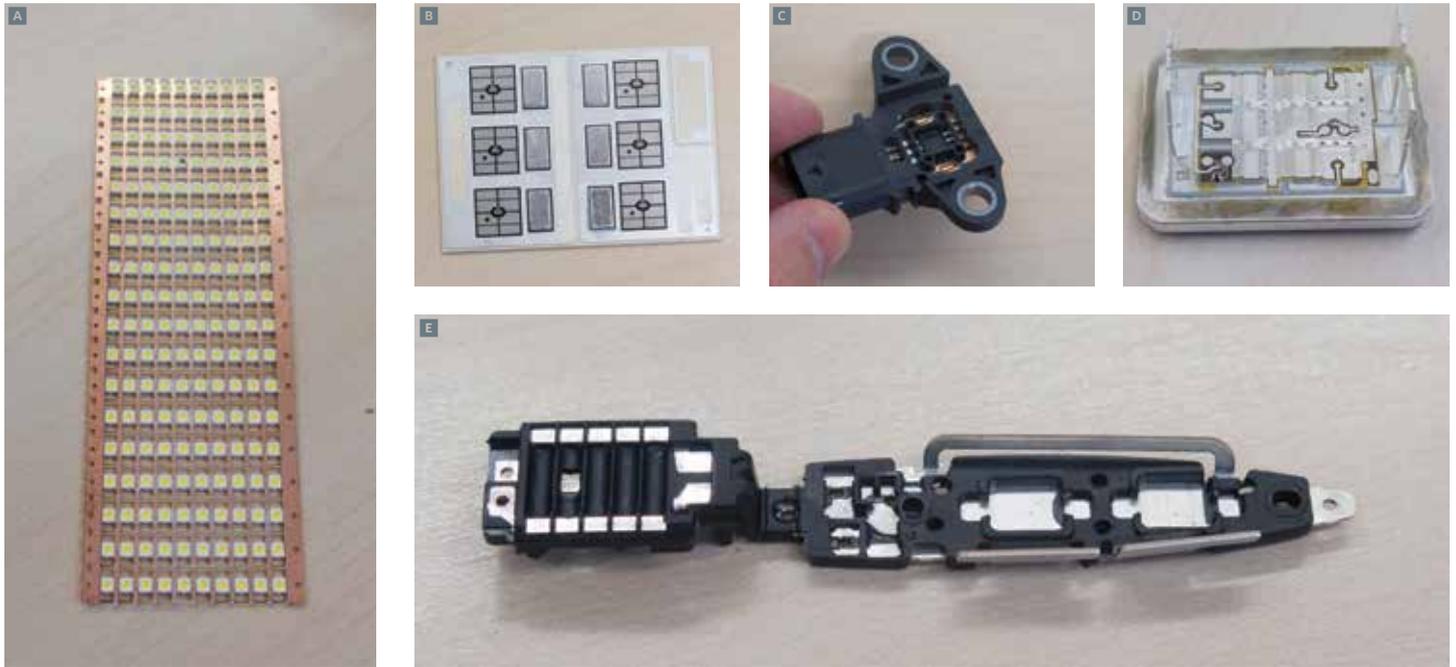
Сегодня мы развиваемся в двух основных направлениях. Прежде всего, для нас остаются актуальными техноло-

гии поверхностного монтажа (SMT) стандартных плат. Мы сильны в решениях для прототипирования, мелкосерийного производства для ответственных применений, в том числе военных и аэрокосмических. Это направление мы продолжаем развивать, совершенствуя оборудование.

Однако сейчас нам очень интересна еще одна, совсем иная ниша — сборка электронных систем, для которых стандартные технологии поверхностного



Франк Бозе



Выводная рамка со светодиодами **A**, плата с металлическим основанием **B**, различные сложные конструкции и корпуса **C-E**, где необходимо объединение технологий дозирования и установки компонентов

монтажа не всегда эффективны или в принципе неприемлемы. Подчеркну, речь идет не о прототипировании, а о массовом, крупносерийном производстве. Ведь один из основных технологических трендов сегодня — все большая плотность размещения компонентов, миниатюризация, все большие токи. И мы развиваем решения для такого рода задач.

Характерный пример — светодиодное освещение. В этой области, наряду с традиционными подходами, все активнее применяются и новые конструктивные решения. Например, монтаж светодиодов средней и высокой мощности на металлическую выводную рамку с последующей заливкой компаундом. Очевидно, что технологии трафаретной печати тут не годятся. А объемы производства подобных изделий сегодня весьма велики. В целом, в области светодиодного освещения мы видим все возрастающую потребность в большой мощности. Появляются двух- и трехмерные структуры, с монтажом компонентов как минимум на двух уровнях, различные комбинированные конструкции. Для них традиционные технологии также не подходят, а наши решения весьма востребованы.

Еще одно интересное массовое направление — автомобильные сенсоры, в которых чипы монтируются непосредственно внутри сложной конструкции. Здесь также неприменима трафаретная печать. С помощью наших систем можно дозировать паяльную пасту и адгезивы, устанавливать кристаллы, после чего следует разварка выводов кристалла проволокой и герметизация.

Мы видим и постоянно растущий интерес к высоковольтной силовой электронике, где все активнее применяются технологии прямого монтажа кристаллов

мощных полупроводниковых приборов (flip-chip, монтаж перевернутого кристалла). При этом необходимо не только обеспечить установку кристалла, но также нанести паяльную пасту. Можно вспомнить и о проблемах, связанных с применением ступенчатых трафаретов — дозирование зачастую оказывается гораздо эффективнее и экономичнее.

В целом, сегодня велик спрос на технологии монтажа кристаллов в сложные корпуса, непосредственно на платы с металлическими основаниями и т.п. Светодиоды, МЭМС, сенсоры, силовые приборы и т.п. — множество приложений для таких технологий. Причем помимо монтажа на плоскости, пусть и на двух-трех уровнях, есть и трехмерные конструкции, где также единственный вариант нанесения паяльной пасты — дозирование. Обычно для таких задач используются специализированные решения. Мы же предлагаем машины, для которых подобные операции стандартны.

В частности, наша система Paraguda G2 — это, по сути, первая в мире машина, которая интегрирует три возможности: установку компонентов, нанесение паяльной пасты и дозирование клея. При этом точность по вертикали контролируется специальной лазерной системой. Это очень гибкий производственный комплекс, допускающий как линейную конфигурацию, так и работу вне линии. В последнем случае со всех четырех сторон можно установить до 240 8-мм питателей. Установка обладает номинальной пиковой производительностью 15 тыс. комп./ч и реальной по тесту IPC 9850A — 8,4 тыс. комп./ч. Кроме того, в систему можно устанавливать одновременно два диспенсера — для клея и для пасты. Причем сами диспенсеры могут быть

различных типов — струйные, со шнековым приводом, с контролируемым временем приложения давления, микродозаторы с пьезоприводом. При этом можно использовать очень широкий диапазон паяльных паст, адгезивов, компаундов и т.п. Например, не нужно приобретать специальную паяльную пасту для каплеструйного нанесения — подойдут стандартные недорогие материалы. Не случайно система Paraquda G2 в 2014 году была удостоена престижной награды NPI Awards (New Product Introduction — представление нового продукта), ежегодно присуждаемой журналом CIRCUIITS ASSEMBLY.

Другой наш продукт — струйные принтеры Scorpion G2, оснащенные четырьмя диспенсерами — это самые высокоскоростные и универсальные струйные принтеры на рынке. Они изначально предназначены для крупносерийных производств. Так, есть примеры построения крупносерийных технологических линий, где установлен струйный принтер Scorpion, а за ним — пять высокоскоростных установщиков. Наши системы дозирования обладают быстродействием до 100 тыс. точек клея в час, способны наносить не только точки, но и прямые и кривые линии, возможна автоматическая подстройка к вязкости жидкости и т.п. Это очень серьезные системы топ-класса.

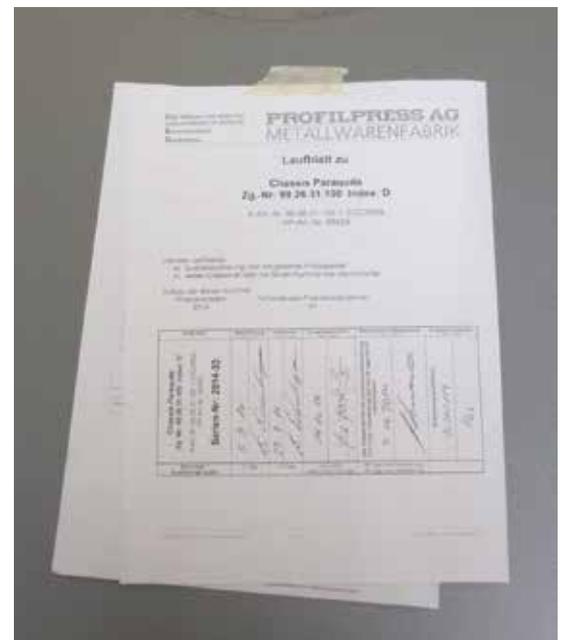
**Означает ли это, что меняется направление деятельности компании Essemtec — из сегмента опытного производства, где нужна высокая гибкость при малой производительности, вы переходите в область оборудования для выпуска массовой продукции?**



Совмещенная зона приемки комплектующих и отгрузки продукции. Поступившие узлы сортируются по видам продуктов перед отправкой на хранение в производственные зоны



Станина с протоколом входного контроля, выполненного сторонней компанией





Один из цехов. Слева — зона подготовки б/у оборудования, по центру — участок изготовления и тестирования питателей

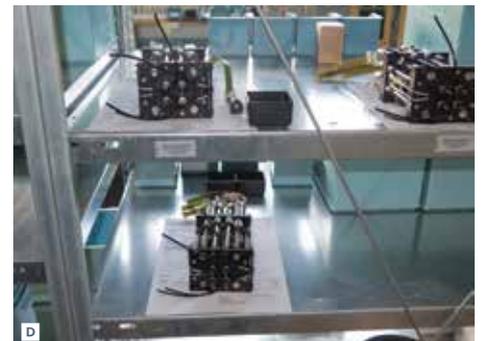
Essemtec — это уже выросшая компания, и мы отходим от решений начального уровня. В прошлом наше оборудование в основном использовалось для прототипирования в лабораториях, университетах и т.д. Эти заказчики и сегодня актуальны для нас. Однако все чаще наши системы приобретают крупные серийные производители. И это касается не только систем дозирования Scorpion, быстрейших на рынке по абсолютному показателю. В целом ряде других областей наше оборудование обладает очень высокой производительностью. Подчеркну, именно производительностью, а не скоростью установки компонентов. Ведь производительность определяется тем, сколько печатных плат или других изделий можно смонтировать в единицу времени. Наши установки имеют высокую гибкость. К ним можно подключать очень много питателей, которые легко и быстро менять; системы просто программировать, они позволяют проводить сложные операции и т.п. Конечно, есть много гораздо более быстрых машин, чип-шутеров со скоростью установки до 100 тыс. комп./ч. Они очень хорошо

выполняют набор определенных действий, но не могут делать все остальное. А для многономенклатурных производств системы Essemtec — это лучшие машины, которые только можно купить.

Простой пример: наши автоматизированные системы хранения Cubus. Это не просто шкаф хранения компонентов (опционально — в среде азота или сухого воздуха). Cubus — это важный элемент технологической цепочки, обеспечивающий эффективность всего производства. Быстродействие установочных автоматов может быть очень высоким, но когда в питателях заканчиваются ленты, машины простаивают, и производительность предприятия в целом падает. Мы создали автоматизированную систему хранения, которая интегрирована с автоматами установки, в частности, с системой Paraquda. Машина сама информирует, какие компоненты заканчиваются. Cubus автоматически выдает нужную катушку, а на его дисплее появляется сообщение, в какой слот какого автомата нужно установить данную катушку. При этом сам установочный автомат продолжает работать. Мы не так давно представили новую систему Cubus и уже продали более сотни таких хранилищ. Они действительно эффективны, особенно для высокоскоростных линий.

### **Компания Essemtec поставляла не только отдельные системы, но и законченные технологические линии. Эта тенденция сохранится?**

Мы продолжим поставлять законченные линии, но с участием партнеров. В прошлом мы действительно пытались разрабатывать все, но это требовало слишком больших усилий. Поэтому мы отказались от того, чтобы на каждой единице оборудования было написано "Сделано в Essemtec" и фокусируемся на системах дозирования и установки компонентов. И если пользователь хочет приобрести полную SMT-линию, мы укомплектуем ее собственными и партнерскими решениями, соберем у себя, проверим и поставим заказчику.



Участок сборки голов **A**. Собранные головы **B** перед тестированием на испытательном стенде **C**. Проверенные головы на стеллажах хранения **D**



Сборка дозаторов **A**. Готовые дозаторы сначала тестируются на стенде **B**, затем — в составе установки Scorpion **A**

При этом компания сохраняет в своей линейке ряд традиционных моделей оборудования. Например, мы не прекращаем производство ручных/полуавтоматических систем установки компонентов EXPERT, продолжаем выпускать небольшие конвекционные конвейерные печи RO300FC и RO400FC, удобные для задач прототипирования, и т.д. В этой сфере нам интересны решения для специальных задач, но не стандартное оборудование.

### В чем особенность вашего производства по сравнению с другими компаниями?

Наше производство достаточно стандартно. В Швейцарии много хороших производств, с этой точки зрения мы не лучше и не хуже других. Все наши особенности и достоинства связаны с ключевыми знаниями в области разработки технологического оборудования и программного обеспечения.

Приведу лишь один пример. В наших установках используются ременные приводы. Они обеспечивают высокую скорость. Однако многие производители от них отказываются, считая, что ременные приводы не позволяют добиться нужной точности. Это не так — ременные приводы обеспечивают очень высокую точность, но только если использовать линейные энкодеры. Эти датчики перемещения позволяют в любой момент непосредственно определять положение головы. Мы разработали систему, использующую скорость и простоту ременных приводов и точность линейных энкодеров, тем самым добившись явного преимущества. Подчеркну, это лишь один пример из многих, и тут мы действительно сильны.



Сборка электронных модулей — монтажа кабельканалов **A**, самопроверка **B**, готовые модули после тестов **C**



Линия сборки систем Paraquda



### Тем не менее, давайте посмотрим, как создается оборудование со «стандартным» швейцарским качеством.

У нас нет секретов. Производственный комплекс Essemtec включает собственно производственные зоны, подразделение исследований и разработок, а также все необходимые службы — отделы продаж, качества, планирования производства, службу сервиса и т.д. Всего у нас около 120 сотрудников: инженеров, рабочих, специалистов по продажам. Все работают в одну смену, которая длится 8–10 часов, пять дней в неделю, иногда работаем и по субботам. Рабочий график построен так, как нужно для дела. Например, если машина должна быть закончена к определенному сроку, люди работают, сколько требуется.

С момента получения заказа до его доставки клиенту в любую точку мира проходит не более 6–8 недель. Причем производственный цикл длится две недели. Из них собственно на сборку машины приходится одна неделя, вторая — на тестирование. Конечно, это усредненные значения для стандартных решений — время

сильно зависит от степени кастомизации установки. Тем не менее, в среднем в неделю мы выпускаем две-три системы каждого типа, например, две большие машины (типа Scorpion или Paraquda), две малые установки (типа Pantera или Cobra), одну-две печи, три системы хранения Cubus.

### Как организовано их производство?

Наше производство — чисто сборочное. Здесь нет никакой механической обработки, монтажа электронных плат и т.п. Все нужные узлы и детали нам поставляют надежные партнеры, например, из Словении, Словакии, Чехии. Для нас очень важно, чтобы детали были не только должного качества, но и обладали приемлемой ценой.

Снабжение построено на основе системы управления предприятием ERP и подчиняется принципам системы бережливого производства "Канбан". Это значит, что мы не держим больших складских запасов, все детали должны поставляться по мере их выработки, точно в срок. Планирование и управление поставками проис-



Для сборки каждой установки создается индивидуальная инструкция

ходит под управлением ERP. Нам нужны складские запасы на два месяца. Соответственно формируются заказы на комплектующие с учетом срока их производства. Планирование основано на статистике потребления в предыдущие периоды, причем не только для производственных потребностей, но и для задач сервисного обслуживания, поддержки складов запчастей.

Прежде чем попасть на наш склад, все детали проходят входной контроль. Однако мы не сами его выполняем, эта работа отдана на аутсорсинг сторонней лаборатории. Поэтому все основные комплектующие поступают с протоколами входных измерений и с отметками проблемных мест, если они обнаружены. Причем внутренняя логистика очень проста. У нас одна зона приемки и отгрузки. И нет как такового единого склада комплектующих. Детали поступают уже проверенными, они сортируются и сразу отправляются в производственные зоны соответствующих типов оборудования. У нас есть несколько сборочных линий для финишной продукции: две линии для крупных установок Paraquda и Scorpion, линия для небольших систем типа Pantera, отдельная линия для сборки печей, линия для сборки систем хранения Cubus, отдельный участок для производства питателей.

Изготовление машин происходит в три этапа. Сначала мы собираем отдельные модули — системы электронного управления, конвейеры, головы, дозаторы различных типов и т.п. Конструкции наших машин унифицированы, одни и те же модули могут использоваться в различных установках. Готовые модули тестируются и хранятся. Компьютерная система контролирует их расход и формирует заказ на новые модули.

Второй этап — собственно сборка машин. Этот процесс укладывается в неделю, поскольку используются унифицированные, заранее подготовленные и протестированные модули. Третий этап — калибровка и тестирование. Он очень ответственен и может длиться неделю с учетом устранения обнаруженных проблем. Когда система прошла испытания, она поступает на участок упаковки и отгружается заказчику. Как видите, все очень просто.

### Давайте подробнее посмотрим на этапы производства.

Например, участок сборки установочных голов. Это очень ответственная операция, требующая высочайшей точности, аналогично сборке часов. Готовая голова испытывается на специальном стенде в течение 12 часов. Затем она еще 12 часов тестируется непосредственно в установочном автомате. Если все нормально, мы считаем ее проверенной. Так происходит с каждой головой.

Аналогично организован процесс сборки дозаторов. Для их проверки используется как специальный стенд,





Линия сборки малых установочных автоматов Pantera

так и две установки Scorpion. При тестировании применяется 3D-система измерений на основе видеокамер и специального ПО. Мы можем строить трехмерную картину дозы, определять ее объем. Здесь отлаживаются процессы для разных материалов, с различной вязкостью, с разными программными настройками.

Так же собираются другие узлы. Когда поступает заказ на ту или иную установку, мы формируем из них сборочный комплект в соответствии с требованиями заказчика и передаем на сборочную линию.

Монтаж машин начинается со станины. Масса станин для больших установок типа Paraguda или Scorpion — до 900 кг, они выполнены из стали и заполнены бетоном для утяжеления. На станины монтируется электроника, затем — опорная плита, другое

оборудование. Машина собирается в соответствии со спецификацией под конкретный заказ. Причем все спецификации хранятся у нас как в электронном, так и в бумажном виде. Один сборщик полностью собирает всю машину. Аналогично происходит монтаж других установок, печей, питателей. После чего наступает самый ответственный этап — тестирование готовых устройств.

### Как в Essemtec построена система тестирования продукции?

Система тестирования начинает работать еще на стадии сборки. Первый уровень обеспечения качества — самоконтроль. Для каждой установки есть сборочные инструкции, которые включают и карты самопроверки, где пошагово перечислены точки контроля. По этим картам рабочие сами себя проверяют. Однако даже самые обученные сотрудники порой ошибаются, и наша задача — устранить влияние человеческого фактора при контроле изделий. Поэтому выходные испытания максимально автоматизированы.

Например, давайте посмотрим на участок производства питателей. Каждый собранный питатель должен проработать определенное время на специальном испытательном стенде. Прошедшие этот тест питатели проверяются на точность подачи компонентов. Для этого используется другой стенд, оснащенный видеокамерой контроля точек захвата компонентов. Причем применяется та же камера и ПО контроля точности, что и в серийных установочных автоматах. Статистика испытаний для каждого питателя протоколируется.

Конечно, мы полностью проверяем каждую машину. После сборки в них записывается ПО со встроен-



Линия сборки печей оплавления — конвейерных **A** и настольных **B**



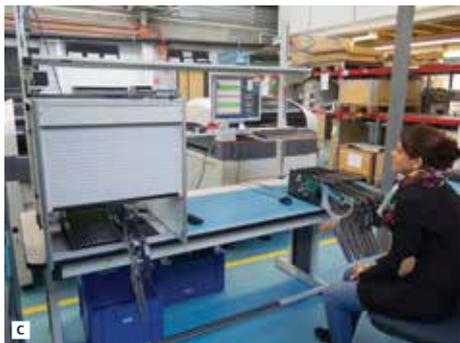
ной программой тестирования. Поэтому ошибиться или пропустить какой-либо тест невозможно. После включения происходит первая калибровка, множество тестов, финальная калибровка. Нельзя выполнить последующий тест, если не пройден предыдущий. Ход испытаний и настроек фиксируется. В протоколе видно, какие тесты проводились, в какой последовательности, кто их проводил. Например, при испытании конвейерных печей отдельно проверяется каждая зона нагрева, каждый нагревательный элемент. Испытания проводятся по определенному термопрофилю — скорость нагрева и сама температура должны оказаться в заданном диапазоне допусков. Если обнаруживаются проблемы, их устраняют, и испытания начинаются сначала. Обычно тест для печи длится около 10 часов. Причем встроенная программа написана таким образом, что пока не будет успешно пройден финальный тест, машина не перейдет в режим эксплуатации. И только после финального теста можно давать команду на отгрузку машины заказчику.

Конечно, для испытаний каждой системы используются свои методы. Так, при тестировании дозаторов мы используем специальную стеклянную тестовую пластину с контрольными точками. На них дозируется паста, затем измеряется смещение.

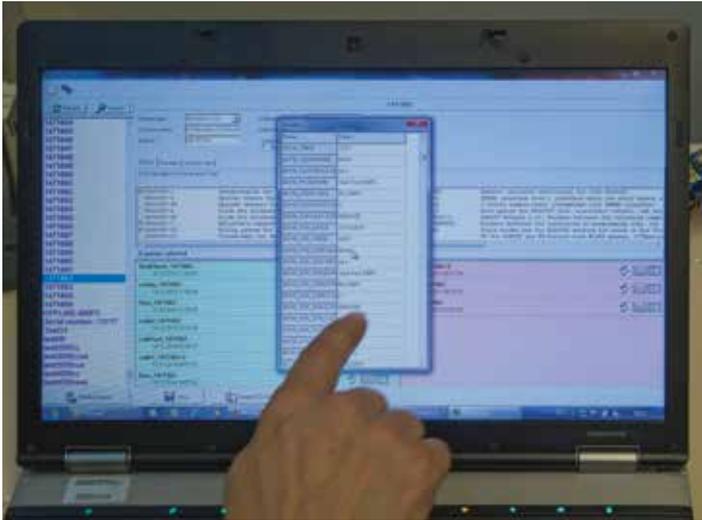
Для контроля скорости автомата установки применяем специальную тестовую плату в соответствии со стандартом IPC 9850, где компоненты устанавливаются с поворотом на 90, 180 и 270 градусов. Причем используются пять разных типов компонентов, а расстояние между точками установки для каждого типа компонентов велико и нерегулярно. Поэтому голова машины должна активно перемещаться, что заставляет установку работать в самом неудобном режиме.

Протоколы испытаний каждой установки хранятся на нашем сервере. И мы в любой момент можем увидеть не только то, что машина прошла тест, но и как именно она его прошла. Все это — важный элемент общей системы прослеживаемости. Мы обладаем полной информацией обо всех производственных операциях, о том, кто и как поставлял комплектующие, храним протоколы их входного контроля — вплоть до протоколов финальных испытаний. При желании пользователь может их запросить.

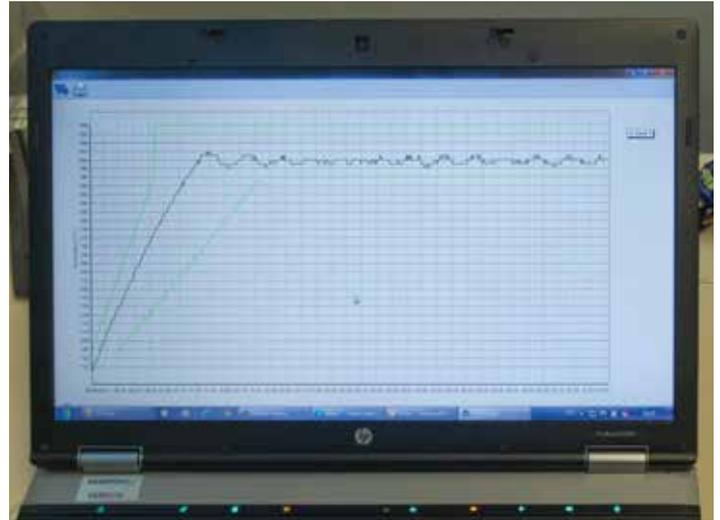
Кроме производственных испытаний многие узлы тестируются и в ходе опытно-конструкторских работ. При испытании систем хранения регулярно проводятся тесты из 19 тысяч циклов загрузки-выдачи различных катушек. Мы измеряем реальное время каждого цикла и вычисляем среднее значение загрузки-выгрузки



Участок сборки и контроля питателей **A**. Питатели на проверочной станции **B**.  
Стенд контроля точности подачи (снизу)



Фрагмент протокола тестирования конвекционной печи



Параметры нагрева первой зоны укладываются в заданный шаблон

катушек. Аналогичным длительным испытаниям подвергаются многие узлы установок, например, приводы дозаторов.

Принципиально, что в установках заложен механизм самоконтроля. Например, точность позиционирования головы определяется как с помощью видеокамеры и специального ПО, так и посредством линейных энкодеров. Два независимых механизма после калибровки обеспечивают точность даже более высокую, чем точность многих средств измерения. При каждом запуске установки происходит самотестирование, поэтому мы можем гарантировать точность во время всего срока эксплуатации.

В целом, в области контроля качества у нас есть три электронные системы: одна предназначена для управления качеством в целом, другая относится к механическим проблемам, третья — к проблемам в области ПО. Любой работник может войти в эти системы и создать отчет об инциденте. Каждое такое происшествие будет рассмотрено менеджером по продукции или менеджером по качеству.

Кроме электронных систем мы используем и обычную доску, на которой каждый может написать о производственной проблеме. Это важно — проблема визуализируется, затем обсуждается на специальных регулярных совещаниях, принимаются меры по ее устранению, что также отмечается на доске.

### **Насколько нестандартными могут быть установки, производимые по заказам пользователей?**

Зачастую заказы достаточно стандартные, все различия сводятся к той или иной конфигурации в рамках базовой модели. Но иногда заявки бывают очень сложными — на-

столько, что приходится проводить специальные исследования, чтобы понять, как решать задачу заказчика. Конечно, такие исследования требуют дополнительной оплаты.

Пример небольшой доработки установочного автомата по требованиям заказчика — специальный вакуумный держатель с подогревом. Заказчику нужно монтировать компоненты на керамические подложки. Для этого их нужно зафиксировать. Кроме того, перед дозированием подложки необходимо нагреть. Мы решили эту задачу, разработав специальный механизм — держатель с вакуумными каналами для прижима подложек и встроенным нагревателем.

Гораздо более специфическая система — установка для измерения цвета светодиодов в процессе их изготовления. При производстве светодиодов такая измерительная система находится между двумя установками Scorpion: в первой происходит дозирование силикона для формирования линзы, далее светодиод попадает в измерительную установку, на кристалл подается ток, происходит измерение цвета, и система сообщает следующему дозатору Scorpion, какой объем корректирующей добавки следует нанести. Мы уже продали несколько таких систем.

Так что мы можем решить очень сложную и нестандартную задачу клиента. В целом же все заказы в той или иной мере специфичны, почти всегда требуется совместная работа наших инженеров с заказчиками. Этим занимается специальная группа инженеров по применению. Скажем, специалисты в России никогда не покупают машину, чтобы просто ее включить и работать. Они всегда спрашивают, как настроить систему под тот или иной компаунд, как дозировать экзотические составы и т.п. И мы постоянно помогаем клиентам подобрать установки под нужный материал.

Кроме того, мы ведь и сами не стоим на месте — все наши системы постоянно совершенствуются и развиваются.

## Как у вас организован этот процесс?

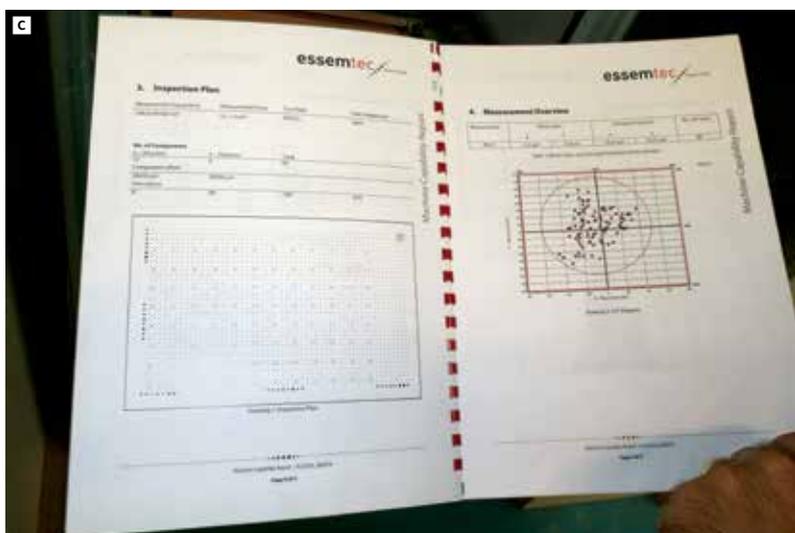
Совершенствованием оборудования, созданием новых решений занимаются сотрудники отдела исследований и разработок: инженеры-механики, программисты, а также менеджеры по продуктам и лидеры проектов. Над каждым отдельным продуктом работают специальные группы, во главе которых стоят руководители проектов — специалисты по дозаторам, по установочным автоматам, по печам и т.п. Они помогают вносить изменения, предлагают новые функции, дополнительные опции и т.п. Конечно, я тоже активно участвую в этой работе.

## Как организована техническая поддержка пользователей?

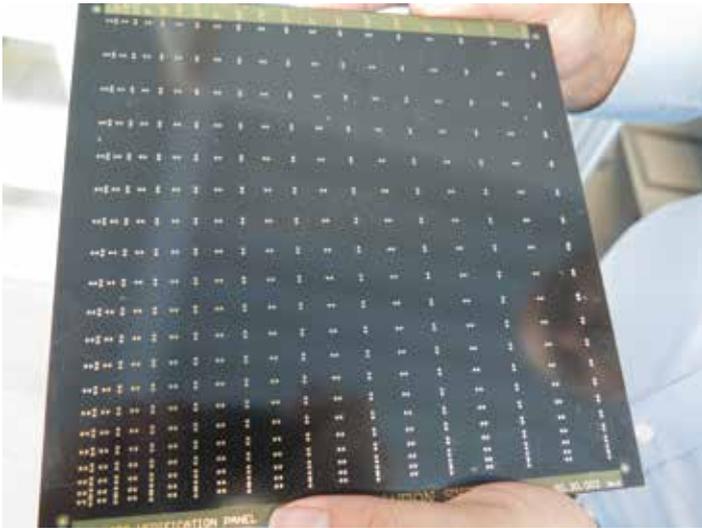
У нас есть отдел сервисной поддержки, где работают около 15 сервис-инженеров. Особенность наших устано-

вок в том, что они оснащены системой дистанционной диагностики. По желанию пользователей их можно подключать к интернету. И тогда при возникновении любых проблем мы способны обратиться к любой машине, провести полную диагностику, при необходимости даже перезапустить, посмотреть историю всех событий. Это существенно упрощает процедуру поиска неисправностей. Конечно, далеко не все готовы открыть удаленный доступ к своему оборудованию, в частности, в России с этим есть сложности. Но примерно половина всех наших клиентов пользуется подобной возможностью, это очень удобно.

Конечно, не все проблемы определяются удаленно. Но где-то в половине случаев мы можем увидеть неисправность прямо отсюда. И часто оказывается, что дело не в машине — неправильно написана программа, настройки выполнены не должным образом, ошибка оператора и т.п.



Контроль точности дозирования: материал наносится на стеклянную пластину **A** и в специальной установке **B** измеряется разброс от заданных точек **C**



Плата для контроля скорости установки в соответствии со стандартом IPC 9850

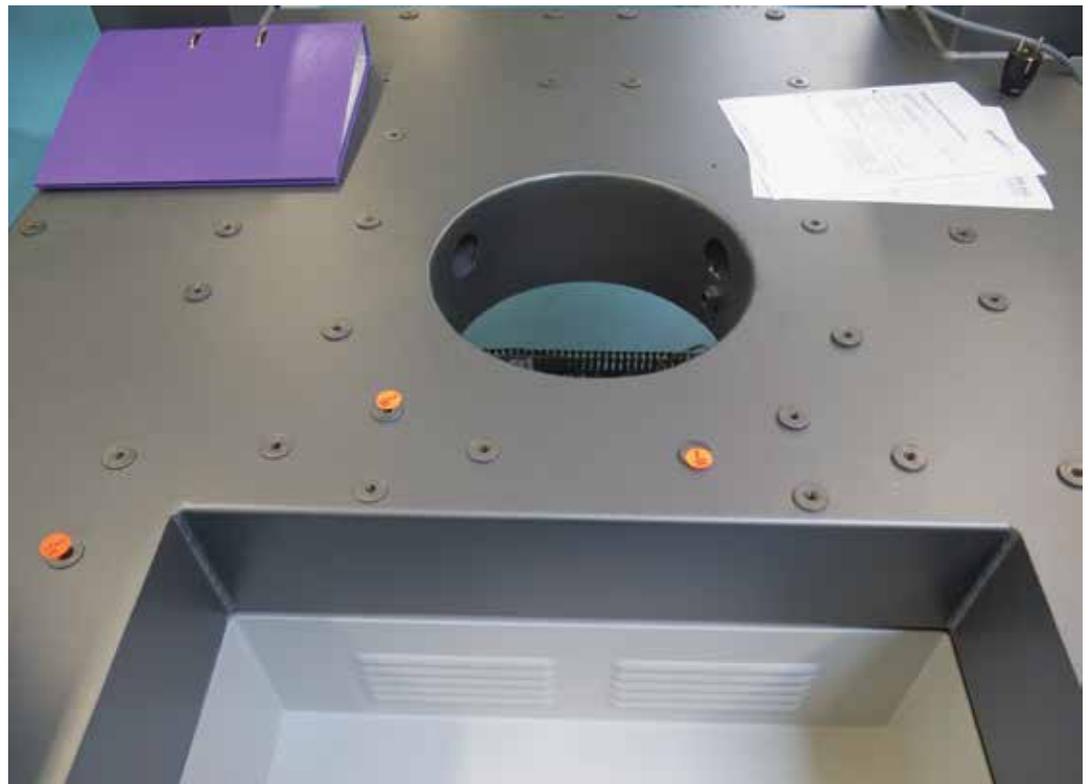
Обнаружив проблему, мы отправляем на ее устранение специалистов в нужной области с соответствующим набором запчастей. Это сильно экономит время заказчика. Ведь иначе сначала нужно вызвать сервисных инженеров, они приедут и на месте будут тестировать машину. Если найдут проблему и определят ее причину, придется запрашивать нужные запчасти. Они придут только через день-два и т.д.

Система удаленного мониторинга оборудования позволяет предоставлять гораздо более высокий уровень

техподдержки. В будущем мы думаем подключать к нашим машинам GSM-модем. Тогда не потребуется специальное подключение к интернету, нам не будет нужен доступ в локальную сеть компании. Вся информация можно получить через сеть GSM, по сути, связаться с машиной по сотовому телефону — конечно, если это разрешит пользователь. Подчеркну, клиентам не стоит бояться несанкционированного доступа к их оборудованию. Пользователь сам решает, как строить взаимодействие с нами при возникновении ошибки. В случае сбоя установка лишь предлагает послать нам отчет, но можно этого и не делать — примерно так при сбое программы ведет себя Windows на обычном компьютере.

Конечно, помимо удаленного мониторинга неисправностей, в сервисной поддержке есть и другие важные моменты. Например, у нас три склада запасных частей — в Словакии, в Бельгии (Арсхот) и один в Филадельфии. Из Словакии мы доставляем любые запчасти в большинство стран Европы максимум за 24 ч. Это очень важно для нас.

Кроме того, у нас действуют различные программы поддержки пользователей. Например, мы готовы на определенных условиях обменять клиентам наше старое оборудование на новые модели. При этом бывшие в эксплуатации машины мы приводим в порядок, тестируем и продаем. Это не только очень хороший бизнес для нас, но и привлекательная возможность для малобюджетных пользователей приобрести качественные системы.



Для маркировки проблемных мест используются специальные стикеры

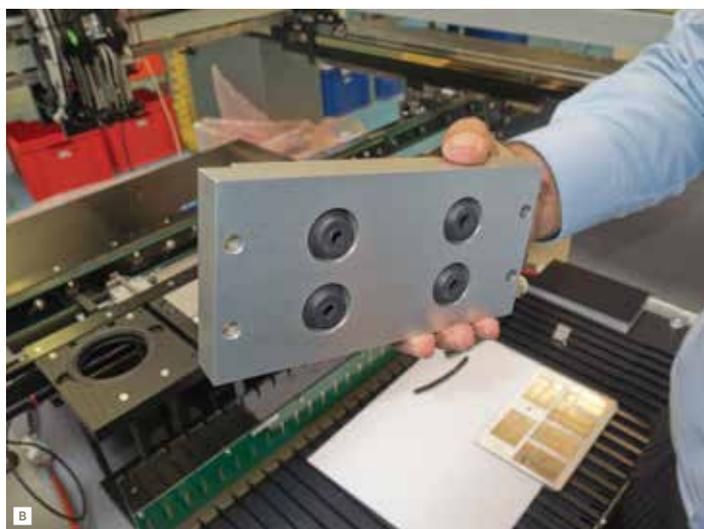
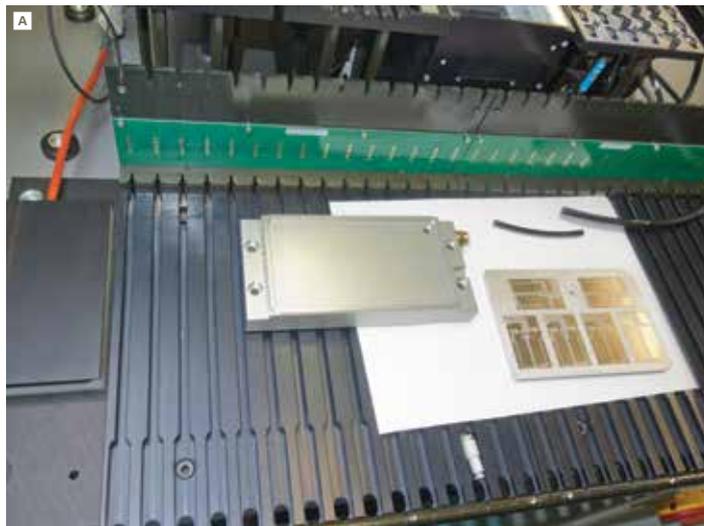
## Разработка и производство высокотехнологичного оборудования требуют высококвалифицированных специалистов. Как вы решаете кадровую проблему?

Действительно, в Эш достаточно трудно привезти сотрудников — мы ведь находимся в деревне. Но если работник уже осел здесь — он наш, поскольку другой работы тут не найти. Поэтому многие трудятся в компании Essemtec по 10 и более лет. Некоторые охотно остаются жить в Эше — дома дешевле, красивое озеро, природа, тихо, многим нравится. С другой стороны, в 30 минутах отсюда — города Люцерн и Цуг, немало наших сотрудников живет в Люцерне, у нас много выпускников Университета Люцерна. В 40 минутах — Цюрих, где находится Швейцарская высшая техническая школа (ETHZ) — знаменитый во всем мире университет. По московским мерам меньше часа до работы — это очень близко. Так что особых проблем с кадрами нет.

Немаловажно, что мы вовлечены в федеральную учебную программу профессиональной подготовки. Ведь в Швейцарии система среднего образования двухступенчатая. Первую ступень все проходят одинаково, а дальше у молодых людей 16–17 лет есть выбор, где провести следующие три-четыре года. Они могут продолжить образование в гимназии и, через три года окончив ее, без экзаменов поступать в университет. А могут выбрать программу профессионального обучения (некий аналог технического колледжа в России). Такая программа действует и у нас: молодые люди три-четыре года изучают процессы создания машин, их технического обслуживания, инсталляции, взаимодействия с клиентами. Они знакомятся с техникой продаж, с работой инженеров по применениям, на последней стадии стажироваются в подразделении исследований и разработок. Это все включено в учебную программу.

Конечно, далеко не все, кто проходит у нас программу профессионального образования, остаются работать в компании. Однако такой курс позволяет молодому человеку определить, что именно ему нравится и в каком направлении он намерен развиваться. Кто-то хочет работать на производстве. Другому нравится в службе сервиса. Это трудно, каждую неделю оказываешься в какой-то новой стране, но зато такая работа дает уникальные знания о проблемах эксплуатации, инсталляции оборудования. Специалисты, занимающиеся техобслуживанием, могут стать превосходными инженерами-разработчиками. Но для этого нужно получить высшее образование. Диплом о среднем профессиональном образовании позволяет поступать в так называемый прикладной вуз.

В Швейцарии действуют две системы вузов: более теоретическая академическая (университеты) и более практическая прикладная. Профессиональное образо-



Вакуумный держатель с нагревателем **A**, **B** для монтажа на керамические платы **C**



Проверенная и упакованная машина готова к отгрузке клиенту

вание плюс прикладной вуз — это очень хороший путь подготовки инженера. Такие специалисты обладают не только теоретическими знаниями, но и реальным производственным опытом, знаниями практической работы. Из них получаются прекрасные разработчики.

Недаром 90 % инженеров Essentec закончили именно прикладные вузы, тогда как большая часть наших программистов — из университетов, в том числе из ЕТНЗ. Такой конгломерат специалистов и позволяет нам создавать передовые решения.

**Подведем краткий итог. Частная компания, 120 человек персонала: от рабочих до менеджеров по продажам и специалистов-разработчиков. В 30 км от ближайшего крупного города. При этом, очень успешная компания, еженедельно выпускающая десятков единиц различного технологического оборудования, отгружаемого во многие страны мира — от Юго-Восточной Азии до США.**

**Общее впечатление от посещения такого производства — спокойствие и порядок. Никто никуда не спешит, но все заняты работой. Нет единого склада, комплектующие хранятся в производственной зоне — но всё на своих местах. Производственные площади вроде и не велики, но нет ощущения тесноты. Даже инструменты на рабочих столах — в процессе работы! — лежат в строго определенном порядке. При этом на самом производстве нет ничего особенного — ни сложного технологического оборудования, ни хитроумной внутрицеховой логистики со сложными конвейерными системами. Даже входной контроль отдан на аутсорсинг. Все очень рационально, ни одного лишнего процесса, но и ничего не упущено. Видимо, так и обеспечивается "швейцарское" качество, к которому многие стремятся, но далеко не все его достигают. **



# Видеть сегодня печатные узлы будущего невозможно, **НО ТЕХНОЛОГИИ их сборки — необходимо**



## Paraquda

Сверхгибкий автомат установки компонентов и нанесения паяльной пасты



Встроенный каплеуловитель для прецизионного нанесения паяльной пасты и клея



Возможность выбора как конвейерного, так и неконвейерного исполнения, допускающего установку широкого диапазона питателей со всех сторон автомата



Программное обеспечение ePlace на базе сенсорного дисплея, упрощающее работу с ним и ускоряющее подготовку рабочих программ



Две или четыре головки, способные устанавливать компоненты с размерами от чип 01005 до 80×70×25 мм и микросхемы с шагом выводов до 0,3 мм



Измерение электрических параметров компонентов перед установкой, позволяющее исключить из сборки компоненты, несоответствующие требованиям



будущее создается

[www.ostec-smt.ru](http://www.ostec-smt.ru)  
000 «Остек-СМТ»  
(495) 788 44 44  
[info@ostec-smt.ru](mailto:info@ostec-smt.ru)  
[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)



## ОПТИМИЗАЦИЯ

# Обмотка жгута:

## альтернатива ручным операциям

Текст: **Роман Лыско**  
**Дмитрий Максимов**

”

Обсуждая вопросы автоматизации жгутового производства, многие специалисты отрасли не всегда видят альтернативу ряду ручных операций. Это связано с малой серией изделий, большой номенклатурой жгутовой продукции, сложностью автоматизации устаревших материалов и комплектующих, а также недостаточным уровнем информированности о новых технологических решениях в жгутовой области.

Технология изготовления жгутов для техники специального назначения практически не менялась в течение многих десятков лет, но это не значит, что сегодня невозможно заменить ручные операции на автоматические процессы.

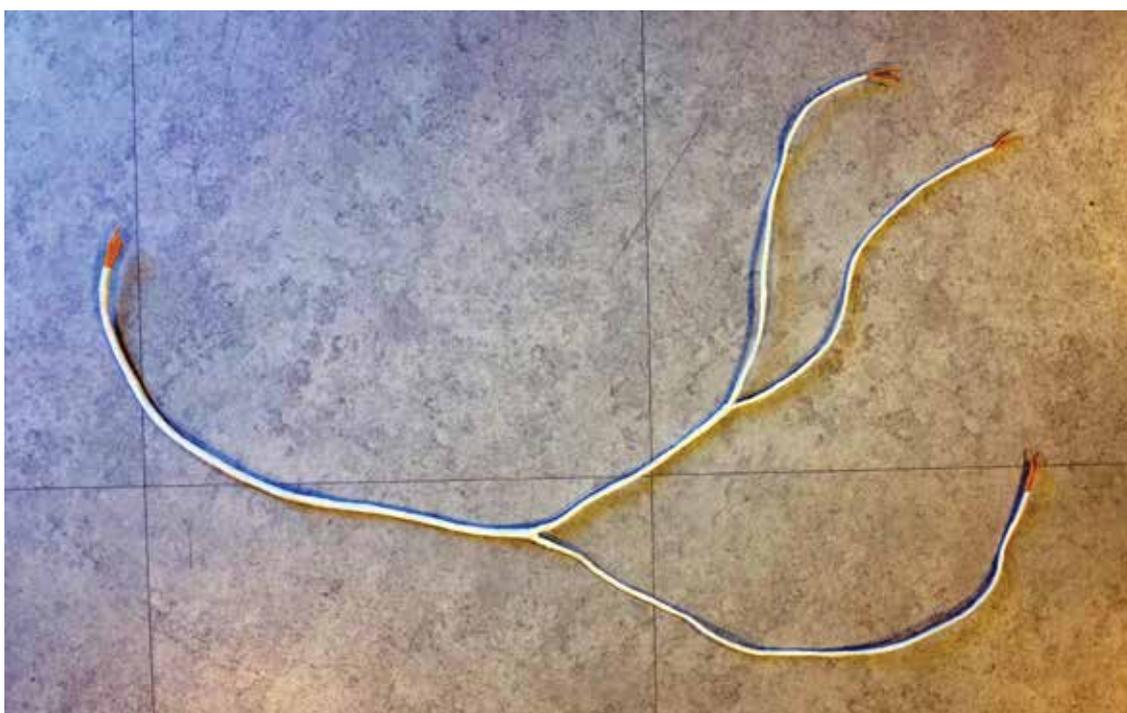
В статье мы рассмотрим, как можно заменить ручную обмотку жгута лентой на автоматическую.

Технологическая операция обмотки жгута лентой, наряду с раскладкой и вязкой, трудоемка. Сам процесс обмотки прост: последовательная обмотка жгута лентой (клеейкой/неклеейкой стороной к проводу) с обеспечением 50-80 % перекрытия – в зависимости от требований конструкторской документации. В зависимости от сложности жгута и требований конструкторской документации (процент перекрытия, намотка клеейкой/неклеейкой стороной к проводам и т. д.) процесс обмотки одного жгутового изделия может иметь существенный удельный вес в общем количестве нормо-часов, необходимых для сборки жгутовых изделий. Помимо больших временных затрат качество оплетения существенно зависит от человеческого фактора. Когда обмотка жгута выполняется вручную, обеспечить высокую повторяемость процесса невозможно.

Специалисты ГК Остек совместно с заказчиками и производителями оборудования разработали решение, позволяющее до трех раз уменьшить время выполнения данной операции путем автоматизации процесса. Были получены результаты, полностью удовлетворяющие требованиям действующей документации.

В 2015 году ГК Остек и ФГУП «ВНИИА им. Духова» совместно реализовали проект по организации участка изготовления жгутов по современной технологии с учетом действующей нормативной документации. Основной целью данного проекта являлось снижение трудоемкости изготовления жгутов и повышение производительности всего жгутового участка. Одним из важнейших этапов новой технологии сборки жгутов стала замена изоляционных трубок типа ТВ на более технологичные изоляционные материалы. В качестве основного материала была использована лента типа ЛЭТСАР, важнейшее свойство которой – способность к слипанию, в результате чего образуется монолитная оболочка из силиконовой резины, обеспечивающая защиту жгута **рис 1**.

В данном случае лента была использована в качестве замены электроизоляционных трубок ТВ-40, ТВ-50. Ленты ЛЭТСАР имеют более широкий температурный диапазон эксплуатации (от -50 до +250 °С) по сравнению с электроизоляционными трубками типа ТВ (от -40 до +70 °С), что позволяет решать вопросы прохождения климатических испытаний жгутов, в том числе при высоких температурах. Возможность использования лент данного типа при изготовлении жгутов вместо



1

Образец жгута, обмотанного лентой ЛЭТСАР



2 Полуавтоматический лентообмотчик OndaTaperS

электроизоляционных трубок из поливинилхлоридного пластика не противоречит требованиям действующей нормативной документации на большинство жгутовых изделий.

Результаты проведенных испытаний показали, что жгуты, изготовленные с использованием ЛЭТСАР, полностью соответствуют требованиям конструкторской документации.

На производственном участке была установлена полуавтоматическая лентообмоточная установка OndaTaperS рис 2 со специализированным комплектом оснастки, позволяющим выполнять качественную обмотку жгута лентой ЛЭТСАР.

Основные технические характеристики OndaTaperS в базовой комплектации представлены в табл. 1.

Специализированное решение на базе машины OndaTaperS, разработанное под задачи большинства наших отечественных заказчиков, позволяет проводить обмотку жгутов такими типами лент, как: ЛЭ, ЛЭС, ФУМ, ЛЭТСАР и т.п., тогда как OndaTaperS в базовой комплектации – только лентами типа ПВХ рис 3. Также в машине со специальной оснасткой существенно больший диаметр обматываемых жгутов: от 1 до 35 мм, а в базовой комплектации – не более 20 мм.

Опыт ГК Остек в реализации проектов по автоматизации процессов жгутового производства говорит о том, что использование современных технологических реше-

ний по обмотке жгутов лентами, адаптированными под требования современных отечественных производств, позволяет в несколько раз сократить время выполнения данной операции. А автоматизация процесса является одним из важнейших путей снижения общей трудоемкости изготовления и повышения качества и надежности жгутовых изделий.

Автоматизации процесса обмотки жгута электроизоляционными лентами позволяет получить:

- снижение трудоемкости производства жгутовых сборок;
- возможность внедрения более современных и технологичных материалов;
- повышение качества и надежности жгутовых изделий;
- снижение влияния человеческого фактора;
- повторяемость процесса обмотки.

**Автоматизация процесса обмотки – один из показательных примеров успешного внедрения современных технологических решений на производстве.** 

Таблица 1

Технические характеристики OndaTaperS в базовой комплектации

Диаметр намотки, мм	До 20
Ширина ленты, мм	9÷19
Скорость намотки, об./мин.	100÷800
Подача ленты, мм/оборот	1-50
Тип покрытия используемой ленты	Клейкое/неклейкое



3 Обмотка ствола жгута лентой типа ПВХ

Возможности сервиса.

Программа

# «Повышение эффективности сборочных линий».

Часть 1



Текст: Александр Куликов

## Сервисное обслуживание сегодня

Изучение истории обращений в сервисную службу Остек-СМТ показало, что большинство из них составляют заявки на техническое обслуживание, ремонт и заказ запасных частей, и что большинство клиентов обращается лишь за небольшой частью разовых услуг. В настоящее время ситуация начала меняться: заказчики осознают важность разного рода услуг, а не только технических – комплексных, длительных, призванных повысить качество работы, увеличить производственные возможности; активно пользуются ими, то есть формируют спрос на сервис как новый тип комплексного продукта. Сервис, который поможет им превратить оборудование в актив, формирующий положительный денежный поток и встроенный в бизнес-процессы. И поэтому они предпочитают активно и тесно взаимодействовать с поставщиком сервисных услуг на долгосрочной основе.

Потребность в новом подходе к организации сервисного обслуживания возникает в связи с изменившейся структурой конкуренции, дальнейшим развитием понятия добавленной стоимости и качества, а также с техническим прогрессом, сделавшим возможным применение различных инноваций в сервисе.

Действительно, конкуренция сегодня – это не только высокопроизводительное оборудование, выпуск большего количества изделий и монополистическое положение на рынке. Конкуренция вышла на новый уровень благодаря научно-техническому прогрессу, превратившему производственное оборудование в не уникальнЫй ресурс. Эффективно конкурировать на мировом уровне можно только при использовании специфических ресурсов – экономичных и результативных механизмов управления и организации производства, быстрой адаптации механизмов управления и производственных мощностей к изменяющимся условиям. В экономике подобный подход называется извлечением управленческих рента за счет приносящей лучшие результаты организации процессов. В дальнейшем побеждать будет тот, кто быстро и с меньшими потерями сможет приспособливаться к рыночной ситуации (а еще лучше – предугадывать ее) и производить нужную продукцию в необходимом объеме. При этом, конечно, основы экономики – максимизация прибыли и минимизация издержек – останутся неизменными.

Уже сейчас мы наблюдаем очень интересную ситуацию: количество информационных потоков выросло в несколько раз, их координация, выравнивание внутри

организации по целям, срокам и, самое главное, процессам, будет являться первостепенной задачей эффективного руководства будущего.

Без информации невозможно будет снижать производственные издержки, что приведет к потере конкурентоспособности продукции по цене. Кроме того, информация приобретает особую важность именно как основа конкуренции. Сама по себе единица оборудования не является активом, генерирующим избыточный доход. Но информация об особенностях использования этого оборудования и его встроенности в процесс становится тем уникальным преимуществом, которое позволяет увеличить отдачу от актива. Поэтому уже сейчас необходимо закладывать основы координации информационных потоков и, соответственно, эффективного управления производственным предприятием.

Специалисты ООО «Остек-СМТ» провели среди своих клиентов опрос о ценности сервисного обслуживания и ожиданиях от предлагаемого сервиса. Руководители компаний-заказчиков отвечали на вопросы о важности различных факторов сервисного обслуживания для промышленных предприятий, о том, чего они ожидают от сервиса будущего и специальных средств мониторинга производства, интересно ли им применять для установленного оборудования специальные длительные программы оказания сервисных услуг (комплексные услуги).

В рамках опроса большинство респондентов выразили заинтересованность и готовность участвовать в комплексных программах оказания услуг, а также применять на производстве современные средства мониторинга состояния и анализа режимов работы оборудования.

Результаты опроса подтвердили необходимость запуска **комплексной сервисной программы**, а не просто набора возможностей по обслуживанию оборудования.

Для реализации такой программы необходимо знать и правильно оценивать основные мировые тенденции в этой области. Тренды в сервисном обслуживании производств:

- использование специализированных программных продуктов для диагностики и удаленного доступа к оборудованию для сокращения времени обслуживания;
- внедрение комплексных программ на длительный срок. Выгоднее заключить долгосрочный контракт с проверенным поставщиком качественных сервисных услуг;
- превентивное сервисное обслуживание, направленное на предупреждение проблем с оборудованием, продление срока его эксплуатации и снижение операционных затрат;
- плотное взаимодействие с заказчиками и проведение простых сервисных операций силами собственного персонала;
- консультационный подход, направленный на стратегическое консультирование руководства по развитию производства и бизнес-процессов.

Производства недалекого будущего будут действовать по следующей схеме. Все данные автоматических производственных линий фиксируются по нескольким уровням классификации: процессу, продукту, партии изделий, линии в целом, единице оборудования и многим другим параметрам, что позволяет добиться полной прослеживаемости производственных процессов. Считывание значений параметров происходит быстро и часто, данные автоматически записываются в архив и анализируются. На основе анализа выводятся рекомендации по оптимизации процесса, изменению технологии, настройке рабочих программ. Есть возможность вносить изменения в параметры и проверять, как изменятся результаты: производительность, объем производства, выпуск годных с первого предъявления, время производственного цикла. Мельчайшие потери в скорости, изменения в потреблении энергии, в качестве видны и



управляемы. Нет долгосрочного хранения комплектующих, они пополняются по мере необходимости, готовая продукция отгружается точно в срок. Можно контролировать рабочую и технологическую дисциплину, а сами работники производств становятся уже не просто операторами, а операторами-техниками-технологами-программистами. Запуски новых продуктов происходят быстро и с минимальными временными потерями – для этого необходимо лишь загрузить САД-данные в специальное программное обеспечение, которое самостоятельно рассчитает параметры, найдет неоптимальные элементы конструкции и исправит их, создаст и настроит рабочие программы.

Научно-технический прогресс движется вперед большими шагами. В автомобилях тестируются системы автопилотирования и управления по радарам (колоссальный скачок вперед сделали технологии облачного хранения

данных и так называемые «Большие данные», от англ. Big data – название отрасли анализа данных). Технические средства позволяют точно измерять, контролировать и управлять работой, а программное обеспечение – удаленно контролировать оборудование и работать без операторов, наглядно визуализировать данные, проводить анализ взаимосвязей, проверку гипотез и тесты, выполнять задачи прогнозирования. Поэтому уже сейчас необходимо, чтобы фундамент сервисной программы соответствовал требованиям завтрашнего дня – 4-й промышленной революции и принципам построения Индустрии 4.0.

Принципы Индустрии 4.0 несложные:

- объединение в сеть для обмена данными и командами, появление киберфизических систем;
- повсеместное распространение датчиков и измерительных приборов, обменивающихся данными по «интернет-протоколу» и появление интернета вещей;
- самоорганизация и принятие решений на основе сложного программного обеспечения;
- продвинутые аналитические инструменты;
- самодиагностика, предупредительное ТО и ремонт;
- минимизация участия человека в производственном процессе, повышение квалификации работников;
- влияние на всю цепочку создания ценности отрасли.

Развитие производственных систем по таким принципам влечет ряд серьезных последствий для целого ряда производственных отраслей. Эти последствия будут иметь вид подрывных производственных инноваций, меняющих соотношение ценностей на рынках, конкуренцию, обесценивающих конкурентные характеристики существующих продуктов. Пример такой инновации – создание и распространение телефона, фактически уничтожившее телеграф.

Последствия появления подобных инноваций можно выразить рядом обобщающих положений:

- переосмысление и перепроектирование бизнес-процессов;
- значительное повышение эффективности производств;
- развитие систем производственного и бизнес-анализа и прогнозирования;
- повышение эффективности и снижение стоимости обслуживания оборудования;
- снижение производственных и административных издержек, увеличение прибыли;
- интеграция отраслевых производств по цепочке создания ценности;
- появление новых типов бизнеса;
- снижение капитальных и операционных затрат, перевод части капитальных затрат в операционные.



## Проблемы эффективности производств

Несмотря на то, что электроника исторически является одной из самых динамично развивающихся отраслей промышленности, сборочно-монтажные производства далеки от идеала и внедрения инновационных методов работы. Конечно, невозможно достичь фантастически быстрых результатов в повышении эффективности. Однако и в мире, и в России внедрение механизмов повышения эффективности производства и реализация мер, обеспечивающих это повышение, являются уникальным конкурентным преимуществом.

Меры по повышению эффективности производства разрабатываются уже давно. Наибольших результатов в эффективности производственных линий достигли японцы в сборочных подразделениях корпорации Toyota. Тотальное протоколирование, уникальные методики учета отклонений, управления производством, запасами, организация команд – пожалуй, самое большое нововведение в оптимизации со времен разработки конвейера. Японцы достигли потрясающих результатов, а их автопром надолго завоевал лидирующие позиции на мировом рынке. Некоторые производители электронных устройств давно внедрили у себя так называемое «бережливое производство» и методику «точно-в-срок» (от англ. Lean production и just-in-time - разработанные в 1960-х годах прошлого столетия в корпорации Toyota).

В чем же основной смысл японского подхода к повышению эффективности производства? В анализе текущего уровня эффективности производства и инкрементальных шагах по ее повышению. Любой анализ начинается с установления показателей эффективности.

Анализ эффективности производства начинается с анализа времени его работы – берется общее доступное время работы, затем определяется плановое время на остановки оборудования и простои (плановые простои), которые необходимо вычесть из общего доступного времени. Таким образом, выводится показатель планового производственного времени, который является базовым показателем эффективности. Можно задуматься о том, насколько важно правильно спланировать необходимые остановки в течение года и их дальнейшую декомпози-



1  
Схема работы по повышению показателя всеобщей эффективности оборудования

цию для каждой рабочей смены: ошибка может привести к увеличению плановых простоев, сокращающих плановое производственное время, а время – это деньги.

Из планового производственного времени выводится показатель «Всеобщая эффективность оборудования» (от англ. Overall Equipment Effectiveness), являющийся агрегатным индикатором эффективности всего производства. Общая эффективность складывается из эффективности работы каждой единицы оборудования по трем уровням анализа потерь: потери на неплановые остановки, потери в производительности и потери в качестве.

T 1

Типовые проблемы на сборочно-монтажном производстве

Доступность оборудования	Производительность	Качество
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Плановые и неплановые простои</li> <li>• Отсутствие регламентных работ по техническому обслуживанию</li> <li>• Низкая квалификация персонала</li> <li>• Неоптимальная внутренняя логистика</li> <li>• Длительная подготовка к производству новых изделий</li> <li>• Выход оборудования из строя вследствие проблем с энергоносителями (электропитание, сжатый воздух)</li> <li>• Длительное время переналадки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Долгая подготовка и оптимизация производственных программ</li> <li>• Оптимизация работы оборудования</li> <li>• Своевременное администрирование производства</li> <li>• Квалификация персонала</li> <li>• Контроль технологической дисциплины</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствие регламентных работ по техническому обслуживанию персоналом заказчика</li> <li>• Низкая квалификация персонала</li> <li>• Неправильное хранение компонентов</li> <li>• Ошибки на стадии проектирования</li> <li>• Несоблюдение условий окружающей среды (температура, влажность)</li> <li>• Непонимание персоналом технологии производства</li> </ul>

**1. ОСТАНОВКИ.** Данный уровень анализа нацелен на регистрацию, анализ и постепенное уменьшение внеплановых остановок: поломки и отказы оборудования, остановки из-за нехватки материалов и ресурсов, отсутствие места для складирования, время переходов между технологическими операциями. Конечно, полностью время простоев сократить невозможно, но оно может быть уменьшено за счет мониторинга и измерения длительности. После того, как учтены все остановки, их значение вычитается из планового производственного времени для получения показателя доступного операционного времени (именно поэтому в некоторых источниках критерий также называется доступностью оборудования).

**2. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ.** Причинами, вызывающими снижение рабочей скорости оборудования, могут быть износ машин и механизмов, использование некачественных материалов, неправильная подача, некорректно созданная рабочая программа. Если взглянуть на производство в целом, то сюда же можно отнести подготовку технологических карт, листов материалов, оснастку рабочих мест. Рабочее время, оставшееся после учёта потерь в скорости, называется чистым операционным временем.

**3. КАЧЕСТВО.** Данный критерий учитывает потери в качестве производимых изделий, включающие производство несоответствующей стандартам продукции. Сюда относится процент брака, процент изделий, год-

ных с первого предъявления. Рабочее время, оставшееся после учёта потерь в качестве, называется чистым производительным временем.

Схема работы по повышению показателя всеобщей эффективности оборудования представлена на рис 1.

В T 1 типовые проблемы сборочно-монтажного производства с солидной долей условности (на практике все увязано гораздо плотнее) распределены на три группы в соответствии с показателем всеобщей эффективности оборудования.

Те, кто работал или имел отношение к сборочно-монтажным производствам, сталкивался с подобными проблемами. И очевидно, что такие проблемные области никакой «инновацией» не являются.

Какой процент от общего доступного времени остается после последовательного анализа показателя общей эффективности работы оборудования с учетом всех указанных выше проблем? Опыт Остек-СМТ в данной области говорит о неудовлетворительных результатах: на большинстве отечественных производств – это 25-35 %. Только ¼ часть общего времени расходуется непосредственно на производство. Какими были бы отечественные производства, если бы значение показателя всеобщей эффективности оборудования составляло хотя бы 50 %? Об этом мы расскажем в следующем номере. 

ПРОДОЛЖЕНИЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ.

# ТЕХПОДДЕРЖКА

## Итоги первой всероссийской конференции пользователей систем периферийного сканирования JTAG Technologies

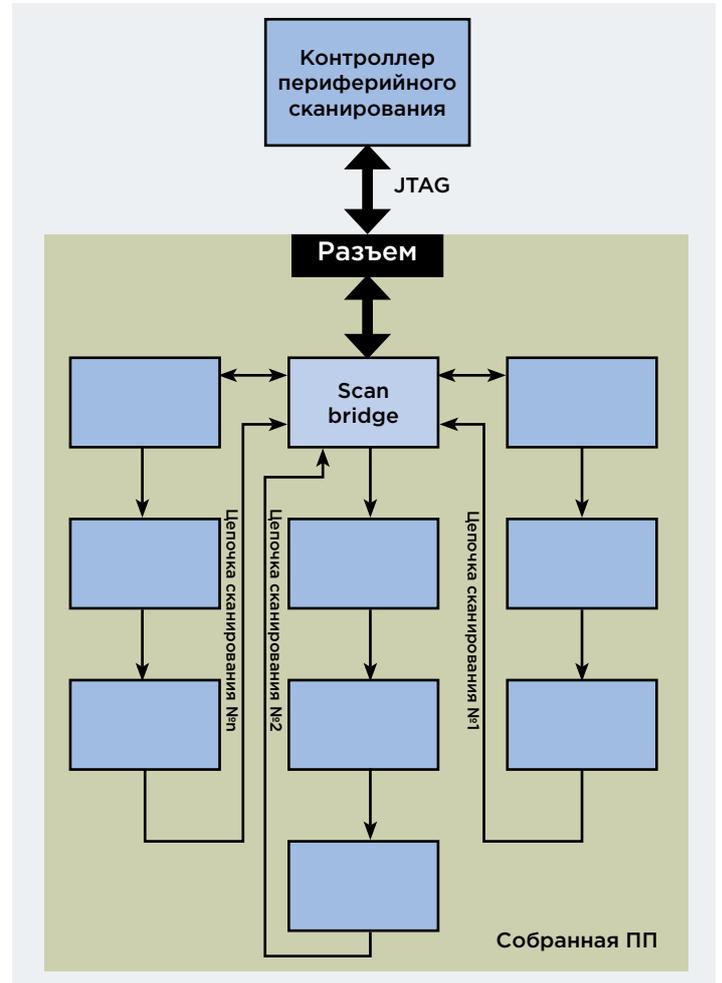
Текст: **Алексей Иванов**

В июне в Санкт-Петербурге прошла первая всероссийская конференция пользователей систем периферийного сканирования JTAG Technologies, собравшая инженеров более чем с 20 отечественных предприятий. География предприятий-участников включает Санкт-Петербург, Москву, Красноярск, Тулу, Саратов, Самару, Ульяновск, Уфу. Конференция проходила на комфортабельном теплоходе, который прошел путь от Дворцовой набережной до Кронштадта и обратно.

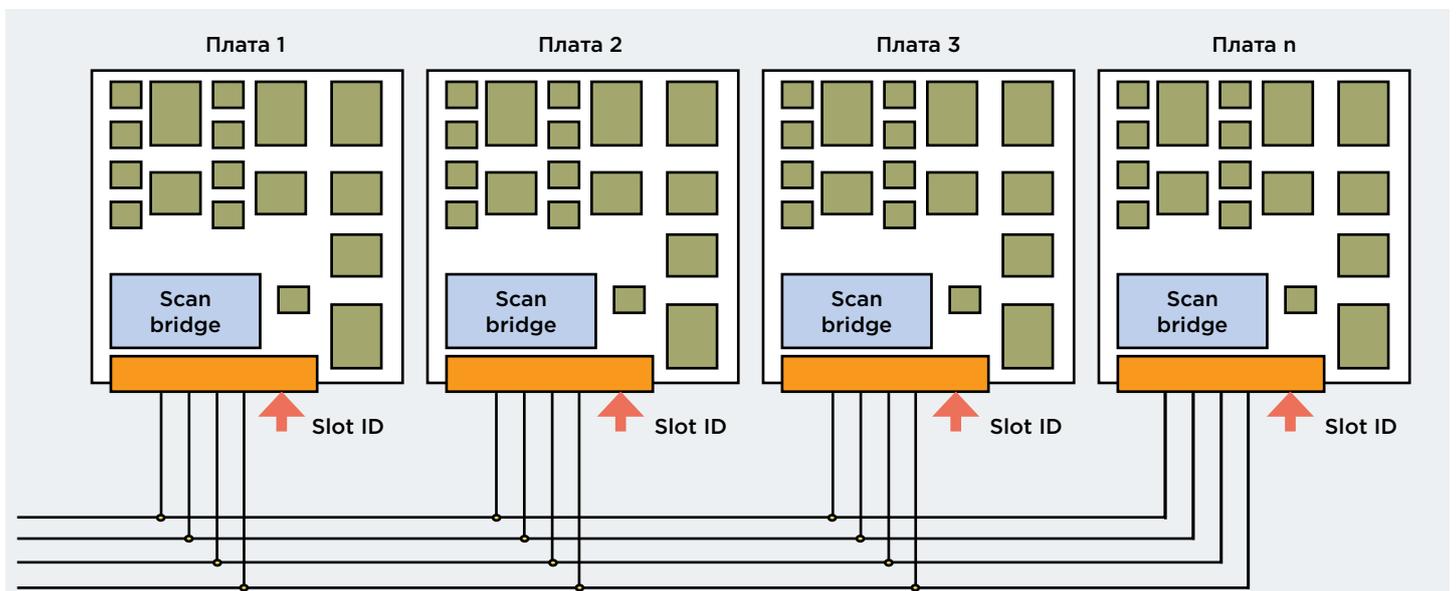
Уникальность прошедшего мероприятия заключена в том, что основное внимание было уделено не продукции компании JTAG Technologies, а техническим докладам инженеров, использующих ее программно-аппаратные средства в повседневной жизни. Докладчики поделились с коллегами различными методиками создания тестов периферийного сканирования, обсудили пути решения нестандартных задач, показали высококлассные примеры проектов, созданных в программах JTAG ProVision и JTAG Live Studio.

Приведем краткий обзор докладов конференции.

В докладе Виктора Ли, инженера ООО НПП «НТТ», Санкт-Петербург, были представлены достоинства применения в сложных цифровых изделиях коммутационных микросхем JTAG-интерфейса. При большом количестве цепочек из компонентов, поддерживающих периферийное сканирование, на плате возникают неудобства при размещении множества отдельных JTAG-разъемов. К тому же количество TAP-портов контроллера может оказаться меньше, чем разъемов. А такие сложные платы все чаще производятся российскими производителями. Все эти трудности можно решить, используя в схеме специальные микросхемы, мультиплексирующие JTAG-интерфейс (англ. – scan bridge). Такие микросхемы, вполне доступные на рынке, имеют, как правило, один первичный TAP-порт, который и выходит на единственный внешний JTAG-разъем платы, и несколько вторичных, предназначенных для коммутации внутренних JTAG-цепочек платы рис 1. Применение таких микросхем на платах позволяет также тестировать их в составе сборки, где они объединяются в систему с помощью той или иной кросс-платы. Часто мультиплексирующие JTAG-микросхемы имеют адресацию, что открывает путь к тестированию целых блоков с произвольным выбором плат, которые требуется проверять или программировать в рамках текущей задачи рис 2. В докладе было рассказано о критериях выбора таких микросхем, нюансах работы с ними, использовании в JTAG ProVision. Выпускаются JTAG-мультиплексоры различными компаниями, однако не все они удобны в применении, и не у каждого производителя открыта документация.



1 Использование микросхемы JTAG-мультиплексора в рамках одной платы



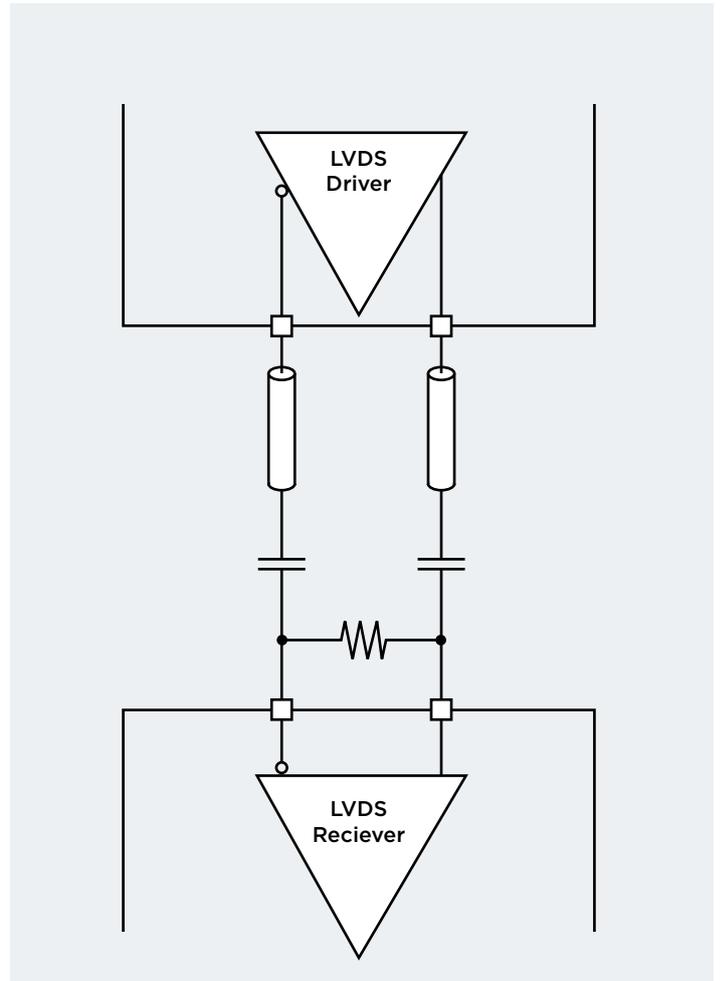
2 Использование микросхем JTAG-мультиплексоров для тестирования плат в составе системы

Второй доклад Виктора Ли был посвящен опыту использования при тестировании плат стандарта IEEE 1149.6. Это расширение стандарта IEEE 1149.1, позволяющее тестировать высокоскоростные соединения, представляющие собой дифференциальные пары и часто развязанные конденсаторами рис 3. Классический стандарт периферийного сканирования 1149.1 в этом случае не справится с тестированием, выдав ложные сообщения о дефектах, расценив емкость как обрыв, или не обнаружив дефект, если обрыв произошел на одной из двух линий дифпары. Стандарт IEEE 1149.6 добавляет поддерживающей его микросхеме дополнительные структуры к обычным ячейкам периферийного сканирования, позволяющие генерировать и детектировать импульсы, а также отдельно тестировать линии дифпар. До недавнего времени этот стандарт воспринимался как нечто экзотическое, так как немногие микросхемы его поддерживали, даже имея высокоскоростные интерфейсы. Теперь количество таких микросхем растет, и они появляются и на отечественных изделиях. Было отмечено, что JTAG ProVision поддерживает выполнение тестов и диагностику дефектов на линиях с 1149.6. В процессе работы были обнаружены обрывы, короткие замыкания, замыкания на землю и питание.

Существует метод, альтернативный тестированию высокоскоростных линий с помощью IEEE 1149.6 – это технология BERT (Bit Error Rate Testing). Ее суть в том, что на рабочей скорости передается большое количество тестовых пакетов, затем анализируется количество корректно принятых данных. Эта возможность должна поддерживаться процессором и не имеет отношения к периферийному сканированию, будучи реализована в ядре. Недостаток заключается в том, что технология не стандартизирована как IEEE 1149.6 или 1149.1, поэтому создание таких тестов представляет собой долгий и кропотливый труд, а также требует квалификации разработчика цифровой электроники. Преимущество BERT – еще более высокочастотная реализация тестирования, позволяющая диагностировать не только грубые дефекты монтажа, но и скрытые, например, холодную пайку, некачественное изготовление ПП и т. п.

Алексей Бутыко, инженер Самарского государственного Аэрокосмического Университета им. академика С. П. Королева (СГАУ), рассказал о первой в России образовательной программе дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) по JTAG-технологиям. Несмотря на значительную потребность предприятий в специалистах, владеющих методами тестопригодного проектирования и производственной диагностики, подготовку или переподготовку специалистов в данной области практически не проводит ни один отечественный ВУЗ. СГАУ давно сотрудничает с российским представительством JTAG Technologies и имеет лабораторию, оснащенную учебными платами, контроллерами периферийного сканирования и ПО JTAG ProVision.

В процессе обучения приобретаются навыки анализа те-



3 Пример высокоскоростной дифференциальной линии: обычный тест периферийного сканирования расценил емкость как обрыв

стопригодности проектируемых изделий с использованием программного пакета ProVision, создания диагностических проектов цифровых систем любой степени сложности, оптимального выбора элементной базы проектируемого изделия с учетом соотношения стоимостных затрат и степени тестового покрытия, подготовки исходных данных проекта, интерпретации результатов диагностики изделия. Также учащиеся получают знания о современных методах контроля электронных систем, принципе построения и функционирования JTAG-интерфейса и функциональных возможностях и особенностях использования программного пакета ProVision. Срок обучения – 72 часа, включающих как лабораторные, так и лекционные занятия.

Тест кластеров (компонентов без поддержки периферийного сканирования) в большинстве случаев обеспечивает самую весомую часть тестового покрытия цифрового изделия. Ведь на плате может быть всего один компонент, поддерживающий стандарт IEEE 1149.1, а все остальное – окружающая периферия, тестируемая за счет JTAG-логики основного компонента. Часто тесты кластеров создаются с помощью автоматической генерации на основе моделей,

уже имеющихся в ПО для создания приложений периферийного сканирования. Но порой приходится создавать тесты с помощью сред программирования (когда, например, требуется более расширенное тестирование). Доклад инженера технической поддержки JTAG Technologies Гиви Чхутиашвили описал разработку и запуск скрипта в среде JFT (JTAG Functional Test) в режиме реального времени. Полученный тест был тут же запущен на тренировочной плате JT2156. Основное внимание уделялось тонкостям разработки скриптов многоразового использования (модулей Python). Единожды написанный тестовый скрипт можно не только использовать многократно в одном и том же или разных проектах, но и привязывать его к нетлисту автоматически. Как это сделать – было продемонстрировано в докладе.

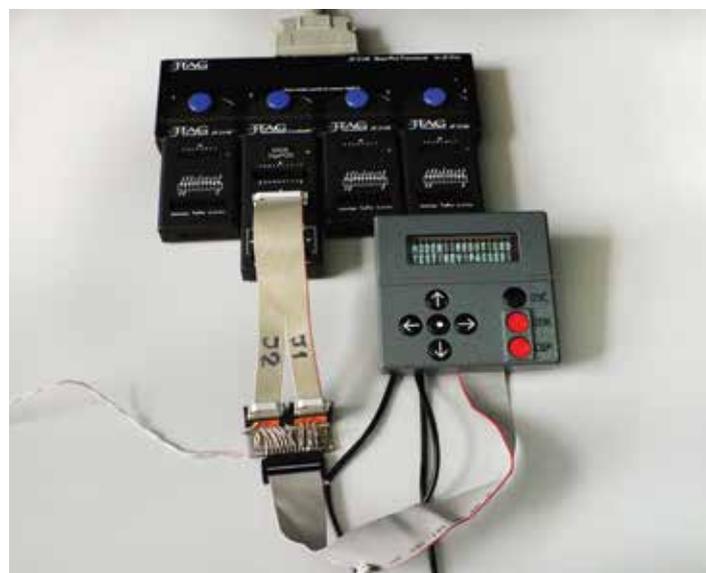
Очень интересным и полезным с прикладной точки зрения был доклад Владислава Щербины из ВНИИА им. Н. Л. Духова, посвященный различным трудностям, с которыми столкнулись сотрудники предприятия в процессе программирования ПЗУ, микроконтроллеров и ПЛИС с использованием технологии периферийного сканирования.

Доклад состоял из нескольких частей. В первой части рассматривалось решение проблемы тестирования связей ПЗУ, установленных на плате. На участок тестирования поступали платы с уже запрограммированными микросхемами флэш, поэтому стандартное тестирование шин адреса и данных, реализованное на основе готовой модели флэш-памяти в JTAG ProVision, не подошло, так как такой метод может нарушить записанные данные. Но существует также и другой метод создания тестов кластеров, менее автоматизированный, позволяющий рассматривать электронный компонент как «черный ящик», подавая воздействия и считывая отклик. В случае с флэш-памятью метод сводится к установке определенных адресов и считыванию из них данных, которые заранее известны. Естественно, общая универсальная модель не может учитывать такие частные случаи с уже запрограммированными данными. Реализованный специалистами ВНИИА тест в JTAG ProVision требует входных файлов с описанием воздействий и откликов. Для простой логики такие файлы нетрудно создать вручную, а вот для флэш-микросхем легче создать программу, конструирующую их на основе файлов данных ПЗУ, что и было реализовано. Такой подход, как оказалось, можно использовать и при программировании ПЗУ небольшого объема на платах в отсутствие опции автоматического создания приложений для прошивки флэш в JTAG ProVision. Также данный метод может быть полезен как инструмент визуализации и быстрой локализации неисправности после неудачной прошивки ИМС.

Вторая часть доклада была посвящена программированию микроконтроллеров Microchip PIC32 через JTAG-интерфейс и нюансам процесса. В третьей части были представлены достоинства применения стандарта IEEE 1532 при программировании ПЛИС с помощью JTAG. Этот

стандарт (который появился в 2000 году) является дополнением к IEEE 1149.1 и унифицирует программирование ПЛИС. Устройства, соответствующие данному стандарту (независимо от производителя), могут конфигурироваться, стираться и считываться и верифицироваться как в одиночку, так и одновременно (если они объединены в цепочку). Алгоритм программирования должен быть описан отдельным разделом в BSDL-файле, содержащем информацию о 1532. Стандарт поддерживается в JTAG ProVision. Специалисты из ВНИИА столкнулись с тем, что имелся только файл проекта формата POF (применяется программатором ByteBlaster), который не может использоваться автоматическим ПО для создания приложений для программирования. JTAG ProVision поддерживает только генерацию приложений на основе файлов SVF, JEDEC, STAPL и IEEE 1532. Тем не менее, именно стандарт IEEE 1532 позволяет решить проблему, клонировав конфигурацию из запрограммированной ПЛИС. Не обошлось и без трудностей по вине производителей ПЛИС, некорректно описывающих логику 1532 в своих моделях. Возможности решения этих трудностей также были рассмотрены в докладе. Отметим, что для применения операций стандарта IEEE 1532 его должна поддерживать соответствующая микросхема.

Доклад Натальи Ивченко из ЗАО СБТ, Зеленоград, был посвящен использованию среды JFT и языка Python для создания полноценных функциональных тестов законченных изделий. Интересен тот факт, что тестируемое изделие (пулт управления) не имеет в своем составе JTAG-компонентов, поэтому для его тестирования использовался доступ DIOS-модуля – цифрового модуля ввода-вывода, подключенного к контроллеру периферийного сканирования – к внешним разъемам. Тестируемый пулт управления **рис 4** имеет двухстрочный знакосинтезирующий индикатор и тактовые кнопки (8 штук). Тестирование проводится



**4** Подключение тестируемого изделия к контроллеру периферийного сканирования (используются только каналы DIOS)

в два этапа: проверка индикатора и проверка кнопок. Весь тест полностью написан на языке Python. Для удобства пользователя создан графический интерфейс с помощью подключенной внешней библиотеки Tkinter (в свободном доступе) рис 5. На первом этапе на индикаторе формируется бегущая строка, выполняя проверку всех знакомств. На втором этапе происходит проверка на залипание кнопок и анализ реакции на нажатие кнопок. При завершении тестирования кнопок в нижней строке высвечивается результат тестирования ПУ.

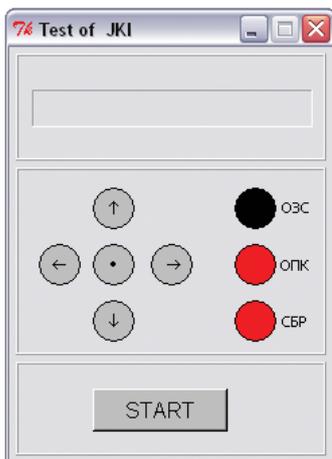
Доклад Натальи Ивченко показывает, что системы периферийного сканирования можно применять не только для проверки плат на наличие дефектов монтажа (структурное тестирование), но и для функциональной проверки блоков, даже без микросхем, поддерживающих периферийное сканирование. При этом JTAG ProVision позволяет объединить тесты, использующие периферийное сканирование по прямому назначению, и функциональные тесты в одну последовательность. Подобные функциональные тесты, созданные с помощью среды программирования JFT и языка Python, можно сделать не только в JTAG ProVision, но и в программном пакете JTAG Live Studio. Последний также имеет в своем составе среду программирования (Script), базирующуюся на Python.

Особый интерес представляет доклад Ивана Дергунова из АО «НИИ ТП», посвященный интеграции приложений, разработанных в JTAG ProVision, в среду LabVIEW. Данный вопрос волнует многих инженеров, занятых тестированием, так как на предприятиях радиоэлектронной промышленности широко используется оборудование и ПО National Instruments. Естественно возникает вопрос: можно ли тестовые приложения формата ProVision запускать с помощью данных средств, на базе которых на отечественных предприятиях часто построены универсальные стенды контроля. JTAG Technologies предлагает «Пакеты интеграции», позволяющие выполнить эту задачу, но без реальных примеров инженерам трудно понять, насколько просто

или сложно их использовать. Доклад показал, что процесс создания тестовых алгоритмов в LabVIEW с использованием JTAG-тестов – вполне простой и технически несложный процесс. Можно не только запускать приложения, но и выводить результаты тестирования и диагностики. Весь процесс интеграции был показан по шагам, а также представлен пример тестовой программы в LabVIEW. Специалисты НИИ ТП организовали рабочее место не только с программной, но и с аппаратной интеграцией периферийного сканирования в функциональные тестеры на базе шасси PXI рис 6. Контроллер периферийного сканирования имеет не привычный всем пользователям настольный вид, а выполнен в виде карты PXIe. Внешним является только разветвитель QuadPOD на четыре JTAG-порта.

Следующим стало выступление Константина Храмцова из ООО «МСД Холдинг», Санкт-Петербург, использующего для тестирования изделий ПО JTAG Live Script. Изделие представляет собой лазерную быстродействующую систему диагностики контактного провода «Износ». В отсутствие автоматических средств проектирования тестов, таких как ProVision или AutoBuzz, инженерам пришлось создать скрипт на языке Python, изучающий соединения «золотой платы», BSDL-модели JTAG-компонентов и создающий файлы с полученными связями. Эти файлы затем используются для тестирования других, потенциально неисправных, плат и сравнения их межсоединений с эталоном. Прделанная работа показывает, что при грамотном и творческом подходе можно реализовать автоматический тест и диагностику плат даже с минимальным набором программных средств.

Конференция прошла под девизом: «Нет ничего невозможного!». Хорошие средства проектирования тестов, помноженные на творческий потенциал и квалификацию инженеров, позволяют решать любые задачи, связанные с тестированием цифровой электроники. ▽



5 Созданная пользователем в JTAG ProVision графическая оболочка для функционального тестирования модема



6 Интегрированное решение, объединяющее функциональный тестер с контроллером периферийного сканирования

# через 10 лет интенсивной эксплуатации



антистатическая промышленная мебель GEFESD останется столь же надежной.

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

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



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



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

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



будущее  
создается

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

