

01 (51) март 2021

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал

СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

Антон Большаков

12 ЧТОБЫ БЫТЬ ЭФФЕКТИВНЫМ
ПРЕДПРИЯТИЕМ – НУЖЕН
ХОРОШИЙ ПАРТНЕР

ТЕХНОЛОГИИ

Дмитрий Суханов

20 МИНИАТЮРНЫЕ
ФОТОННЫЕ СЕНСОРЫ
ИЛИ «НОВЫЙ ВЗГЛЯД»
НА МНОГОУРОВНЕВЫЕ
ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

ОПТИМИЗАЦИЯ

Александр Савельев
Денис Поцелуев

40 АВТОМАТИЗАЦИЯ
СМЕШИВАНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
СИЛИКОНОВЫХ КОМПАУНДОВ –
МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

30 ЛЕТ



СОДЕЙСТВУЕМ
РАЗВИТИЮ



18-я Международная выставка технологий,
оборудования и материалов для производства
изделий электронной и электротехнической
промышленности

13–15 апреля 2021

Москва, Крокус Экспо

electrontechexpo.ru

Получите
бесплатный билет
по промокоду **ete21eETEI**





Дорогие читатели!

В год 30-летнего юбилея Остека самым лучшим подарком для нас станет встреча с вами на выставке ЭлектронТехЭкспо 2021. Мероприятие пройдет с 13 по 15 апреля в МВЦ Крокус Экспо.

Стоит ли проводить выставку в области технологий производства микроэлектроники и электронной аппаратуры один раз в год или достаточно одного раза в два года – частый вопрос, который обсуждали и обсуждают участники и организаторы выставок. Отмена выставки 2020 года из-за пандемии даёт возможность это проверить.

Два года для нашей динамично развивающейся высокотехнологичной отрасли – это значимый срок. В начале 2020 была принята «Стратегия развития электронной промышленности Российской Федера-

ции на период до 2030 года», сейчас активно внедряются инструменты ее реализации. Уверен, что каждый из вас найдет для себя много интересного и полезного в области технологий, материалов и оборудования на стендах экспонентов и во время дискуссий деловой программы!

Я хорошо помню наши чувства в связи с отменой ЭлектронТехЭкспо 2020: мы почти год готовимся к этому событию, а за месяц до начала все отменяется. Поэтому в апреле этого года наша встреча с вами будет особенно ценной и долгожданной!

Ждем вас на нашем стенде на выставке ЭлектронТехЭкспо 2021!

**Директор по маркетингу
Антон Большаков**

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- 4 30 лет содействуем развитию: Остек на выставке ЭлектронТехЭкспо 2021
- 6 Остек приглашает на дискуссионный баттл «Отечественная продукция: по заказу государства или по законам рынка?»
- 7 Остек-Интегра примет участие в ежегодной Премии Electronica
- 8 Остек-СМТ: весенняя серия вебинаров для сборочно-монтажных производств РФА
- 9 Итоги вебинара «Гетерогенная интеграция – расширение возможностей для производства микроэлектроники»
- 9 EV Group открыла современный центр обучения партнеров – Академию EVG
- 10 Остек-СМТ на выставке ЭлектронТехЭкспо 2021
- 10 Стенд электротермотренировки ДетерминалМИК



ТЕХНОЛОГИИ стр. 20

СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

ЧТОБЫ БЫТЬ ЭФФЕКТИВНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ – НУЖЕН ХОРОШИЙ ПАРТНЕР. ИНТЕРВЬЮ С С. К. ГАФТОМ 12

Автор: Антон Большаков

ТЕХНОЛОГИИ

МИНИАТЮРНЫЕ ФОТОННЫЕ СЕНСОРЫ ИЛИ «НОВЫЙ ВЗГЛЯД» НА МНОГОУРОВНЕВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 20

Автор: Дмитрий Суханов

СПЕЦИФИКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОЗВУКОВОЙ СВАРКИ МЕДНОЙ ПРОВОЛОКОЙ ВЫВОДОВ МИКРОСХЕМ, КОМПОНЕНТОВ И СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 26

Автор: Владимир Иванов

КАЧЕСТВО

УДАЛЯЕМ ВЛАГОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ – БЫСТРО, ТОЧНО, БЕЗОПАСНО 36

Авторы: Юрий Ковалевский, Владимир Мейлицев



ТЕХНОЛОГИИ стр. 26



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 40



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 46

АВТОРЫ НОМЕРА

- Антон Большаков**
 Директор по маркетингу
 ООО «Остек-Групп»
 marketing@ostec-group.ru
- Дмитрий Суханов**
 Заместитель технического директора
 по продуктам для полупроводниковых
 производств ООО «Остек-ЭК»
 micro@ostec-group.ru
- Владимир Иванов**
 Ведущий специалист группы пресейл-
 инженеров Технического управления
 ООО «Остек-ЭК»
 micro@ostec-group.ru
- Юрий Ковалевский**
 Журнал «Электроника: НТБ»
 journal@electronics.ru
- Владимир Мейлицев**
 Журнал «Электроника: НТБ»
 journal@electronics.ru
- Александр Савельев**
 Главный специалист технического
 сопровождения ООО «Остек-Интегра»
 materials@ostec-group.ru
- Денис Поцелуев**
 Начальник отдела продаж
 ООО «Остек-Интегра»
 materials@ostec-group.ru
- Алексей Белоусов**
 Главный специалист технической
 поддержки отдела метрологических
 решений ООО «Остек-АртТул»
 info@arttool.ru
- Иван Архипов**
 Начальник отдела метрологических
 решений ООО «Остек-АртТул»
 info@arttool.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕШИВАНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ
 ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИЛИКОНОВЫХ КОМПАУНДОВ –
 МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ? 40**

Авторы: Александр Савельев, Денис Поцелуев

ТЕХПОДДЕРЖКА

**ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ. 46**

Авторы: Алексей Белоусов, Иван Архипов

30 ЛЕТ СОДЕЙСТВУЕМ РАЗВИТИЮ:

Остек на выставке «ЭлектронТехЭкспо 2021»

В этом году Группа компаний Остек отмечает 30-летний юбилей.

История компании – это история развития. История не старения, а вечной молодости. 30 лет мы вместе с нашими клиентами и партнерами внедряли инновационные технологии, реализовывали комплексные производственные проекты, находили новые способы решения самых сложных задач и, конечно, развивали отрасль и развивались сами. Сегодня мы продолжаем изучать новые технологии и решения, разрабатывать новые продукты и услуги; мы продолжаем развиваться и содействовать развитию каждого клиента и партнера, всей электронной отрасли.

Приглашаем вас вместе отметить начало нашего четвертого десятилетия.

С 13 по 15 апреля ждем вас в МВЦ «Крокус Экспо» на выставке ЭлектронТехЭкспо, первом бизнес-событии офлайн электронной отрасли в 2021.

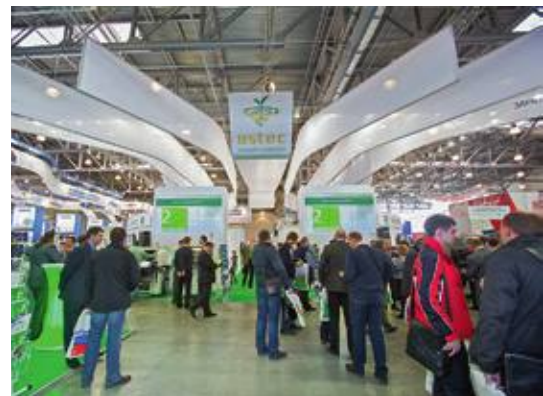
Вместе с организаторами выставки мы подготовили насыщенную деловую программу, которая постоянно формируется и дополняется. Следите за обновлениями на наших сайтах, а также в официальных пабликах Остека в Facebook, ВКонтакте и Instagram.



2015



2014



2013



2009



2008



2007

Как нас найти на выставке:

МВЦ «Крокус Экспо»,
павильон № 3, зал 14,
стенды А3017, А3027

Время работы выставки:

13 апреля 10:00-18:00

14 апреля 10:00-18:00

15 апреля 10:00-16:00

Для получения бесплатного
входного билета введите про-
мокод **ete21eTEI** на сайте.



<https://electrontechexpo.ru/Rus/get-a-ticket>



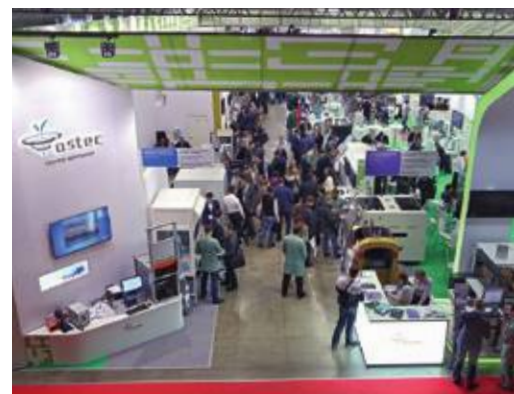
2019



2018



2017



2016



2012



2011



2010



2006



2005

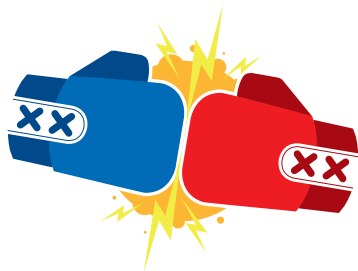


2004

ОСТЕК ПРИГЛАШАЕТ НА ДИСКУССИОННЫЙ БАТТЛ «ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ: ПО ЗАКАЗУ ГОСУДАРСТВА ИЛИ ПО ЗАКОНАМ РЫНКА?»

С 13 по 15 апреля в рамках деловой программы выставок ExproElectronica и ElectronTechExpo 2021 пройдет Форум российских производителей электроники, включающий крупные отраслевые мероприятия с участием представителей государственных и общественных организаций, а также руководства ведущих компаний, где участники смогут поделиться реальным опытом, разобрать бизнес-кейсы и обсудить актуальные вопросы отрасли.

Словесная дуэль лидеров русской электронной промышленности



Одним из ключевых мероприятий Форума станет Дискуссионный баттл, в котором две стороны вступят в словесную дуэль и попробуют разобраться в вопросе: «Отечественная продукция: по заказу государства или по законам рынка?». Модератором баттла выступит директор по маркетингу Группы компаний Остек Антон Большаков.

15 апреля 12.30-14.00

Обсуждаемые вопросы:

- В чем ключ к успеху: в господдержке или в самостоятельном поиске новых рынков сбыта?
- Импортозамещение – копировать или создавать оригинальное?
- Отечественная продукция: только для внутреннего рынка или может быть востребована за рубежом?
- Спрос рождает предложение или предложение спрос: развиваться согласно запросам рынка или согласно внутренним ресурсам предприятия?
- Что важнее: хороший продукт или хорошее продвижение продукта?

Перед началом дискуссии зрители путем голосования выберут три самых актуальных вопроса и, в первую очередь, обсудят именно их.

Соорганизаторы мероприятия:
компания Hyve Group и Группа компаний Остек.

Организаторы:



Модератор: Антон Большаков,
Директор по маркетингу Группы компаний Остек

15 апреля 2021
12:30-14:00

Крокус Экспо, пав.3, зал 14,
Главный зал

Дискуссионный баттл

**"Отечественная продукция:
по заказу государства
или по законам рынка?"**





ОСТЕК-ИНТЕГРА ПРИМЕТ УЧАСТИЕ В ЕЖЕГОДНОЙ ПРЕМИИ ELECTRONICA

Премия ELECTRONICA – независимая бизнес-премия, направленная на поддержку и продвижение лучших примеров по повышению эффективности работы предприятий, росту продаж, инновационным разработкам, маркетинговым стратегиям в электронной промышленности России и смежных областях.

Цель Премии – отметить достижения российских и иностранных компаний электронной и электротехнической индустрии на российском рынке.

- Выбор победителей производится отраслевым и посетительским сообществом, а не отдельными экспертами. Отраслевое сообщество – участники выставок, посетительское сообщество – посетители выставок ExpoElectronica и ElectronTechExpo.
- Ключевой критерий во всех номинациях – ценность продукта для конечного потребителя и востребованность на рынке.
- Соответствие номинаций стратегии развития отрасли.

Оценка Номинантов производится по номинациям:

- **Категория:** Микро- и нано-электроника
- **Номинация:** за вклад в развитие технологий производства микро- и наноэлектроники.

- **Категория:** Контрактное производство и разработки
- Номинация:** за вклад в развитие возможностей производственного аутсорсинга и аутсорсинга разработок электроники в России.

- **Категория:** Силовая электроника
- Номинация:** за вклад в развитие технологий силовой электроники в России.

- **Категория:** Доверенная платформа
- Номинация:** за вклад в разработки и внедрение доверенных программно-аппаратных платформ.

- **Категория:** Локализация
- Номинация:** за вклад в развитие локализации производства в России.

- **Категория:** Базовые технологии производства электроники
- Номинация:** за вклад в развитие базовых технологий и материалов.

- **Категория:** Российские дистрибьюторы оборудования и представительства зарубежных компаний
- Номинация:** за вклад в развитие российских заказчиков и партнеров.

- **Категория:** Российские дистрибьюторы ЭК
- Номинация:** за вклад в создание устойчивых каналов поставок и технической поддержки.

В этом году премия впервые проводится в рамках выставок ExpoElectronica и ElectronTechExpo 2021.

Компания Остек-Интегра представляет свои достижения в двух категориях:

- Контрактное производство и разработки.



- Российские дистрибьюторы оборудования и представительства зарубежных компаний.



В карточку каждого номинанта добавлена Кнопка «Голосовать». Вы можете отдать свой голос понравившейся компании в той или иной категории.

15 апреля пройдет торжественная церемония награждения Лауреатов Премии.

Ознакомиться со всеми номинантами можно по ссылке.

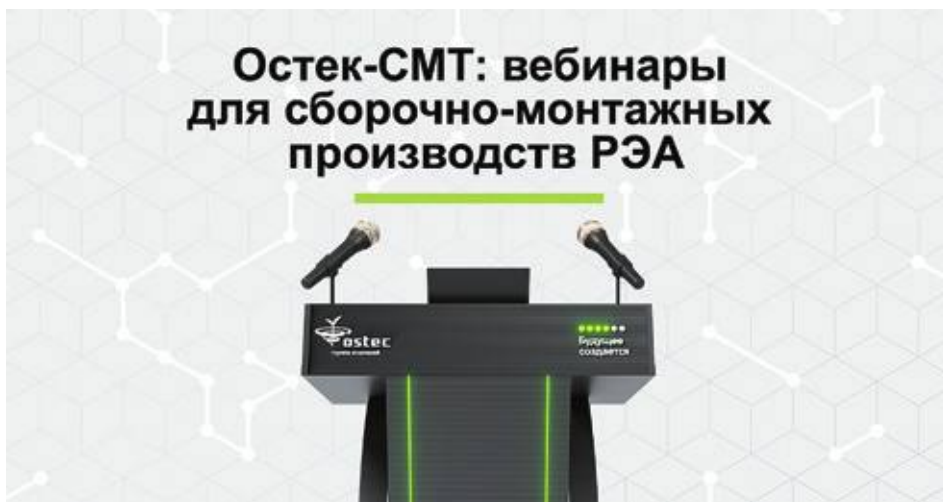


ОСТЕК-СМТ: ВЕСЕННЯЯ СЕРИЯ ВЕБИНАРОВ ДЛЯ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ РЭА

Остек-СМТ приглашает вас принять участие в серии вебинаров «Современное технологическое оборудование для решения актуальных задач сборочно-монтажного производства РЭА».

В современных условиях, когда онлайн-мероприятия стали практически единственным источником общения и обмена знаниями в профессиональной среде, очень важно не упускать возможность оставаться в курсе современных технологических течений.

На наших вебинарах специалисты Остек-СМТ расскажут о тенденциях и особенностях технологий, продемонстрируют работу решений и ответят на вопросы участников.



Онлайн-семинары будут интересны технологам и главным технологам, начальникам производств, техническим директорам сборочно-монтажных производств РЭА.

Продолжительность каждого вебинара составляет 2 часа.

Участие бесплатное, количество мест ограничено.

За дополнительной информацией обращайтесь к Наталии Мосоловой по электронной почте:

Mosolova.N@ostec-group.ru

Будем рады видеть вас на наших вебинарах!

РАСПИСАНИЕ

Тема: **Нюансы селективной пайки**

- Специфика пайки плат с различными финишными покрытиями
- Особенности работы с различными флюсами: VOC и VOC-free
- Пайка по бессвинцовой технологии
- Требования к компонентам и конструкции изделия для селективной пайки
- Требования к материалам печатных плат
- Процедуры мониторинга стабильности процесса пайки

Дата: 24.03.2021. Начало в 10.00.

Регистрация: по ссылке



Тема: **Нюансы технологии селективной влагозащиты. Практика нанесения иностранных и отечественных материалов**

- Возможности современных систем селективной влагозащиты
- Подбор аппликатора в зависимости от применяемого материала
- Нанесения влагозащитного геля
- Использование двухкомпонентных материалов
- Демонстрация установки селективной влагозащиты SL-940. Обзор нанесения однокомпонентного материала на тестовую плату

Дата: 31.03.2021. Начало в 10.00.

Регистрация: по ссылке



Тема: **Современные ремонтные центры**

- Автоматический ремонт от 01005 до сверхбольших плат
- Особенности и нюансы сложного ремонта
- Вспомогательные процессы ремонта: зачистка платы после демонтажа компонента
- Вспомогательные процессы ремонта: нанесение флюса и/или паяльной пасты
- Демонстрация возможностей ремонтного центра ERSA HR550

Дата: 07.04.2021. Начало в 10.00.

Регистрация: по ссылке



ИТОГИ ВЕБИНАРА «ГЕТЕРОГЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ – РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

В феврале 2021 года специалисты компании «Остек-ЭК» провели вебинар, посвященный теме гетерогенной интеграции как возможности для расширения производства микро-

электроники. Вебинар прошел при технологической поддержке компании EVG, Австрия, <https://www.evgroup.com/>.

На вебинаре обсуждались особенности технологии гетерогенной интеграции и возможности, которые открываются для микроэлектронных производств благодаря ей, также было показано оборудование для процессов гетерогенной интеграции, представлены примеры структур, полученных на оборудовании компании EVG после проведения различных

процессов бондинга – основы гетерогенной интеграции.

Слушатели проявили большой интерес к темам вебинара, задавали различные вопросы, приняли активное участие в опросах и тестах.

Благодарим всех за участие в нашем мероприятии!

Если у вас есть вопросы и пожелания по темам будущих вебинаров, направляйте их на электронную почту: micro@ostec-group.ru.

EV GROUP ОТКРЫЛА СОВРЕМЕННЫЙ ЦЕНТР ОБУЧЕНИЯ ПАРТНЕРОВ – АКАДЕМИЮ EVG

EV Group (EVG), партнер компании Остек-ЭК и ведущий поставщик оборудования для процессов бондинга пластин и литографических процессов на рынке по производству МЭМС, нанотехнологий и различного рода полупроводниковой продукции, объявила об открытии Академии EVG – учебного центра для партнеров. Центр предоставляет техническое обучение по всем классам оборудования EVG, а также по программной платформе EVG CIM Framework.

Академия EVG расположена в штаб-квартире EVG в Австрии в новом здании площадью 800

квадратных метров, созданным в тандеме с недавно завершившимся проектом расширения площадей чистых помещений Cleanroom V. В Академии доступны углубленные многоуровневые курсы обучения, на которых партнеры могут получить квалификацию для выполнения базового ремонта и профилактического обслуживания оборудования EVG без необходимости обращаться в службу поддержки EVG. Академия предоставляет своим партнерам большие возможности и гибкость в обслуживании всех типов оборудования, служит центром образования и обучения в глобальном масштабе.

Академия EVG состоит из восьми отдельных учебных зон: по одной для каждого основного класса оборудования, а также четырех учебных классов и специального класса для обучения по работе с электрикой и механикой.

Благодаря дополнительной площади Академия также расширила количество и типы установок, доступных для обучения, включая полностью автоматизированные платформы для крупносерийного производства (HVM), такие как автоматизированная производственная система бондинга пластин GEMINI®FB с системой совмещения последнего поколения SmartView®NT3 и автоматизированная производственная система прямого бондинга BONDSCALE®.

Академия EVG открыта для обучения. Получить более подробную информацию о предоставляемых возможностях можно у официального представителя EVG – компании «Остек-ЭК» по телефону: +7 495 788-44-44 или по email: info@ostec-group.ru, ostec.micro@gmail.com.

ОСТЕК-СМТ НА ВЫСТАВКЕ

ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО 2021

С 13 по 15 апреля компания Остек-СМТ примет участие в «ЭлектронТехЭкспо 2021» в МВЦ «Крокус Экспо», Москва.

ЭлектронТехЭкспо – это первое офлайн бизнес-событие электронной отрасли в 2021 году и прекрасная возможность не только познакомиться с новыми решениями и технологиями, но и снова пообщаться с коллегами, партнерами и друзьями.

Команда Остек-СМТ представит на выставке концепцию цифрового сборочно-монтажного производства. Вы сможете:

- окунуться в атмосферу цифрового производства;
- обсудить актуальные и перспективные задачи производства;



- познакомиться с нашим мобильным сервисным приложением **Ostec Service**.
- Ждем вас в павильоне № 3, зале № 14 на стендах А3017, А3027.

Для получения бесплатного входного билета введите промокод **ete21eETEI** на сайте.

Будем рады встрече с вами!

СТЕНД ЭЛЕКТРО- ТЕРМОТРЕНИРОВКИ

ДетерминалМИК

В конце года традиционно закрывается много проектов – это специфика работы предприятий нашей отрасли, и мы к ней давно привыкли. Но среди большого количества проектов всегда можно выделить особенные. Одним из таких проектов стал запуск стенда электротермотренировки ДетерминалМИК, разработанный специалистами ООО «Остек-Электро».

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Испытательная камера*	
Объем, л	400
Температура нагрева макс., °С	150
Теплопроизводительность макс, кВт	4
Длительность испытаний макс.	Непрерывно
Возможность программирование температурного профиля	Есть
Блок питания*	
Напряжение, В	0-9
Ток, А	0-15
Мощность, Вт	800
Регуляция напряжения/тока	Ручное

* параметры приведены для каждой отдельной камеры и блока питания

Стенд электротермотренировки ДетерминалМИК был введен в эксплуатацию в Зеленограде для одного из крупнейших производителей микросхем в России. Стенд предназначен для испытаний интегральных микросхем при воздействии температуры и электрических импульсов на безотказность (ОСТ 11 073.013 метод 700-1,700-2.1) и испытаний на воздействие повышенной температуры рабочей среды (ОСТ 11 073.013 метод 204). Его основное назначение – выявлять дефекты компонентов на ранней стадии и отсортировать потенциально бракованные микросхемы.

Стенд имеет четыре независимо управляемые термоизолированные испытательные камеры по 20 слотов для загрузочных плат. В каждой камере можно установить свой температурный режим испытаний, что особенно удобно, если у вас многономенклатурное производство небольшой серийности. Также есть четыре регулируемых блока питания 9В 15А, т. е. по одному блоку на каждую испытательную камеру; специальный отсек автоматики и управления температурным профилем.

В испытательные камеры стенда загружаются платы с установленными в них испытуемыми изделиями (микросхемами). Платы стыкуются в задней части камеры с шинами питания. На каждую плату можно подать два разных напряжения. В камеры подается нагретый воздух – он активно циркулирует



внутри и с помощью нагнетателей образует горизонтальное квазиламинарное течение внутри камеры и турбулентное внутри возвратного контура для обеспечения равной температуры во всех точках внутри камеры. Температурный профиль поднастраивается заранее на дисплее в ручном режиме или с помощью программы.

Если вы заинтересованы в разработке и приобретении стенда электротермотренировки, обращайтесь в ООО «Остек-Электро» по телефону +7 (495) 788-44-44 или по электронной почте: ostelectro@ostec-group.ru.

СОДЕЙСТВИЕ РАЗВИТИЮ

Чтобы быть эффективным предприятием – нужен хороший партнер

Интервью со Станиславом Константиновичем Гафтом



Серию юбилейных интервью, посвященных 30-летию ГК Остек, продолжает беседа со Станиславом Константиновичем Гафтом, который работал в компании с 2003 по 2016 годы в должности технического директора. Вместе с директором по маркетингу Антоном Большаковым они обсудили, что такое эффективное производство и почему этот вопрос необходимо решать комплексно, какую роль в содействии развитию выполняет инжиниринговый партнер, как возникла и нашла решение проблема пайки бессвинцовых компонентов свинцовосодержащими материалами.



С.К. Гафт, технический директор ГК Остек с 2003 по 2016 год



С.К. Гафт до прихода в Остек

Станислав Константинович, когда и почему вы пришли к решению начать работать в ГК Остек?

В 2003 году я пришел в Остек с позиции технического директора Концерна «Гудвин», где к тому времени реализовал несколько крупных и серьезных проектов, за которые никто не брался. Я по натуре отношусь к «пусковикам», людям, которых приглашают на запуск проектов – в этом они наиболее эффективны. Мне показалось, что там я уже все сделал и надо попробовать что-то еще. К счастью, я оказался прав, и Остек дал мне возможность реализовать много интересных проектов. Можно сказать, в новом направлении я угадал свое предназначение для реализации крупных проектов техперевооружения. И Остек для меня – это значительные 13 лет из почти 43 лет производственного стажа. Я считаю, что это было хорошее время.

Одной из первых задач, в решение которой вы внесли значительный вклад, стала бессвинцовая технология. Если сначала отечественные технологи считали, что их это не касается: «Поставка на европейский рынок продукции, выпускаемой нашим предприятием, не планируется», то потом им начали поступать электронные компоненты с бессвинцовыми покрытиями выводов, и начались проблемы с качеством паяных соединений.

Действительно, на первый взгляд могло показаться, что проблема бессвинцовых технологий для российских предприятий была неактуальной. Но я всегда анализировал подобные проблемы через вопрос:

«Если бы директором был я, то что бы сделал? Как поставка электронных компонентов с бессвинцовым покрытием выводов скажется на моих действиях, на действиях моих коллег?».

Выяснилось, что это очень серьезно, потому что переход к компонентам с бессвинцовым покрытием выводов требует корректировки, по меньшей мере, температуры на 20-30 градусов в профиле оплавления. А это принципиально, это изменение технологии, которое затрагивает не только температурный профиль печи оплавления. Даже первичный анализ ситуации, подтвержденный впоследствии на практике, показал, что необходимо подбирать новые припои, контролировать качество нанесения паяльной пасты и полученных паяных соединений, финишное покрытие печатных плат и так далее. На тот момент в нашем Диагностическом центре уже работала рентгеновская установка, которая позволяла очень эффективно оценивать дефекты паяных соединений и дефекты, связанные с внутренним состоянием микросхем и электронных компонентов. Мы начали обнаруживать обрывы соединений внутри компонентов, плохие паяные соединения, отслоения площадок печатной платы от основания и так далее.

Подобные манипуляции со стороны производителей компонентов, производителей материалов тихо и спокойно не проходят. Они требуют постоянного наблюдения и контроля того, что ты выпускаешь, если ты человек ответственный. Поэтому мы решили подготовить ряд семинаров и печатных статей, чтобы проинформировать наших заказчиков об этой проблеме. И как только мы начали говорить о проблеме и показывать, как ее эффективно решать, многие откликнулись с аналогичными дефектами. Вот так, собственно, это началось.

По вашему опыту, на что в первую очередь необходимо обращать внимание при запуске полностью бессвинцовых технологий?

Технолог ставит подпись техконтроля на конструкторской документации, поэтому обязан анализировать технологию изготовления будущего изделия на этапе его разработки. Совершенно бессмысленно идти на сделку с профессионализмом и с самого начала соглашаться на то, что изделие будет производиться с отклонениями от технологического процесса. Нет, так нельзя. Нужно делать хорошо, плохо само получится. Поэтому любой грамотный технолог обязан досконально знать существующий на предприятии процесс, обязан проверять, сможет ли он выпустить данное изделие, с какими затратами столкнется, с какими потенциальными дефектами и так далее. По-другому нельзя работать. Это касается любого технологического процесса, а не только бессвинцовых технологий.

В 2010 году была предложена концепция построения эффективного мелкосерийного и многономенклатурного производства в России. До этого на рынке вопрос комплексно не рассматривался, поставлялись отдельные единицы оборудования и небольшие линии. Что стало предпосылкой для создания такой концепции, какие особенности нашего рынка потребовали именно таких решений?

Долгое время нашими основными заказчиками были частные компании, которые работали в основном в области автомобильной электроники, телекоммуникаций, систем пожарной и охранной сигнализации. Но начиная с 2006 года начало увеличиваться количество заинтересованных в техпереворужении предприятий, производящих ответственную электронику. Если раньше считалось, что это принципиально другие, единичные технологии, что собирать нужно совсем по-другому, то с развитием ЭКБ стало понятно, что компоненты такого размера устанавливать вручную на печатную плату невозможно. Если необходимо достичь повторяемости процесса, необходима максимальная автоматизация процессов даже на мелкосерийном и многономенклатурном производствах.

В то же время мы объясняли и доказывали заказчикам, что даже если проектируешь единичное изделие, то качество проектирования должно быть как у массового производства. Более того, все необходимые параметры и технологические нормы должны быть учтены на этапе проектирования, иначе они не будут работать, будут неудовлетворительная технологичность, тестопригодность и ремонтпригодность. То есть не будет возможности обеспечить повторяемость параметров технологического процесса и, как следствие, технических характеристик выпускаемых изделий.

Кроме того, уже в тот момент наблюдался переход, например, в области телекоммуникации к снижению количества изделий в серии. Причина в том, что конкурентная борьба вынуждала разработчиков чаще менять изделия, выпускать всё время новые. Происходило сближение идеологии работы в области оборонного приборостроения, приборостроения для космоса и медицины или телекоммуникаций. Мы и сейчас наблюдаем, что эта тенденция продолжается. Это связано не только с тем, что заимствуются идеи, и уже даже не в этом дело. Просто посмотрите, как развиваются технологии: мы только освоили 4G, а уже идет борьба за внедрение 5G, и разрабатывается 6G. Это означает, что уже сейчас технолог должен наравне с разработчиком постоянно контролировать развитие технологий. И если не диктовать, то, по крайней мере, обоснованно и настойчиво рекомендовать разработчикам, что необходимо делать, как проектировать.

Концепция Индустрии 4.0 появилась в 2011 году в Германии и немного позднее получила известность в России. Как эта концепция отразилась на построении сборочно-монтажных производств?

Для нас это развитие было достаточно логичным – еще до того, как заняться разработкой и внедрением собственной Цифровой Системы Управления Производством Logos, мы разработали систему прослеживаемости. Такая система необходима для контроля параметров технологических процессов, чтобы обеспечить повторяемость. Каким образом? На этапе внедрения и изготовления установочной партии необходимо отладить и утвердить все параметры техпроцесса и в дальнейшем постоянно их контролировать. Так как серии маленькие, это надо делать буквально с первого образца продукции. Мы создали такую систему, и наши клиенты стали последовательно её использовать.

Дальше был естественный и логичный переход к цифровой системе управления. Я был одним из идеологов подготовки техзадания по этой системе и старался сделать такой продукт, который купил бы сам. Не просто хороший, не просто нужный, а такой, которым хотел бы пользоваться сам. Поэтому главный критерий – это мне нужно? Нужно. Насколько мне это нужно? Я без этого могу обойтись? Могу, но работать в ручном режиме уже невозможно. Что даст мне внедрение этой системы? Система должна с минимальными затратами показывать реальную картину производства для различных руководителей. Например, если я директор предприятия, мне нужна информация о том, как идет выполнение плана, представленная в графическом формате. Я, как директор, не хочу ползать по клеточкам с цифрами экселеподобных систем. Мне нужна сжатая информация в графическом представлении наподобие светофора – красное, желтое,

зелёное. Я должен понимать, как идут продажи, как поступают деньги.

Также я хочу видеть, как идёт реконструкция или переоснащение, правильно ли я трачу деньги. И еще известная проблема вечной нехватки оборотных средств на закупку комплектующих. Чем больше денег вкладываешь, тем система становится устойчивее. Но при этом оборотных средств нужно все больше.

Например, что даёт модуль планирования закупок? Директор увидит, что если он сейчас не потратит деньги на закупку комплектующих, то не выполнит план, не получит компоненты вовремя. Это означает, что он сорвёт выпуск этих изделий, сорвёт действующие контракты, не получит деньги от заказчика и так далее. Если описанная ситуация будет повторяться систематически – дальше с ним работать перестанут. Будет утрачена репутация предприятия как надёжного поставщика высококачественной продукции, начнёт падать стоимость торговой марки, а это самое дорогое, это нарабатывается годами.

Следующий момент. Например, я могу купить дешёвые компоненты, но за счёт увеличения объема заказа. Но приборное производство очень сильно отличается от механообработки. Если для механообработки я купил материалы, но не сумел использовать, так я могу их продать, проблем особых нет. В приборном производстве так сделать очень сложно. Во-первых, существуют предельные сроки хранения, во-вторых, мою номенклатуру далеко не все используют. Это потери. Но если у меня есть гибкая система управления, то я могу влиять на закупки через реализацию неликвидов. То есть поставщикам могу сказать: мы работаем как партнёры, помогите мне. Да, у меня были определённые планы, но они изменились, помогите реализовать остатки пусть и с некоторыми потерями.

У каждого директора есть нетривиальная задача – как верстать план на следующий год? Так вот, я директор предприятия и начинаю эту работу. Первым делом, обычный процесс – вызываю коммерческого директора и прошу рассказать, как будем получать деньги в следующем году. Он мне должен рассказать, какие планируем продавать изделия, в каких объёмах и по каким ценам. То есть, учитывая устоявшиеся или предполагаемые условия поставок и оплаты, я прогнозирую, в каком объеме и каким образом будут приходить деньги. Кроме того, я спрошу у директора по маркетингу о ситуации на рынке. Также я поинтересуюсь, какие ресурсы необходимы маркетингу на рекламу, людей, помещения и так далее. Более того, в этом случае отказать коммерческому директору в ресурсах самое опасное, потому что, если планы по выручке не будут выполняться, то он найдет причину именно в нехватке ресурсов.

Следующее – я вызываю к себе начальника производства и говорю ему: «Есть прогноз по продажам. Что тебе необходимо, чтобы его обеспечить?» Естественно, он проработает вопрос и скорее всего скажет, что ему будет



С.К. Гафт на выставке ЭкспоЭлектроника 2004

нужна ритмичная оплата комплектующих вот по такому-то графику; нужно переоснащение чего-то, ресурсы и так далее. Этому сотруднику, как любой нормальный директор, я скажу, что как только смогу, так сразу. И я, и он понимаем, что он не в первую очередь, я сначала деньги должен получить. А потом я вызову главного конструктора и спрошу, когда он сделает то, что обещал сделать год назад. Это обычная ситуация, хорошо знакомая мне, так как я в прошлом сам разработчик.

Вот для этого мне и нужна система, которая сможет всё показать, всё просчитать, сможет дать быстрый ответ на вопрос – как я могу двигать заказы, что будет, если заказа вообще не будет, чем я смогу заполнять план. То есть мне нужна система планирования, система закупок, система оперативного управления. Это с точки зрения директора.

По вашему мнению, почему на производственных предприятиях чаще всего автоматизированы и оцифрованы такие области как бухгалтерия, управление кадрами, финансами, склад, но не производственные процессы?

Самое главное для внедрения автоматических систем управления на предприятии – воля генерального директора. Потому что большинство будет сопротивляться этому. Это первое. Второе, есть ещё один очень важный момент: есть основной процесс, есть поддерживающие. Нужны и те, и другие. Но поддерживающие процессы всегда хочется сократить, чтобы они были максимально автоматизированы, чтобы участвовало минимальное количество персонала, но всё работало нормально. Кстати, автоматизация в этих областях значительно проще – процессы формальные, легче описываются, они нужны всем, поэтому унификация существует.

Что же касается производства, я бы этот вопрос рассматривал с другой стороны. Если вы помните, да и до



Выступления на семинарах и конференциях

С тех пор так считается, что производить электронные приборы в Европе невозможно, потому что там дорогая рабочая сила. Но стоимость рабочей силы важна при высокой трудоёмкости, когда в производственном процессе задействовано большое количество людей с большим количеством ручных операций. А если выпускаемое изделие технологично и позволяет максимально автоматизировать процесс изготовления, то не имеет значения, где его производить. Вот к этому нужно стремиться. Как раз деятельность Остека по оснащению сборочных производств и была направлена на максимальную автоматизацию процесса сборки печатных узлов. Все старались делать одноплатные конструкции, чтобы максимально автоматизировать сборку печатных узлов. А уже полностью собранный конструктив, в который вставляется "начинка", - получать по кооперации с напечатанной документацией в упаковке.

Президентом России поставлена и заложена в стратегию развития электронной промышленности задача увеличения доли выпускаемой гражданской продукции. В связи с этой задачей сохранили ли свою актуальность предлагаемые вами подходы?

Начиная с 2010 года мы проводили беседы с рядом руководителей предприятий ОПК и пришли к выводу, что загрузка профильной продукцией, как правило, не превышает 30 %. Мы уже тогда включили в концепцию и рекомендовали доводить долю непрофильной продукции до 70 %. Дело в том, что по описанным выше причинам для производства единичной продукции может требоваться среднесерийное оборудование, и оно должно быть загружено. Не могут быть рентабельными предприятия, у которых отдельные участки загружены менее чем на 70 %. Необходимо об этом думать с самого начала на этапе составления планов производства и техперевооружения. Необходимо ли что-то менять



ЭлектронТехЭкспо 2008: торжественная передача оборудования компании РИМ-Технологии

в подходе? Естественно, время вносит свои коррективы, но то, что было заложено, актуально и сейчас. В этой концепции было очень важно одно решение. Что такое эффективное предприятие? Эффективное предприятие способно выпускать конкурентоспособную продукцию и быстро выводить на рынок новые изделия. Больше ничего не надо. А вот каким образом, с какими затратами ты это делаешь – это уже твоя постоянная работа как директора.

Почему требуется именно комплексный подход разработчика и технолога к производству новых изделий?

В моем представлении по-другому нельзя. На самом деле я очень не люблю бумажную работу, мне нужно что-то живое, но по-другому нельзя. Если я получаю от разработчиков хотя бы концепцию того, как будет выглядеть изделие, я одновременно с ним должен начать разрабатывать технологию. При этом ответственный главный технолог должен контролировать и настаивать на принятии технических, схемотехнических и технологических решений, обеспечивающих технологичность, тестопригодность и ремонтпригодность новых изделий. Да, он будет если не настаивать, то очень твердо рекомендовать разработчикам использовать те или иные компоненты либо будет в явном виде говорить, что предлагаемый им электронный компонент не годится. Или, например, будет настаивать, что не годится предлагаемая технология, потому что она ручная, и поэтому не будет повторяемости и ее невозможно автоматизировать. Причём технология не просто отдельного процесса пайки оплавлением, а вся технология сборки современного печатного узла. Чтобы обеспечивать повторяемость, а именно это и есть основная задача производства, даже не качество и надёжность, а именно повторяемость – я всегда должен выпускать одно

и то же с одним уровнем дефектности. Именно это обеспечивает себестоимость, качество, все основные параметры и прибыль предприятия. Именно поэтому разрабатывается технология производства изделия, а разработчик одновременно разрабатывает это изделие.

Я много раз наблюдал примеры ваших уникальных отношений с клиентами. Это не отношение продавца-покупателя, а, скорее, партнёрство. Как у вас получалось выстраивать такие отношения, и что это в итоге давало обеим сторонам?

Позиция акционеров Остека – всегда налаживать долговременные партнёрские отношения с нашими клиентами. То есть работать не по американско-японской технологии – достижение максимальной прибыли в каждой сделке, а именно построение долговременных партнёрских отношений. Я искал в команду людей, которые будут реализовывать один из главных принципов: относиться к клиенту так, как ты хочешь, чтобы относились к тебе. Потому что до прихода в Остек я построил три завода и понимал, какого партнера хотел бы иметь. Я уверен, что стоимость оборудования – не самый главный критерий, более того, не второй и даже не третий. Решая сложную задачу построения завода первое, что необходимо реализовать – это начать выпуск конкурентоспособной продукции. А для этого нужен хороший партнер.

Поэтому мы проводили достаточно затратные мероприятия, связанные с исследованиями изделий клиентов, аудитом существующих технологий и выработкой рекомендаций. Вот так начиналась большая работа и устанавливались доверительные отношения, когда ты вместе с заказчиком разрабатываешь стратегию развития предприятий. Мы проводили огромное количество аналитической работы и аудитов предприятий, чтобы показать, что, на наш взгляд, для производства запланированной номенклатуры они плохо оснащены и требуют больших затрат. И наоборот, отдельные подразделения совсем не нужны, потому что это можно сделать по кооперации на соседнем предприятии, и так далее. При этом доверительные отношения с руководством не означают, что все твои рекомендации принимаются. Да ничего подобного, со мной спорили: «О чем ты говоришь, мы никогда так не работали». Я отвечал: «Тебе решать, как директору, но я бы делал вот так». Очень часто потом говорили: «Ты был прав» или «Ты знаешь, может быть не до конца, но ты был прав». И человек это ценит. Особенно когда говорят, что сделали бы аудит, но на него нет денег, а в ответ ты предлагаешь сделать экспресс-аудит, так как без этого нельзя. И спустя время заказчик говорит: «Ты был абсолютно прав: перед тем, как тратить огромные деньги, давайте потратим



На корпоративном мероприятии, посвященном 20-летию Остека

небольшие, а может быть мы вообще не туда идем». Вот такой подход нормальными, ответственными людьми, на мой взгляд, всегда ценился. Кроме того, меня же очень многие знали в прошлом как руководителя предприятия. Для любого директора очень важно иметь равноценного, грамотного собеседника.

Слоган юбилейного года – «Содействуем развитию». Что значит развитие с Остеком для вас лично?

Остек был одним из наиболее продуктивных мест работы, где я чувствовал, что я нужен и полезен компании и клиентам. Получал отдачу в плане удовлетворения от работы – это самое важное для человека, во всяком случае для меня. Потом мы вышли на совершенно другой уровень, выросли с 15 до 500 сотрудников. Мы просто построили компанию мирового уровня, не побоюсь этого слова. Когда клиенты и партнеры слыша-

ли название компании, которую я представлял, то воспринимали именно так. И в этом заслуга всего коллектива, в том числе и людей, которых я, конечно, воспитывал, учил, которым помогал.

И если подытожить: когда смотришь на дом и сад или парк, то восхищаешься домом, понимаешь, что это здорово, это, наверное, дорого; но вырастить сад – это требует гораздо больше времени, любви и труда, потому что ты не знаешь, что у тебя получится, ведь ты не специалист в этом деле. Но хочется посадить деревья, не одно дерево, а много. Так и в Остеке не было задачи за 3-5 лет реализовать проект и продать. Была задача создать работающую, мощную, сильную компанию, которая будет приносить устойчивый доход и будет, в том числе, социально ответственной.

Мне очень нравилась традиция Остека ежегодно праздновать день рождения компании. Я не любитель таких массовых мероприятий, но мне нравится, что в Остеке это есть. Мне нравится отношение, дружелюбно-уважительная атмосфера в Остеке, которую создали акционеры. Нет, мы, конечно, много спорили на этапе выработки решений. Это нормальное явление. Но когда решение принято – это закон, который нужно выполнять. И очень важно было, во всяком

случае для меня, что меня слушали, и я старался слушать. Что я дал Остеку – оценивать не мне, но это было хорошее сотрудничество. У меня было не так уж много мест работы, но, пожалуй, Остек был одним из лучших.

Я думаю многим будет интересно узнать, чем вы сейчас занимаетесь, чем наполнена ваша жизнь, связаны ли вы по-прежнему с производством электроники?

Вы знаете, мне тоже звонят, спрашивают: ты такой активный человек, что сейчас делаешь? В основном я сейчас отдыхаю. Немного занимаюсь электроникой. Консультирую, когда просят оценить бизнес-идею или помочь советом, если что-то не получается. А большую часть времени отдыхаю. Я, собственно, ушел, потому что здоровье не позволяло работать в полную силу, а работать кое-как я считаю неправильно, нельзя. Наверное, я был бы полезен и не очень активно работая, но я так не привык. Сейчас я наконец больше времени уделяю семье, дому, саду.

**Станислав Константинович,
спасибо за интересную беседу!**

30 ЛЕТ
СОДЕЙСТВУЕМ РАЗВИТИЮ

Нам по силам ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ ●●●



Решения любого масштаба

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

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

Честно, открыто, профессионально.

ostec-group.ru | info@ostec-group.ru | +7 (495) 788-44-44

ТЕХНОЛОГИИ

Миниатюрные фотонные сенсоры или «новый взгляд» на многоуровневые оптические системы



Текст: Дмитрий Суханов



Непрерывное развитие технологий УФ-полимеризации позволило внедрить в крупносерийное производство новые оптические системы. В основу этих систем легли оптические линзы со сложной структурой и формой. Решение позволило увеличить производительность стандартных изделий благодаря максимально плотной компоновке изделий – переходу к формированию линз на уровне пластины – созданию многоуровневых оптических систем.

Какие инновации были использованы для внедрения технологии формирования оптических линз на уровне пластины? Какие проблемы удалось решить благодаря этой технологии?

На протяжении многих лет технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) диктовали пути развития для различного рода датчиков в автомобильной промышленности, бытовой и игровой электронике. Датчики на основе МЭМС применялись, применяются и будут применяться повсеместно еще долгое время в изделиях, где основное – минимальный размер. Микроэлектронные изделия на основе МЭМС обеспечивают высокую производительность, но возможности их не безграничны.

Поэтому возникла необходимость сосредоточить внимание на оптических датчиках и различного рода проекционных системах. Требования к новым элементам предъявляются конечными продуктами, крайне востребованными на развивающихся семимильными шагами рынках беспилотных транспортных средств, дополненной реальности, биомедицинских применений и решений для обеспечения безопасности. Измеряя интенсивность, длину волны или тип поляризации, соответствующие изменению параметров светового потока, можно идентифицировать практически любое физическое свойство объекта или окружающей среды и даже получить химическую информацию об объекте.

Проблема миниатюризации оптических сенсоров является сегодня основной для серийного производства микроэлектронных устройств. Ее инновационное решение позволит использовать такие сенсоры при любом типе современного корпусирования и тем самым обеспечить стабильный выпуск конечных изделий в больших объемах.

Раньше оптические системы были громоздкими и дорогостоящими. Применялись в основном на промышленных, оборонных или научных предприятиях, что не требовало больших объемов производства. В последнее время было вложено колоссальное количество времени и ресурсов для уменьшения форм-фактора этих сенсорных систем и переноса их изготовления на уровень пластины. Сам оптический элемент форматируется на пластине, с уже сформированными кристаллами, а не в корпусе после установки в него кристалла. Новые устройства для 3D-мониторинга, биометрической аутентификации и спектральной визуализации интегрируются в продукты массового потребления, например, смартфоны.

В основе множества недавно разработанных датчиков лежат оптические системы, сформированные на уровне



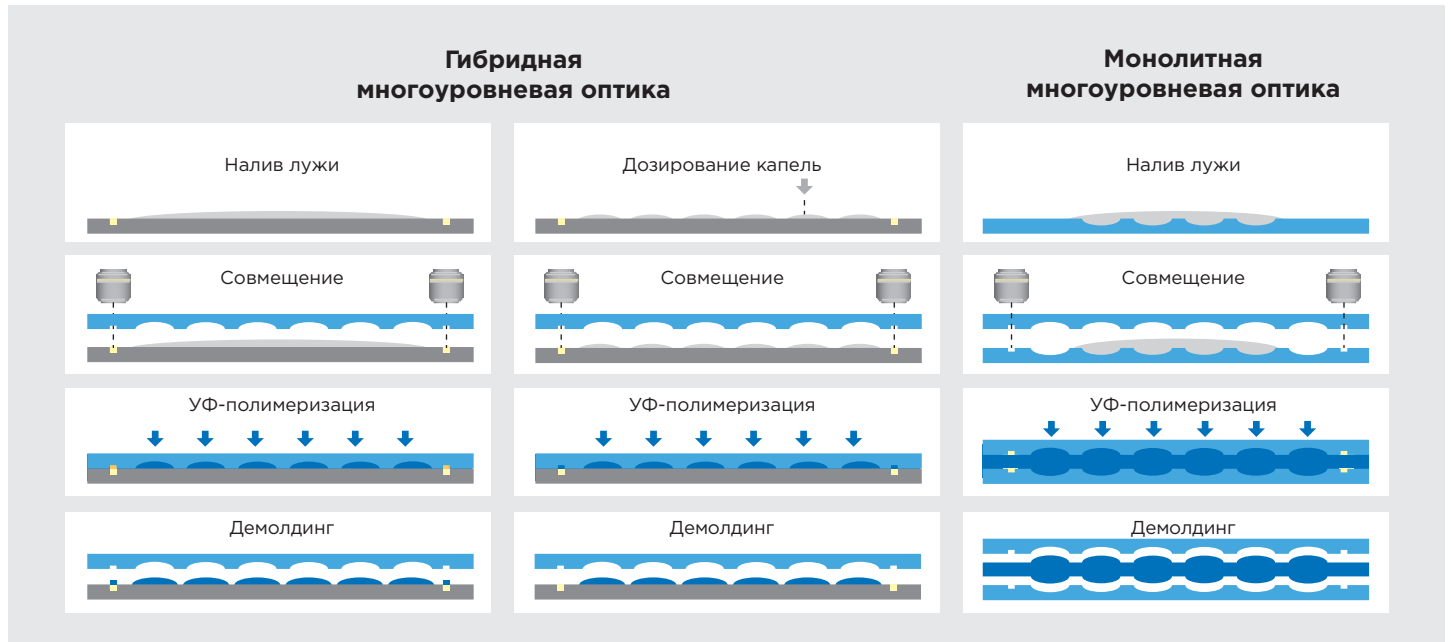
Источник: <https://www.evgroup.com>

1

Возможность изготовления линз путем УФ-полимеризации на уровне пластины

пластины. Это дало возможность связать процесс формирования линз (оптических модулей) с технологиями обработки пластин. Благодаря освоению такого технологического процесса оптика на уровне полупроводниковых пластин позволяет реализовать высокопроизводительные устройства очень малых размеров, которые могут производиться тысячами одновременно. Точно так же, как технологии производства полупроводниковых пластин помогли усовершенствовать МЭМС-технологии и увеличить производительность на фабриках по их изготовлению, теперь эти технологии помогают получать различные оптические датчики, упрощают и ускоряют производство конечных изделий, в которых применяются миниатюрные и сложные оптические системы. Полупроводниковые технологии все дальше проникают на сборочные этапы производства микроэлектроники, и скоро два абсолютно разных процесса – производство полупроводниковых кристаллов и сборка конечных изделий – станут едины. Примечательно, что формирование линз путем заливки и наноимпринтной литографии стало ключевым процессом, позволяющим добиться обширного внедрения современных оптических сенсоров. Как видно на рис 1, линзы с высокой четкостью и прозрачностью могут изготавливаться параллельно и плотно упаковываться на пластине. В основу данной технологии был положен процесс наноимпринтной литографии (НИЛ) компании EV Group (EVG).

Компания EV Group, Австрия (www.EVGroup.com), является мировым лидером в области высокотехнологичных решений и оборудования для изготовления МЭМС, компандных полупроводников, силовых компонентов и устройств на основе нанотехнологий. Основная продукция: оборудование для сварки пластин, обработки утоненных полупроводниковых пластин, фотолитографии, наноимпринтной литографии (NIL), метрологическое оборудование, а также устройств для нанесения и проявления фоторезиста, очистки пластин и системы контроля. Компания была основана в 1980 году, в настоящее время обслуживает и поддерживает развитую сеть клиентов и партнеров по всему миру.



2
Типичные технологические процессы НИЛ для формирования линз. Источник: <https://www.evgroup.com>

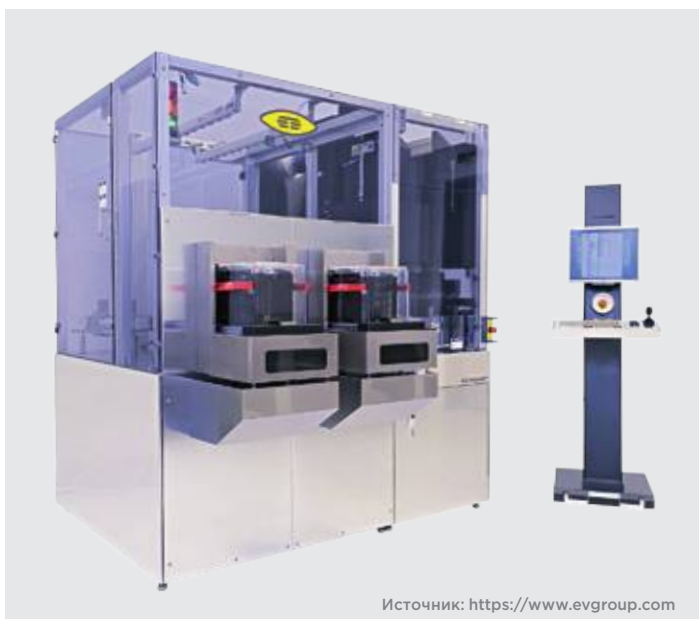
Что послужило основой для создания новых оптических модулей? Какие методы пришлось интегрировать в серийное производство?

Ключевым преимуществом использования альтернативных методов литографии является их способность создавать сложные оптические структуры без увеличения производственных затрат. При формировании линз методом нанопринтной литографии (НИЛ) нет ограничений по форме получаемых компонентов и, таким образом, можно получать на уровне пластин широкий спектр оптических компонен-

тов. Последующие этапы процесса, такие как нанесение покрытия и прецизионная укладка в стек, также могут выполняться на уровне пластины, что позволяет эффективно производить весь оптический модуль. Эффективность заключается в том, что при сборке оптического модуля, если теперь это можно так назвать, используются технологии и оборудование как на полупроводниковом производстве, возможности которого намного шире, чем у сборочного оборудования. Основные преимущества – это точность и групповая обработка, благодаря чему стало возможным получить тысячи изделий за один раз на одной полупроводниковой пластине с субмикронными точностями.

Оптические модули обычно представляют собой комбинацию преломляющих, дифракционных и (иногда) нанофотонных компонентов, которые накладываются друг на друга посредством соединения пластин. «Основой» большинства модулей, будь то чувствительные или проецирующие устройства, являются преломляющие линзы, которые определяют оптический путь света. Для изготовления этих микролинз используется УФ-формование. В данной технологии применяются прозрачные штампы для воспроизведения заданных форм в полимерах, отверждаемых УФ-излучением. На рис 2 схематично показаны типичные технологические процессы, используемые для производства оптики на уровне полупроводниковых пластин. Большинство из этих процессов можно выполнить на системе последнего поколения EVG IQ Aligner как в R&D (рис 3), так и в крупносерийном производстве (рис 4)

При производстве оптических элементов на уровне пластины важно различать гибридные стеклополимерные материалы и полностью монолитные полимерные компоненты, поскольку каждый из них имеет уникальные технологические требования и преимущества. Сегодня производителе-



3
EVG IQ Aligner – универсальная система для точного совмещения и полностью контролируемого процесса формирования линз на уровне пластины для R&D



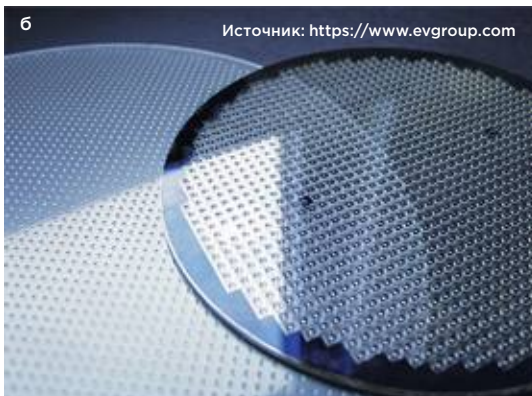
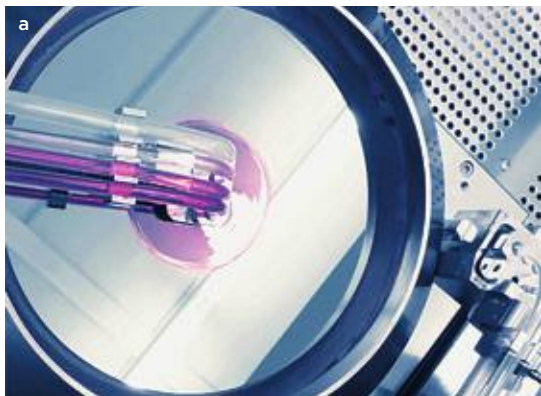
Источник: <https://www.evgroup.com>

4

EVG IQ Aligner – универсальная система для точного совмещения и полностью контролируемого процесса формирования линз на уровне пластины для крупносерийного производства. Источник: <https://www.evgroup.com>

ли оптики чаще всего применяют гибридные линзы, для которых используют стеклянные («жесткие») подложки. В основе их создания лежит концепция обращения со стеклянными подложками, которая надежно зарекомендовала себя на производственных линиях типичных полупроводниковых изделий (концевые эффекторы роботов и кассеты). Также это позволяет получать конечные продукты более надежными и менее чувствительными к колебаниям температуры.

Монолитные линзы полностью изготавливаются из полимеров, отверждаемых УФ-излучением, и обладают ключевым преимуществом – верхняя и нижняя линзы могут быть изготовлены за один этап, как показано на рис 2. Кроме того, при отсутствии стеклянной подложки в качестве носителя для линз такой метод формирования позволяет получать еще более тонкие устройства.



Источник: <https://www.evgroup.com>

5

Нанесение полимера на платину методом «лужи» а), каплей б)

Для большинства современных микрооптических приборов типичная высота таких линз находится в диапазоне от нескольких десятков до сотен микрометров. Поэтому полимер для формирования самой линзы должен наноситься либо «наливом лужи» (puddle), либо каплей (рис 5). «Лужа» может быть легко нанесена за один этап в центре пластины или на нижнем штампе и прижата к краю во время формирования, а подход с распределением капель размещает полимер последовательно только в определенных областях, что позволяет экономить его. Оба метода показывают сопоставимые результаты для фактического получения качественных линз, потому что подложка обычно не выполняет оптических функций, следовательно, эти методы различаются в основном с точки зрения интеграции процессов.

Фактически, процесс формирования линзы начинается с процедуры совмещения с использованием общих меток совмещения. Это необходимо для обеспечения высокого качества модулей, поскольку оптический путь определяется точностью позиционирования линз и других оптических компонентов по отношению друг к другу. Фактический процесс формирования выполняется в условиях окружающей среды с контролируемым зазором или усилием прижима при УФ-отверждении. Оборудование и производительность процесса на этом этапе имеют решающее значение для точности воспроизведения и однородности линз.

Каким образом удалось достичь успеха в крупносерийном производстве? Ответ на этот вопрос прост – репликация мастер-штампа.

После затвердевания материала штамп извлекается из формы и повторно используется для следующей пластины. Производительность определяется скоростью извлечения штампа из формы и при соответствующей автоматизации является ключевым моментом для масштабирования процесса до крупносерийного производства. Эта операция не только контролируется оборудованием, но и тесно связана с управлением технологическим процессом, особенно с «ноу-хау» в отношении материалов для изготовления штампов.

В крупносерийном производстве процесс «заливки» многоуровневых пластин является ключевым для получения большого количества готовых изделий. Еще более

важно контролировать качество мастер-штампа и рабочего штампа. Как и в любом процессе репликации преформы определяют конечный результат, который делает технологию изготовления штампа неотъемлемой частью успешного производства с наивысшим уровнем выхода годных. Необходимо создать мастер-штамп для получения требуемых характеристик (равновы-



Источник: <https://www.evgroup.com>

6

Центр компетенции NIL Photonics – это инновационный инкубатор для отработки процессов наноимпринтной литографии, предоставляющий услуги S&R по изготовлению мастер-штампов для производства многоуровневой оптики на уровне пластины

сотность, шероховатость и форма) и неизменного качества всех линз. Создание такого мастер-штампа обычно выполняется путем пошаговой печати (Step & Repeat – S&R). Таким образом, высококачественную одиночную линзу или массив микролинз можно масштабировать до любого заданного размера пластины.

Поскольку процесс создания мастер-штампа отнимает больше времени, чем формирование изображения на всей пластине, в серийном производстве принято использовать рабочие штампы (репликации с мастер-штампа), а не импринтинг с фактическим мастер-штампом. Так можно оптимизировать риски на производстве и поддерживать на требуемом уровне выход годных, поскольку рабочие штампы обновлять и тиражировать (получать репликации) намного проще, чем мастер-штампы. Кроме того, полярность эталона и отпечатка схожи, что помогает определить точность рисунка с помощью профилометрии – извлечения топографических данных с поверхности или трехмерной микроскопии. В результате рабочий штамп становится фактическим связующим звеном между мастер-штампом и конечным продуктом.

В течение многих лет рабочий штамп был проблемой для крупносерийного производства, и материалы на основе полидиметилсилоксана (ПДМС) можно было масштабировать, только прилагая существенные усилия из-за длительного времени обработки и ограниченной точности поддержания формы, вызванной эффектом «набухания» или «вспучивания». В последние годы для изготовления штампов используются новые материалы, которые обеспечивают высокоточное воспроизведение в условиях технологического процесса, совместимых с процессами на крупносерийном производстве. Такие новые рабочие штампы могут быть изготовлены за несколько минут, при этом обеспечивается их контролируемое извлечение из формы при низком усилии, и у них нет проблем, вызванных «набуханием» и «вспучиванием».

Как показано на рис 6, точность рисунка линзы сохраняется на каждом этапе процесса репликации: от эталонной линзы S&R до рабочего штампа и фактического отпечатка.

Чтобы оценить эффективность предложенного решения и реализовать все этапы процесса, была создана специальная инфраструктура, которая позволила получить готовые решения на производстве. Полученная эффективность стала возможной благодаря процессу масштабирования при формировании линз, который был реализован при помощи наноимпринтной литографии. Сначала была получена одна линза, соответственно, один кристалл, а затем все масштабировано до уровня пластины.

Отработка процесса проходила в центре компетенции компании EVG – NIL Photonics (рис 7), который представляет собой инкубатор инноваций с открытым доступом для всех желающих и располагается в штаб-квартире компании EVG в Австрии.

Какое будущее ожидает полупроводниковую оптику, а точнее многоуровневую оптику на уровне пластин?

Многие хорошие идеи не попадают на рынок, потому что непросто доказать, что один прототип можно масштабировать до необходимых объемов, то есть внедрить предложенное в крупносерийное производство. Очень часто одиночные линзы, матрицы микролинз, дифракционная оптика, нанорешетки и многое другое проектируется или даже создается на уровне самого кристалла, но это слишком дорого для производства в больших объемах.

Этот пробел – переход от исследований к крупносерийному производству – полностью заполняет технология производства EVG S&R, которая позволяет масштабировать все результаты исследований в крупносерийное производство. Технология применима как для штампов небольшого размера, так и больших мастер-штампов, позволяющих делать отпечаток структур на всю пластину размером до 300 мм. Такие мастер-штампы полностью заполняются формами для микролинз, каждая из которых копируется с одной линзы или матрицы линз при использовании технологии S&R.

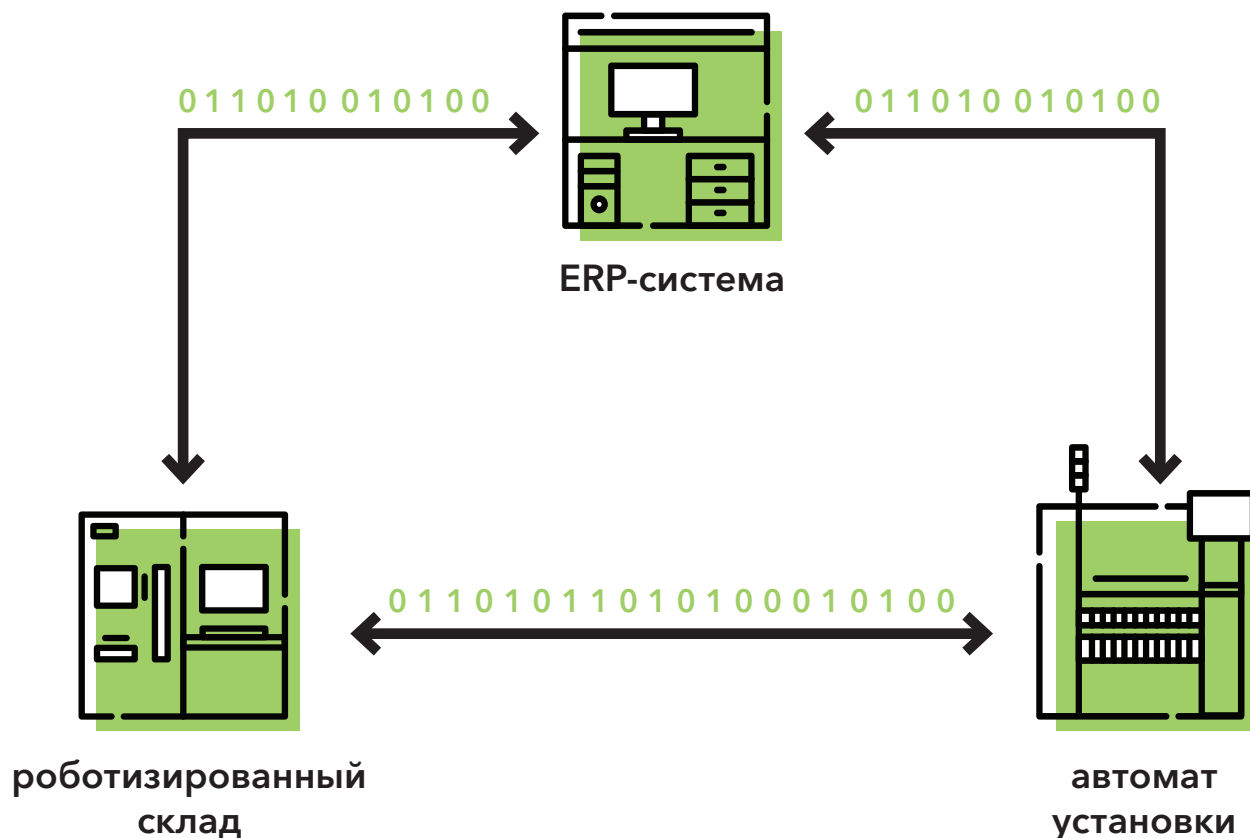
Интеграция фотонных датчиков с малым форм-фактором поддерживает потребность отрасли в поиске новых схем прототипирования и разработки процессов, которые могли бы идти в ногу со скоростью развития рынка.

В статье использованы материалы:

- С сайта компании EV Group: <https://www.evgroup.com>.
- Wafer-Level Optics Enables Small-Form Photonic Sensors by Martin Eibelhuber, Robert Breyer, and Mikhail Begel, EV Group; Eurohpotoniks, spring 2020.

Склад 4.0

Комплексное решение
для цифрового сборочного производства



Узнать больше

Соответствие концепции «Индустрия 4.0»

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

ТЕХНОЛОГИИ

Специфика технологии термозвуковой сварки медной проволокой

ВЫВОДОВ
МИКРОСХЕМ,
КОМПОНЕНТОВ И
СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



Текст: Владимир Иванов



Технологию термозвуковой сварки с применением медной проволоки изучают уже более двух десятилетий, поскольку медь имеет ряд преимуществ перед золотом и является экономически выгодной. Потребность в применении медной проволоки вместо золотой вызвал рост производства интегральных микросхем (ИМС) для микроэлектроники, медицины, силовой и автомобильной электроники. Если сравнивать высокочистые материалы, то золото дороже меди более чем в 25 раз, но медь быстро окисляется при взаимодействии с окружающей средой. В статье приведен анализ проблем надежности и качества медных проволочных соединений и варианты оптимизации параметров термозвуковой сварки. Также кратко представлены проблемы термозвуковой сварки медной проволокой на пластинах с низкой диэлектрической проницаемостью (low-k) и пути их решения.

Из-за резкого роста цен на золото в последние годы в исследования и разработки технологии термозвуковой сварки медной проволокой были вложены значительные средства. Медная проволока как альтернатива золотой имеет значительное преимущество в плане экономии. Также медная проволока обладает более высокой электро- и теплопроводностью, что увеличивает скорость передачи сигналов и уменьшает тепловыделение за счет отвода тепла. Термозвуковая сварка – это диффузия двух разных материалов, при которой соединение формируется в результате совокупного действия температуры, давления и ультразвуковых (УЗ) колебаний. Производители микроэлектронных устройств и приборов смогли усовершенствовать технологию термозвуковой сварки контактных площадок золотой проволокой диаметром 15 мкм с шагом 40 мкм. Сегодня термозвуковая сварка медной проволокой диаметром до 50 мкм применяется в основном при сборке систем в корпусах (SiP – System in Package) с малым числом выводов и силовых дискретных элементов. Из-за уменьшения габаритов ИМС уменьшаются размеры контактных площадок и шаг между ними, и у производителей микроэлектроники все чаще возникает желание перейти на использование медной проволоки. Более того, многие производители переходят к технологии сборки устройств на low-k пластинах (системная интеграция на уровне пластин, WLSI – Wafer Level System Integration), а это ужесточает требования к инструментам и технологическому процессу термозвуковой сварки. Далее мы рассмотрим проблемы, возникающие при применении технологии термозвуковой сварки выводов медной проволокой, и достижения последних лет, связанные с решением этих проблем.

Окисление меди и геометрия шарика в процессе термозвуковой сварки

Основная проблема меди – это окисление. При термозвуковой сварке в месте контакта медной проволоки с выводом шарик образуется под действием поверхностного натяжения при воздействии высокого напряжения и слаботочной искры электрического пламени. При этом возникает локальная среда с повышенной температурой, и легко происходит окисление. Окисление шарика приводит к нестабильности его геометрии и затрудняет контроль параметров процесса, а качественная сварка достигается за счет повторяемости процесса благодаря стабильности этих параметров. Чтобы получить шарик хорошей формы без геометрических отклонений, необходимо исключить окисление.

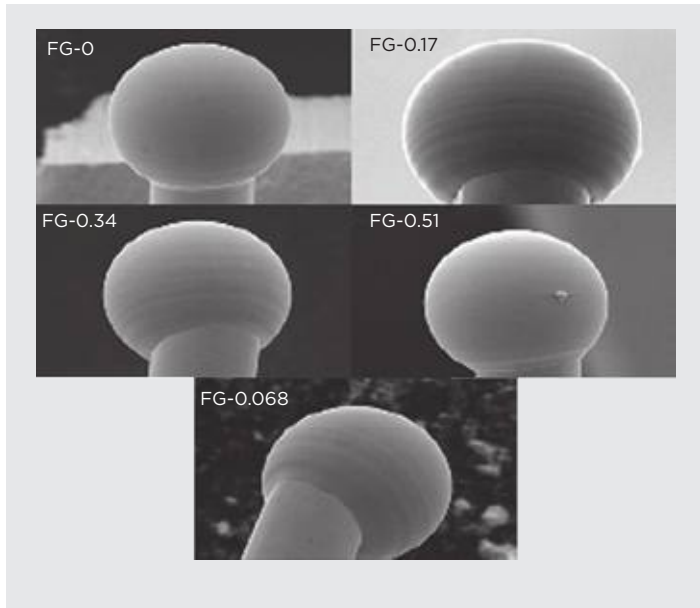
Одним из решений этой задачи является применение системы подачи инертного газа (N_2 или

формир-газ N_2/H_2), которая обеспечивает бескислородную среду в точке сварки. Более того, водород дает дополнительную тепловую энергию для плавления медной проволоки, а также может превратить оксид меди обратно в медь, поскольку водород является восстановительным газом. Таким образом, формир-газ лучше защищает от окисления по сравнению с чистым азотом, и чем больше содержание водорода в формир-газе, тем лучшими антиокислительными характеристиками он обладает. Наиболее подходящим является формир-газ с концентрацией 5 % H_2 , поскольку смеси, содержащие более 5 % H_2 , легковоспламеняемы.

Другой способ предотвратить окисление меди – нанести гальваническое покрытие из металла, стойкого к окислению, на поверхность медной проволоки. Медная проволока с гальваническим покрытием Au, Ag, Pd, Ni имеет длительный срок хранения и обладает лучшими антиокислительными характеристиками, чем чистая медная проволока. Однако за исключением Pd большая часть покрытий ухудшает геометрию шарика. При обычных условиях хранения срок годности Pd-Cu-проволоки составляет более 90 дней, а для чистой Cu-проволоки – всего 7 дней.

При термозвуковой сварке основными параметрами формирования шарика в первой точке являются сила тока и время в случае с золотой проволокой, а для медной проволоки к этим параметрам добавляется скорость потока инертного газа. При использовании чистого N_2 более вероятно получение шарика с небольшим отклонением геометрии. Шарик с хорошей симметрией получается при использовании формир-газа. Атомный вес H_2 меньше, чем у N_2 , поэтому формир-газ повышает нагрев, при этом снижается температура на периферии дуги, что приводит к ее сужению. Сужение дуги ограничивает распространение разряда вокруг конца проволоки и приводит к образованию сферического шара. При использовании чистого N_2 разряд распространяется по поверхности проволоки вверх, из-за чего возникает отклонение геометрии. Чистого N_2 достаточно для формирования сферических шариков только при сварке Pd-Cu-проволокой.

Чем выше расход газа, тем лучше антиокислительные характеристики. В процессе формирования шарика в первой точке температура может достигать 1500 °C, при этом формир-газ резко расширяется. Если скорость потока слишком мала, резкое расширение газа приведет к сильному окислению поверхности шарика. Высокая скорость потока может сдуть плавящийся шарик с центра проволоки или вызвать отклонение геометрии. Эффект охлаждения, вызванный высокой скоростью потока, увеличивает поверхностное натяжение плавящихся шариков, что также приводит к отклонению формы.



1

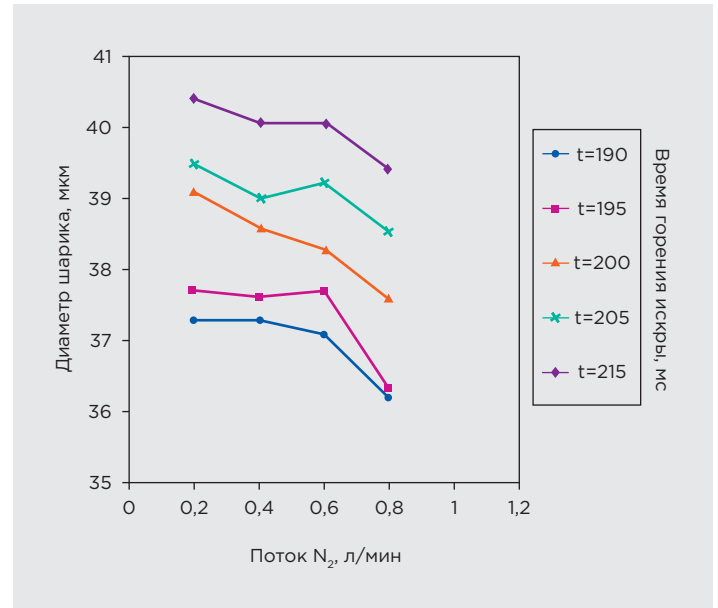
Формирование шариков при различной скорости потока газа (FG, л/мин)

Скорость потока около 0,5 л/мин считается подходящей для получения качественных по форме шариков. Шарик, полученный при разной скорости потока, представлен на рис 1¹.

Из-за увеличения тепловыделения, вызванного конвекцией, с увеличением потока газа размер шарика становится меньше. На рис 2 показана зависимость диаметра шарика Pd-Cu-проволоки от потока N_2 . Из рис 2 также можно сделать вывод, что диаметр шарика тем больше, чем больше время горения слаботочной искры электрического пламени. Это связано с тем, что более длительное время горения приводит к большему оплавлению проволоки и способствует увеличению диаметра.

Оптимизация усилия сварки, мощности УЗ и силы тока

Одной из основных функций УЗ при термозвуковой сварке является зачистка окисла на контактной площадке для улучшения качества интерметаллического соединения между шариком и площадкой. Кроме того, УЗ делает шарик мягче и повышает температуру контакта между двумя материалами. Чем больше мощность УЗ, тем выше нагрузка на контактную площадку. Для уменьшения этой нагрузки при сварке есть целый ряд решений: использование более мягкой проволоки, изменение конструкции и толщины контактных площадок, повышение частоты УЗ. Поскольку окисел на ша-



2

Зависимость диаметра шарика от расхода N_2 при использовании Pd-Cu-проволоки

рике делает его твердым, то в процессе термозвуковой сварки потребуется большее усилие и мощность УЗ, что увеличит риск повреждения контактной площадки и приведет к образованию кратеров в кремнии.

Повторяемость геометрии и твердость шарика напрямую зависят от силы тока при его формировании. Ток оказывает значительное влияние на распределение Pd по поверхности и, соответственно, на твердость Pd-Cu-шарика в целом. Геометрия шариков из чистой медной проволоки имеет плохую повторяемость при малой силе тока по сравнению с шариками, получаемыми при термозвуковой сварке выводов Pd-Cu-проволокой при различной силе тока. При малой силе тока Pd не достигает точки плавления и остается на поверхности проволоки, а внутренняя часть шарика состоит из чистой меди. При большом токе Pd быстро нагревается, вызывая эффект турбулентной диффузии, и Pd хаотично распределяется внутри шарика, что увеличивает его твердость в результате легирования.

Поскольку оксидный слой напрямую влияет на качество интерметаллического соединения между шариком и контактной площадкой, это вызывает ухудшение прочности контакта, особенно во второй точке сварки, которая, как правило, является клиновым соединением. Но прочность медной проволоки на сдвиг выше, чем у золотой², поэтому снизить нагрузку на контактную площадку можно путем уменьшения частоты и мощности УЗ, несмотря на снижение прочности на сдвиг. Например,

¹ Fan XQ, Wang T, Cong YQ, Zhang BH, Wang JJ. Oxidation study of copper wire bonding. In: Proceedings of 11th international conference on electronic packaging technology & high-density packaging. 2009. Стр. 9

² Srikanth N, Murali S, Wong YM, Vath CJ. Critical study of thermo-sonic copper ball bonding. Thin Solid Films. 2004. Стр. 45

Т 1

Прочность соединения и дефектность второй точки сварки

МАТЕРИАЛ ПРОВОЛОКИ	PD-CU	AU	CU
Прочность первой точки сварки, г	35,9	26,1	21,9
Прочность второй точки сварки, г	7,5	5,4	2,6
Дефектность второй точки сварки, ppm	0	0	7933

за счет использования более мягкой медной проволоки, оптимизации усилия сварки и мощности УЗ можно на ~40 % снизить нагрузку на контактные площадки по сравнению с УЗ-сваркой золотой проволокой³.

Сравнение прочности соединений и дефектности второй точки сварки при применении Au-проволоки, Cu-проволоки и Pd-Cu-проволоки представлено в Т 1. Из таблицы видно, что более высокой прочностью и низкой степенью дефектности второй точки обладает Pd-Cu-проволока по сравнению с чистой медью. Следует отметить, что жесткость проволоки Pd-Cu выше, чем у Cu-проволоки, и потребуются большее усилие сварки, которое может повлиять на контактную площадку. Поэтому необходима оптимизация данного параметра для проведения качественного процесса термозвуковой сварки выводов.

Формирование петель из медной проволоки при термозвуковой сварке

Элементы и компоненты силовой и автомобильной электроники, как правило, имеют небольшое количество контактов, и при сборке их сварка осуществляется толстой проволокой или лентой. А при производстве элементов и компонентов микроэлектроники применяются однокристалльные и многокристалльные сборки, включая кристаллы в стекле, когда кристалл монтируется на кристалле. Термозвуковая сварка микросхем и сборок с большим количеством контактных площадок выполняется тонкой проволокой. При большом количестве выводов следует учитывать малый шаг между ними и характеристики формирования петли имеют решающее значение, поскольку даже небольшое перемещение провода может вызвать короткое замыкание (КЗ).

Т 2

Высота петли из медной и золотой проволоки

МАТЕРИАЛ ПРОВОЛОКИ	CU	AU
Максимальное значение, мкм	60,0	59,5
Среднее значение, мкм	56,7	56,7
Минимальное значение, мкм	53,0	52,0
Отклонение, мкм	1,74	2,10

Благодаря хорошей теплопроводности медной проволоки зона термического влияния (ЗТВ) имеет малые размеры во время процесса термозвуковой сварки. Медная проволока жестче золотой и меньше провисает как при аналогичной форме и высоте петли, так и при формировании длинных петель из тонкой проволоки. Медная проволока имеет более высокую жесткость на разрыв и больше подходит для термозвуковой сварки выводов с мелким шагом. Как показано в Т 2, после оптимизации параметров высота петли медной проволоки сопоставима с золотой.

Образование интерметаллических соединений и их влияние на качество соединений

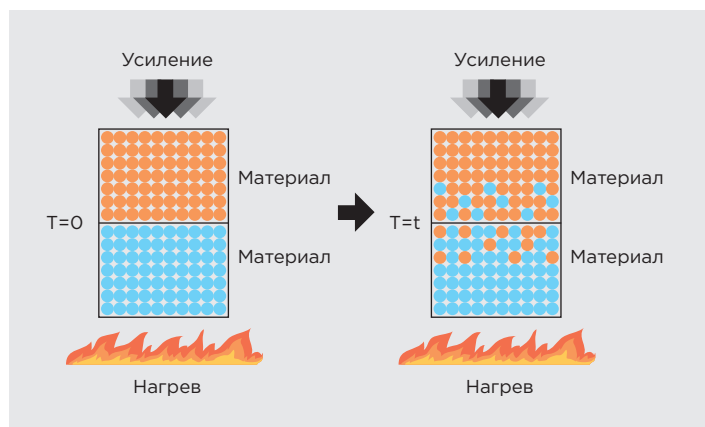
Глубина диффузионного слоя напрямую зависит от времени сварки и температуры (рис 3). Из-за высокой температуры во время процесса будет происходить взаимная диффузия между шариком и контактной площадкой из Al, что вызовет рост интерметаллических соединений. Умеренный рост повышает прочность соединения за счет улучшения характеристик материала. Чрезмерный рост интерметаллических соединений приводит к увеличению переходного сопротивления в контакте, что усугубляет тепловыделение, приводит к ухудшению прочности соединения и является одной из наиболее важных причин брака.

Рост интерметаллических соединений при использовании медной проволоки происходит намного медленнее по сравнению с золотой. При исследовании границ раздела связей Cu-Al с помощью сканирующего электронного микроскопа чрезмерный рост интерметаллидов не был обнаружен^{4,5}. Различия атомных

³ Shah A, Mayer M, Zhou Y, Hong SJ, Moon JT. Reduction of underpad stress in thermosonic copper ball bonding. In Proceedings of 58th electronic components and technology conference. 2008. Стр. 30

⁴ Murali S, Srikanth N, Vath III CJ. An analysis of intermetallics formation of gold and copper ball bonding on thermal aging. Materials Research Bulletin 2003. Стр. 46

⁵ Murali S, Srikanth N, Charles J, Vath III. Effect of wire size on the formation of intermetallics and Kirkendall voids on thermal aging of thermosonic wire bonds. Materials Letters 2004. 58(25). Стр. 101



3

Принципиальная схема диффузии двух материалов при термозвуковой сварке

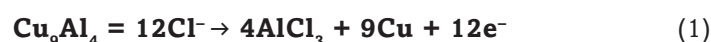
свойств элементов объясняют разницу в темпах роста интерметаллических соединений. Атомарные строения алюминия и меди имеют больше различий, чем алюминий и золото, поэтому атомы алюминия легче проникают в золото. Электроотрицательность определяет химическое средство атомов и является свойством атома одного элемента оттягивать на себя электроны от атомов других, поэтому рост интерметаллических соединений Au-Al происходит быстрее, так как электроотрицательность золота выше, чем у меди. Нарушение соединения, полученного золотой проволокой, всегда происходит внутри шара, в то время как разрушение соединения при использовании медной проволоки в основном происходит на контактной площадке. При термическом старении рост интерметаллических соединений Au-Al сопровождается образованием пустот, которые уменьшают механическую прочность и приводят к разрыву соединения. При термическом старении в соединениях Cu-Al пустоты отсутствуют, и это является одним из факторов высокой надежности. Более высокая прочность также связана с твердостью и пределом текучести образующихся алюминидов меди по сравнению с алюминидами золота. Таким образом, качество термозвуковой сварки выводов золотой проволокой хуже, чем медной, по двум основным причинам:

- увеличение переходного сопротивления происходит быстрее;
- из-за более высокой электроотрицательности происходит истощение контактной площадки и образование пустот в соединении.

Чтобы определить надежность соединений, полученных медной проволокой при повышенной влажности и в условиях высоких температур, проводят климатические испытания при повышенных давлении и температуре⁶. Глубина роста интерметаллических соедине-

ний в большей степени подвержена увеличению во время отжига, чем в условиях климатических испытаний, и режимы разрушения шарика при тестах на сдвиг зависят от времени отжига при определенной температуре. При невысокой температуре и длительном времени отжига больше Cu вступает в реакцию с Al, что повышает прочность соединения, и при разрушающем тесте на сдвиг трещина появляется между медным шариком и алюминиевой площадкой. При высокой температуре и более продолжительном времени отжига большая часть алюминия из контактной площадки поглощается медным шариком, и тогда излом шарика при сдвиге смещается в область между интерметаллидами и образующимся SiO₂, поскольку между ними очень плохая адгезия. При температуре отжига 350 °C алюминий из контактной площадки полностью поглощается медным шариком.

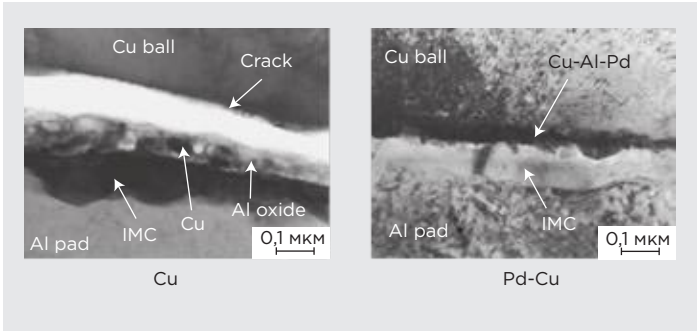
Коррозионно-индуцированные повреждения считаются основной причиной отказа соединения неизолированной медной проволоки при климатических испытаниях. Коррозия – это, в первую очередь, химические реакции интерметаллида Cu-Al с такими галогенами как Cl и Br, которые содержатся в полимерах, применяемых для корпусирования изделий методом литья под давлением. Галогены из полимеров будут действовать как катализаторы в реакции коррозии и превращать интерметаллические соединения Cu-Al в оксиды Al и оксиды Cu, а Cu может быть даже расщеплен из интерметаллида с помощью Cl. Один из возможных процессов реакции коррозии между интерметаллическим соединением и Cl следующий⁷:



Эти реакции коррозии и разложения приводят к образованию трещин на границе раздела. Pd в шарике не влияет на скорость роста интерметаллических соединений, из чего следует, что разницей глубины образующихся интерметаллидов между чистой медной проволокой и покрытой Pd можно

⁶ Shah A, Mayer M, Zhou YN, Hong SJ, Moon JT. Low-stress thermosonic copper ball bonding. IEEE Trans Electron Manuf 2009. 32(3). Стр. 84

⁷ Uno T. Bond reliability under humid environment for coated copper wire and bare copper wire. Microelectron Reliab. 2011. 51. Стр. 56



4 Границы раздела соединений после 400 ч климатических испытаний

пренебречь. Результаты климатических испытаний демонстрируют, что надежность соединений, полученных Pd-Cu-проводами, при повышенной влажности выше, чем у соединений из Cu-провода без покрытия. После 400 ч климатических испытаний трещина образуется на границе раздела для соединений, полученных чистой медной проволокой, а на границе соединений с применением медной проволоки, покрытой палладием, трещины или пустоты не появились. Изображения границ раздела соединений представлены на рис 4⁸, для соединений с применением проволоки Pd-Cu она состоит из раствора Pd-Cu, соединения Al-Pd-Cu и интерметаллических соединений Al-Cu. Слои, обогащенные палладием, улучшают надежность соединения при повышенной влажности, контролируя диффузию и образование интерметаллидов на границе раздела.

⁸ Uno T, Terashima S, Yamada T. Surface-enhanced copper bonding wire for LSI. In: Proceedings of electronic components and technology conference. 2009. Стр. 95

Сжатие алюминиевых контактных площадок и особенности термозвуковой сварки медной проволокой выводов на low-k материалах

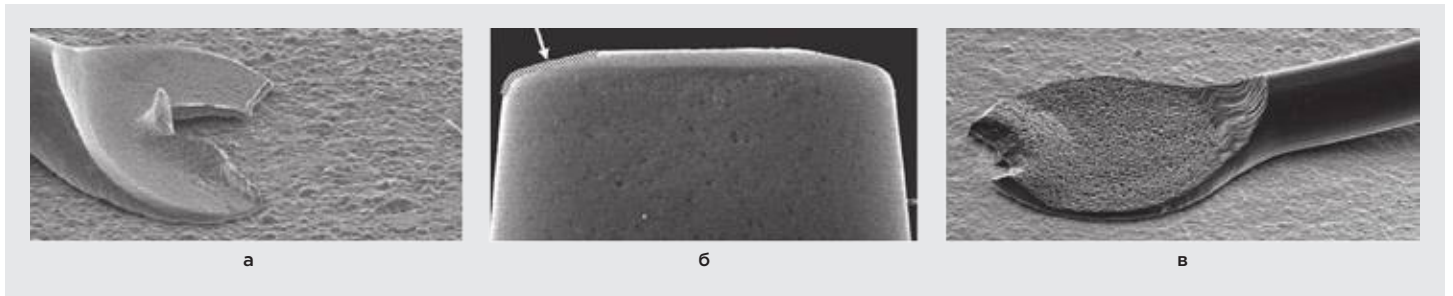
Сжатие алюминиевой контактной площадки является обычным явлением при термозвуковой сварке выводов медной проволокой, но редко встречается при применении золотой проволоки. Алюминий имеет более низкое напряжение текучести по сравнению с медным шариком, особенно при воздействии УЗ. Сжатие Al контактной площадки должно контролироваться, как показано на рис 5. Толщина Al контактной площадки под шариком должна достигать определенного размера, чтобы обеспечить надежность соединения. Если остаточный слой Al под шариком слишком тонкий, он может быть полностью поглощен медью.

Из-за плохой адгезии между интерметаллидами и SiO₂ при тестировании соединений на растяжение шарики отрываются или возникают микротрещины. Из-за выдавливания алюминия на периферии шариков и горизонтального движения инструмента при УЗ-воздействии без приложения вертикального усилия по периметру медные шарики слабо соприкасаются с контактными площадками. Ультразвук влияет на зарождение начальной трещины на периферии шариков, и она со временем будет расширяться от края к центру, при этом ионы Cl будут диффундировать в центр шарика через трещину, что приведет к последующим реакциям коррозии интерметаллидов Cu-Al и вызовет разрушение сварного соединения. Более того, если зона, на которую выдавливается алюминий, больше чем шаг между контактными площадками, это может вызвать КЗ или нарушение работы электрической цепи.

Есть целый ряд технологических приемов для снижения сжатия алюминия. Например, повышение твердости контактной площадки путем ее леги-



5 Сжатие Al контактной площадки: сильное, без контроля (а); качественное соединение без сильного сжатия площадки с применением системы автоматического контроля (б); граница раздела между материалами при качественном шариковом соединении, медная проволока диаметром 15 мкм (в)



6

Вторая точка сварки, полученная методом «шарик-клин», с применением капилляров: низкое качество соединения (а); пример капилляра с особенной конструкцией торца для сварки методом «шарик-клин» (б); качественное клиновое соединение во второй точке полученное при помощи капилляра (в)

рования Si или Cu, оптимизация параметров процесса, таких как уменьшение усилия сварки или мощности УЗ, использование более мягкой медной проволоки для получения более мягких шариков. Помимо этого, нанесение покрытий из NiPd или NiPdAu поверх контактных площадок также является одним из способов предотвращения сдавливания Al и повреждения контактных площадок. Чистота проволоки также оказывает определенное влияние на степень сжатия алюминия. Благодаря высокой чистоте материала в шарике гораздо меньше включений и снижается напряжение текучести, что, в свою очередь, требует меньшего усилия при сварке и обеспечивает малое сжатие алюминия во время процесса.

Для улучшения характеристик конечных изделий производители микросхем используют многоуровневую компоновку контактных площадок и заменяют SiO₂ диэлектрическими материалами с низкой диэлектрической проницаемостью (low-k). Эти материалы обладают слабой механической прочностью, что в сочетании с высокой твердостью медной проволоки создает новые проблемы по ее применению для термозвуковой сварки выводов. Внедрение пористости в существующие low-k-материалы – типовой способ создания материалов со сверхнизкой диэлектрической проницаемостью (ultra-low-k). Пористость в диэлектрических пленках снижает модуль упругости и твердость, что в большинстве случаев вызывает плохую адгезию к другим слоям. При термозвуковой сварке высокие значения параметров процесса приводят к повреждению контактных площадок, а низкие не ведут к образованию соединения между материалами. Один из способов снизить риск повреждения контактной площадки – увеличить ее толщину, тогда потребуется повысить усилие сварки, но при этом будет выдавливаться больше Al, что, как мы уже выяснили, является одной из критических проблем. Для термозвуковой сварки выводов на low-k-пластинах нужно применять медную проволоку высокой чистоты, для которой требуется меньшая мощность УЗ, и время сварки должно быть больше.

Оборудование и инструмент для термозвуковой сварки и механического контроля проволочных соединений

Чтобы составить полную картину и определить механизм разрушения соединений между материалами при термозвуковой сварке выводов, потребуется тестирование шариков на отрыв и сдвиг, сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия для анализа интерметаллических соединений или дефектных шариков. Поэтому очень важны возможности оборудования и программного обеспечения для правильной настройки параметров процесса термозвуковой сварки при работе с различными материалами, включая low-k. Инструмент для сварки также является очень важным аспектом, поскольку напрямую влияет на качество соединений. Обрыв самой проволоки и ее отрыв от контактной площадки – типичная проблема при стежковой микросварке (рис 6а), и подбор капилляра подходящей конструкции улучшает качество соединения проволоки к контактной площадке (пример формы кончика капилляра представлен на рис 6б). За счет строения торца капилляра можно снизить проскальзывание между ним и проволокой и значительно улучшить качество соединения (рис 6в).

Для проведения механического контроля проволочных соединений используют установки для разрушающего контроля на отрыв и сдвиг. Один из партнеров ООО «Остек-ЭК» – компания Nordson Dage⁹, подразделение компании Nordson Electronics Solutions – производит оборудование (рис 7) под различные задачи в области разрушающего контроля материалов. Системы Nordson Dage обладают гибкостью, которая достигается применением различной оснастки и уникальных быстрозменных картриджей с нагрузками при нажиме до 50 кг, на отрыв до 50 кг и на сдвиг до 200 кг, что позволяет

⁹ <https://www.nordson.com/en/divisions/dage/bondtesting-systems>



7
Варианты конструкций систем Dage: полуавтоматическая (а), автоматическая (б), автоматическая в корпусе с дверцами, включая блок фильтров и ионизаторы для работы в чистых помещениях (в)

экономить время и проводить комбинированные испытания сложных сборок.

Технологическим партнером «Остек-ЭК» при решении любых задач по термозвуковой сварке является компания Kulicke and Soffa Industries, Inc.¹⁰ (далее K&S), признанная одним из мировых лидеров по производству автоматизированного оборудования для термозвуковой сварки выводов лентой, тонкой и толстой проволокой из различных материалов, для сборочного производства широкой номенклатуры изделий от микропроцессоров до аккумуляторных батарей для электромобилей. K&S также разрабатывает и производит всю необходимую оснастку и инструменты для качественной термозвуковой сварки как в стандартном исполнении, так и по требованиям заказчика.

Каждая модель оборудования от K&S (рис 8) – это высокопроизводительная система термозвуковой сварки, обладающая гибкостью, необходимой для многономенклатурного серийного производства, и обеспечивающая высокую производительность за счет запатентованных решений, ускоряющих перенастройку с одного типа проволоки и изделия на другой.

Преимущества оборудования K&S:

- Термозвуковая сварка выводов керамическими капиллярами методами «шарик-клин» и «клин-клин» всеми типами проволоки без замены головы (только серия RAPID).
- Система автоматического контроля с функцией мониторинга процесса термозвуковой сварки в реальном времени и анализ данных для обеспечения максимального выхода годных изделий.

- Система контроля и управления, собирающая данные о состоянии главных подсистем и сохраняющая их для анализа.
- Запатентованные адаптивные процессы ProCu, ProAu, ProAg, ProStitch Plus (PSP) и программное решение для 3D-программирования профиля петли AutoOLP, обеспечивающие стабильное качество при максимальной производительности путем простой оптимизации параметров.

Заключение

Медная проволока в качестве альтернативы золотой имеет множество преимуществ:

- Особо чистая медь более чем в 25 раз дешевле золота.
- Медь имеет более высокую электро- и теплопроводность.
- Медная проволока имеет более высокую жесткость на разрыв и сдвиг.
- Рост интерметаллических соединений происходит намного медленнее при использовании медной проволоки.
- Из-за низкой электроотрицательности меди истощение контактной площадки происходит медленнее и резко снижается образование пустот в соединении.

Однако из-за физических и химических свойств при термозвуковой сварке выводов медной проволокой следует учитывать ряд факторов:

- Для процесса требуется система подачи инертного газа в зону сварки.
- Требуется контроль сжатия контактной площадки.
- Для более качественных соединений требуется Cu-проволока с Pd-покрытием.

¹⁰ <https://www.kns.com/>



8

Базовые модели оборудования для термозвуковой сварки от K&S

В настоящее время в исследования и разработки вкладывают большие средства, чтобы понимать и оценивать как недостатки, так и плюсы применения меди. Эти исследования позволили получить практически результаты в развитии и применении технологии термозвуковой сварки медной проволокой выводов микро-

схем, компонентов и силовых элементов. Сегодня особо пристальное внимание мирового научно-производственного сообщества направлено на актуальные технологии термозвуковой сварки выводов медной проволокой между контактными площадками со сверхмелким шагом на low-k материалах.

На сайте ООО «Остек-ЭК» в разделе <https://ostec-micro.ru/catalog/equipment/mikrosvarka-vyvodov/> представлены подробные материалы о системах термозвуковой сварки. По всем вопросам, связанным с термозвуковой сваркой и другим технологиям, оборудованием, оснасткой и инструментами для производства микроэлектроники, обращайтесь по телефону: +7 (495) 877-44-70 или по e-mail: micro@ostec-group.ru.



Экономичность

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

Подтвержденное качество

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

Максимальная совместимость

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

Контроль и стабильность

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

Эффективность и универсальность

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

ZESTRON
High Precision Cleaning



Никаких полумер. Вся полнота преимуществ

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

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

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



будущее
создается

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



КАЧЕСТВО

Удаляем влагозащитные покрытия – быстро, точно, безопасно

Текст: Юрий Ковалевский
Владимир Мейлицев



Осенью 2020 года в Ялте прошел Международный форум «Микроэлектроника 2020». В демозоне форума компания «Остек-Интегра» показала собственную разработку – установку микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей».

О том, как появилась идея создания установки, как она работает и насколько «пришлась ко двору» у российских производителей электроники, рассказывает начальник отдела продаж ООО «Остек-Интегра» Денис Поцелуев.

Группа компаний Остек хорошо известна как поставщик технологий, материалов, оборудования. Здесь же вы представляете установку своего производства. Расскажите о ней подробнее.

Это установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий, она называется «Борей». Это наша собственная разработка, и в этом году у нее юбилей – пять лет со дня выхода на рынок.

К тому, что такая машина нужна, мы пришли, наблюдая, как сейчас происходит процесс удаления отвержденного влагозащитного покрытия при ремонте печатных узлов. Наши производители сталкиваются с определенными сложностями, особенно при работе с широко применяемым отечественным покрытием типа УР-231. Для его снятия в случае необходимости ремонта или доработки печатного узла приходится пользоваться не самыми технологичными методами: либо удалять вручную при помощи скальпеля, либо применять достаточно агрессивные растворители типа этилцеллозольва, который к тому же требует замачивания на сутки и даже более. И в том и в другом случае существует риск повреждения компонентов, или паяльной маски, или элементов топологии платы печатного узла. О вреде здоровью персонала даже говорить не приходится.

Технология, на которой основана работа «Борей», придумана не нами, но в нашей стране мы первые, кто ее воплотил, и пока единственные. Принцип действия установки состоит в удалении покрытия путем воздействия струи воздуха вперемешку с мелкодисперсным абразивом. Абразив смешивается с воздухом в блоке подачи, смесь по гибкому шлангу подается в дозирующий клапан, расположенный в рабочей камере. Оператор пропускает руки через отверстия в передней стенке камеры и таким образом получает возможность оперировать клапаном и перемещать в нужное положение обрабатываемый печатный узел.

Мы используем абразив производства компании HumiSeal, нашего поставщика влагозащитных покрытий. Он сделан на основе пшеничного крахмала, его частицы имеют размер от 100 до 160 мкм, что позволяет мягко и быстро удалять покрытие с самых малоразмерных участков, вплоть до отдельных выводов и компонентов типоразмера 01005.

Преимущества такой технологии перед традиционными методами снятия влагозащитных покрытий очевидны. Она не требует применения каких бы то ни было растворителей, что обеспечивает чистоту и безопасность на рабочем месте. Покрытие снимается очень быстро, исключается риск повреждения компонентов и печатного основания. Машина поставляется в полностью антистатическом исполнении: в рабочей зоне организована антистатическая завеса, в комплект входят микроионизатор и антистатические браслеты.

Особую роль играет микроионизатор. В установке «Борей» он встроен в наконечник под определенным углом, чтобы полностью исключить возникновение



Начальник отдела продаж ООО «Остек-Интегра» Денис Поцелуев

электростатических зарядов, которые, как известно, могут быть губительны для электроники и компонентов. В других установках микроионизатор отсутствует либо выполнен в виде отдельного щупа. Недостатки в этом случае очевидны: у оператора заняты обе руки и нет возможности расположить щуп на нужном расстоянии, чтобы полностью исключить возникновение электростатического разряда.

Предусмотрены ли меры для помощи оператору в части контроля за результатами обработки?

В установке применены два вида освещения рабочей зоны: обычный дневной свет и ультрафиолетовая подсветка. Не все производители включают в состав своих покрытий флуоресцирующий компонент, хотя это полезно как в процессе нанесения покрытия, так и при ремонте или доработке изделий с уже отвержденным покрытием. В первом случае флуоресценция обеспечивает контроль правильности нанесения влагозащиты, во втором – избавляет оператора от необходимости напрягать зрение для определения границ освобожденного участка, фактически исключая вероятность ошибки.

Применяете ли вы какие-то особые методы для продвижения установок на рынке?

Сейчас мы предлагаем клиентам такие формы знакомства с «Бореем» как тест-драйв или аренда. Мы сами привезем установку, подключим, обучим специалистов, и пользователь сможет попробовать ее в составе своего технологического процесса. Если результат будет



Установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей»

оценен положительно, то мы договариваемся о последующей продаже. Если же клиент не заявляет намерения приобрести установку сразу после опытной эксплуатации, то мы забираем ее обратно – может быть решение о покупке у клиента созреет позже.

Некоторые клиенты уже воспользовались такой возможностью и, попробовав «Борей» в формате тест-драйва или аренды, купили его. Относительно общего интереса пользователей к установке «Борей» могу сказать, что сегодня, спустя пять лет с момента появления на рынке, эту машину уже можно увидеть на ведущих предприятиях российской радиоэлектронной отрасли.

Как вы позиционируете «Борей» в сравнении с зарубежными аналогами?

Зарубежных аналогов этой установки в России не так уж много. Вряд ли имеет смысл обсуждать преимущества «Борея» перед ними; стоит лишь отметить, что для него мы взяли самое лучшее. Нет, речь не идет о прямом копировании, но, конечно, в ходе разработки был использован и опыт конкурентов – это совершенно нормальная практика при проектировании новой техники. «Борей» – это машина, максимально оснащенная всеми полезными устройствами и опциями.

Что вы показываете на Форуме по традиционному направлению деятельности «Остек-Интегра» – материалам для радиоэлектроники?

Как всегда, представлен полный спектр материалов для производства радиоэлектронной аппаратуры. Материалы для микроэлектроники: образцы чистых металлов, которые мы можем поставлять, пластины, преформы, пасты для микроэлектронного монтажа. Также – всё для сборки печатных узлов; материалы для всех технологий, которые используются в поверхностном монтаже: паяльные пасты Indium, трубчатые припои, припои для групповой пайки Tamura Elsold, влагозащитные покрытия HumiSeal, отмывочные жидкости Zestron.

И, конечно, заливочные компаунды. В этом сегменте мы представляем продукцию двух наших партнеров: силиконовые покрытия и заливочные компаунды компании DOW и полиуретановые компаунды компании Stockmeier. Отмечу, что с прошлого года в нашем пуле появились еще два поставщика, которые обеспечивают направление эпоксидных заливочных смол. Мы наладили сотрудничество со всемирно известным брендом – компанией Elantas – и с немецкой фирмой IsoElektra. У эпоксидных смол много сфер применения, мы же поставляем их для наших клиентов, занимающихся производством трансформаторов и другой электротехники.

Спасибо за интересный рассказ



Начните работать в новом качестве

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

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

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

Тренинги IPC от Остека это:

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

Тренинги IPC от Остека позволят вам:

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

ОПТИМИЗАЦИЯ

Автоматизация смешивания и дозирования отечественных силиконовых компаундов – миф или реальность?

Текст: Александр Савельев
Денис Поцелуев

”

Производители электроники и электротехники, работающей в жестких условиях, непрерывно ищут пути механизации и автоматизации процессов смешивания и заливки компаундов. Поскольку большинство отечественных компаундов было разработано и продолжает производиться без учета требований по автоматизации процесса их применения, многие потребители сталкиваются с серьезными трудностями при подборе и эксплуатации автоматизированного смесительно-дозировочного оборудования. В статье мы рассмотрим ключевые характеристики отечественных силиконовых компаундов и их влияние на решение задач по автоматизации, расскажем о том, с какими сложностями может столкнуться производитель, и возможно ли в принципе качественно автоматизировать процесс смешивания и дозирования таких компаундов.

Ключевые характеристики материалов и их влияние на возможность автоматизации

Большинство отечественных силиконовых компаундов было разработано во времена, когда требования к автоматизации применения этих продуктов были крайне низкими или отсутствовали вовсе. Под автоматизацией мы подразумеваем подготовку, смешивание и дозирование компонентов компаунда при помощи специализированного оборудования, которое позволяет загружать исходные компоненты в бак, а на выходе получать готовую смесь с определенной скоростью подачи и размером дозы. Параметры соотношения смешивания, производительности и объема дозирования контролирует система управления оборудованием. Поскольку любое технологическое оборудование имеет ограничения по ключевым параметрам и технологическому окну процесса, то и оборудование для смешивания и дозирования не является исключением. В нашем случае ограничениями являются параметры входящего сырья, а именно физические характеристики компонентов компаунда. К наиболее важным из них относятся:

- соотношение смешивания компонентов;
- вязкость компонентов и ее отклонение от номинального значения;
- плотность каждого компонента и отклонение от номинального значения;
- взаимная растворимость компонентов;
- химическая агрессивность;
- абразивность (наличие наполнителей с относительно крупными частицами и высокой твердостью по Шкале Мооса).

У каждой характеристики или параметра есть наиболее предпочтительные значения или диапазоны, соблюдение которых позволяет автоматизировать процессы смешивания и дозирования в стандартных режимах на типовом оборудовании. При изучении характеристик отечественных силиконовых компаундов, заявляемых производителем, мы нередко встречаем крайние значения по ряду параметров. Практика показывает, что наличие крайнего значения хотя бы одного из перечисленных параметров делает автоматизацию довольно затруднительной или вообще невозможной (Т 1).

Рассмотрим более подробно каждый параметр и то, какое влияние и в какой степени каждый из них оказывает на возможность автоматизации силиконового компаунда.

Вязкость компонентов

Вязкость отдельно взятого компонента является одной из определяющих характеристик при выборе насоса. Если вязкость слишком низкая, то далеко не каждый насос сможет точно дозировать этот компонент. Например, современные шестеренчатые насосы стабильно дозируют жидкости с вязкостью примерно от 20 сПз. Если это значение ниже, то рассчитывать на нормальную работу насоса не приходится. А неправильный коэффициент смешивания компаунда может непрогнозируемо исказить конечные свойства силиконового компаунда после отверждения (рис 1). Слишком высокая вязкость компонента, напротив, не позволяет подавать материал в насос и прокачивать его без вспомогательного оборудования. Так, для компонен-

Т 1

Ключевые характеристики силиконовых компаундов для автоматизации процесса

ХАРАКТЕРИСТИКА	ТИПОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАУНДОВ	ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
Соотношение смешивания	100:0,25 – 100:6	100:10
Вязкость компонента А (основа), сПз	500-2 500 0000	500-1 000 000
Вязкость компонента В (катализатор), сПз	1-10	50-500
Относительное отклонение вязкости от номинального значения	50-1000 %	10 %
Взаимная растворимость компонентов	Плохо – удовлетворительно	Хорошо – отлично
Соотношение плотности компонентов А/В	1:1 – 2,5:1	1:1 – 1,5:1
Соотношение вязкости компонентов А/В	10 ⁴ :1 – 10 ⁶ :1	10 ¹ :1 – 10 ³ :1
Химическая агрессивность	Средняя – высокая	Низкая или отсутствует
Абразивность, ед. по шкале Мооса	5-9	3-7
Размер частиц наполнителя	До 100 мкм	До 10 мкм



1

Неправильно заполимеризовавшийся компаунд в драйвере из-за нарушения пропорции смешивания, вызванной слишком низкой вязкостью катализатора (смешивание и дозирование в оборудовании)



2

Система смешивания и дозирования Dopag Metamix special 2K со статическим смесителем – пример автоматизации Висксинт У-1-18



тов с вязкостью выше 1 000 000 сПз придется использовать специальный ведерный (бочковой) насос, что приведет к заметному увеличению стоимости оборудования. Практика и опыт наших клиентов показывают, что большинство отечественных силиконовых компаундов могут иметь разброс вязкости в два и более раза, а в некоторых случаях – до 10 раз. И если для ручного смешивания это не столь критично, то при автоматизации повторяемость процесса может оказаться под угрозой.

Также важно учитывать разницу в вязкости смешиваемых компонентов. Некоторые отечественные силиконовые материалы готовятся из компонентов, разница в вязкости которых достигает шести порядков: компонент А имеет вязкость около 2 000 000 сПз, а компонент В – около 10 сПз. Только очень узкий спектр оборудования способен смешивать компоненты с такими характеристиками.

В качестве примера можно привести задачу по автоматизации трехкомпонентного силиконового герметика Висксинт У-2-28:

- соотношение смешивания компонентов А:В:С = 100:2:2;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов А более 1000000 сПз, В до 5 сПз, С до 5 сПз;
- плотность компонентов А 2,2 г/см³, В ≈ 1 г/см³, С ≈ 1 г/см³.

Для решения была выбрана система Dopag Metamix special 3K со статическим смесителем. Точность смешивания и дозирования компонентов достигалась в пределах +/-3 %. Для подачи высоковязкого компонента А использовался экструдер Dopag P30.

Соотношение смешивания

Это наиболее важная характеристика для двухкомпонентных компаундов, которая определяет удобство смешивания компонентов конечным пользователем продукта. Современные производители силиконовых компаундов уже давно выбрали два наиболее популярных соотношения смешивания: 1:1 по массе и 10:1 по массе. Это позволяет легко приготовить смесь как ручным способом, так и при помощи технологического оборудования.

К сожалению, большинство силиконовых компаундов отечественного производства имеет соотношение смешивания, сильно отличающееся от вышеуказанного. Наиболее часто встречаются пропорции 100:3, 100:5, 100:2.5, а для некоторых продуктов даже 100:0.25, что по факту означает – 400:1. Оборудование в стандартном исполнении, предназначенное для смешивания материалов со стандартными коэффициентами смешивания, не сможет качественно смешать компоненты в таких пропорциях. В ряде случаев приходится проводить тесты в лаборатории производителя оборудования Dopag (Hilger и Kern), чтобы предлагать заказчикам оборудование для автоматизации компаундов даже с нестандартными и очень неудобными коэффициентами смешивания.

Dopag Metamix special 2K (рис 2) со статическим смесителем может смешивать и дозировать двухкомпонентный силиконовый герметик Висксинт У-1-18 со следующими характеристиками:

- соотношение смешивания А:В = 400:1;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов А более 500000 сПз, В до 10сПз;
- плотность компонентов А 2,2 г/см³, В ≈ 1 г/см³.

Точность смешивания и дозирования компонентов на оборудовании не выходит за пределы $\pm 3\%$.

Абразивность и наполнители

Наиболее важными характеристиками наполнителей являются размер частиц и абразивность (твердость по шкале Мооса). Размер частиц наполнителя определяет вязкость, теплопроводность, прочность и другие характеристики смеси и полимеризованного компаунда. В мировой практике размер частиц наполнителя более 10 мкм используется крайне редко. Пороговым значением является размер 100 мкм. По нашим данным в ряде отечественных силиконовых продуктов могут содержаться частицы наполнителя размером более 300 мкм.

Содержание в компаунде высокоабразивных наполнителей (например, оксида кремния с твердостью по шкале Мооса около 7 ед.) может привести к высокому износу деталей насосов, клапанов, трубопроводов и смесителей и даже вывести оборудование из строя (рис 3). Для нормальной работы оборудования с крупными и высокоабразивными наполнителями производитель вынужден использовать специальные версии насосов, клапанов и других узлов. В поставляемой нашей компанией номенклатуре оборудования есть специализированное решение для автоматизации высоконаполненных компаундов – Vectomix TC (рис 4).

Установка Vectomix TC способна дозировать такие материалы, как двухкомпонентный теплопроводящий силиконовый компаунд Momentive TIA 219R со следующими характеристиками:

- соотношение смешивания А:В 100:100;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов $A \approx 9000$ сПз, $B \approx 7000$ сПз;
- плотность компонентов А и В $\approx 2,7$ г/см³;
- наполнитель на основе оксида алюминия, твердость по шкале Мооса -9 единиц;
- точность смешивания и дозирования компонентов находится пределах $\pm 3\%$.

Для повышения износостойкости трущиеся детали плунжерных насосов и клапанов выполнены из карбида вольфрама. Ресурс машины составляет около 1000 часов непрерывной работы. Все смачиваемые детали и магистрали сделаны из нержавеющей стали, что исключает возникновение нежелательных химических реакций.

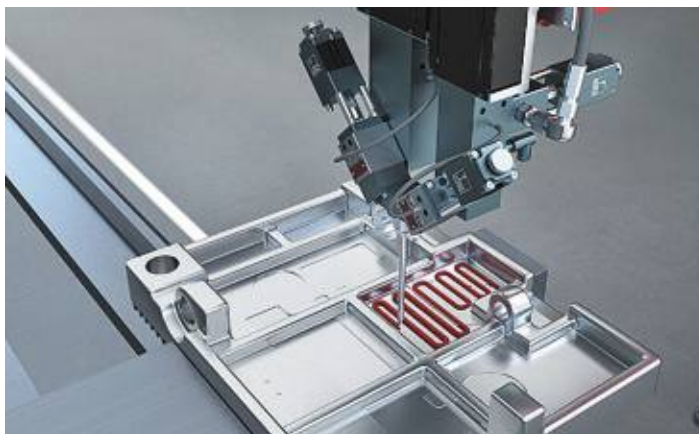
Химическая стабильность и агрессивность

Большинство силиконовых компаундов, произведенных в РФ, имеет в своем составе катализатор, который основан на аминсилане. Он может оказывать разрушающее воздействие на резиновые уплотнители и иные полимерные детали в составе оборудования. При решении задачи по автоматизации все уплотнители и иные полимерные детали установки Dorag Eldomix (рис 5)



3

Сломанная деталь насоса. Наполнитель заблокировал насос, в результате чего каленая стальная пластина корпуса лопнула



4

Vectomix TC: специализированная система для дозирования и смешивания теплопроводящих материалов



5

Установка смешивания и дозирования двухкомпонентных материалов Dorag Eldomix 100

ТЗ

Сравнение возможностей систем дозирования

МАТЕРИАЛ		СООТНОШЕНИЕ СМЕШИВАНИЯ	МИНИМАЛЬ- НАЯ ВОЗМОЖ- НАЯ ДОЗА, МЛ	ПОГРЕШНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ/ ДОЗИРОВАНИЯ	СКОРОСТЬ ПОДАЧИ, МЛ/МИН
Виксинт У-2-28, Виксинт У-1-18	Оборудование Dorag	100:2:2, 100:0,25 (400:1)	1	+/-3 %	10-100, 10-100
	Оборудование компании А	Не реализуемо	Не реализуемо	Не реализуемо	Не реализуемо
Виксинт К-68 Виксинт ПК-68	Оборудование Dorag	100:3- 100:5	0,4	+/-3 %	10-1000
	Оборудование компании А	От 100:5	5	+/-10 %	От 500

были изготовлены из специальной химически стойкой резины.

Пожароопасность

Температура вспышки катализаторов многих отечественных компаундов не превышает 30 °С, что означает их принадлежность к ЛВЖ. А это значит, что при проектировании оборудования необходимо принять дополнительные меры безопасности. Специалисты ГК Остек и производитель оборудования Dorag внимательно изучают все свойства компонентов и их смеси до начала проектирования установки. При обнаружении признаков пожароопасности в конструкцию машины закладываются соответствующие

компоненты и алгоритмы работы, чтобы исключить возникновение аварийных ситуаций.

Катализатор одного из самых распространенных отечественных силиконовых компаундов Виксинт К 68 имеет точку вспышки ≈ 25 °С. В процессе производства установки Dorag Eldomix для смешивания и дозирования этого компаунда были применены следующие меры безопасности:

- система выравнивания потенциалов;
- система насыщения бака В осушенным азотом;
- электронные компоненты во взрывозащищенном исполнении (Ex);
- защитные перегородки;
- система запрета работы при отсутствии вентиляции на рабочем месте.

Характеристики оборудования

При автоматизации столь непростых отечественных компаундов ключевую роль играет правильно выбранное оборудование. На первый взгляд, установки смешивания и дозирования различных производителей схожи по принципу работы, могут незначительно отличаться рядом характеристик и стоимостью. Но опыт работы с клиентами и материалами показывает, что дьявол кроется в мелочах. Неправильно выбранное под материал и задачу оборудование, его конфигурация, тип насосов, система смешивания могут совсем не соответствовать ожидаемым результатам в процессе эксплуатации. И этому есть подтверждения, когда заказчик выбирал оборудование по цене, не погружаясь в нюансы смешивания и дозирования нестандартных материалов. В итоге – существенная погрешность смешивания или дозирования, низкая повторяемость, ограниченная или нестабильная скорость подачи. Пример сравнения возможностей систем дозирования приведен в ТЗ.

Команда Остека обладает обширными знаниями по автоматизации отечественных силиконовых компаундов и уже более 10 лет успешно справляется с подобными задачами. В перечень реализованных в России проектов вхо-



6

Установка смешивания и дозирования двухкомпонентных материалов Dorag Vectomix

Т 4

Примеры автоматизации отечественных материалов на оборудовании Dorag

МАТЕРИАЛ	ЗАДАЧА	ОБОРУДОВАНИЕ	СООТНОШЕНИЕ СМЕШИВАНИЯ	МИНИМАЛЬНО ДОСТУПНАЯ ДОЗА, мл	СКОРОСТЬ ПОДАЧИ, мл/мин	ПОГРЕШНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ/ ДОЗИРОВАНИЯ
Виксинт У-1-18	Герметизация разъемов	Dorag Metamix	100:0,25 (400:1)	1	10-100	+/-3 %
Виксинт К-68	Герметизация электронных узлов	Dorag Vectomix	100:3	2	30-100	+/-3 %
Силагерм 2113	Заливка источников питания	Dorag Eldomix 100	100:15	3	100-750	+/-3 %
Пентэласт 722	Герметизация радиопередатчика	Dorag Vectomix	100:3	5	40-300	+/-3 %
Виксинт ПК-68	Заполнение оболочки кабеля	Dorag Eldomix 600	100:3	10	120-1000	+/-3 %

дят системы дозирования таких материалов, как Виксинт У-1-18, У-2-28, У-4-21, К-68, ПК-68, а также Силагерм и Пентэласт (рис 6, Т 4). Наши специалисты нашли решение по автоматизации сложных материалов с наполнителями, включая кварцевую муку и оксид алюминия, вспененных материалов, материалов с коэффициентом смешивания от 100:100 до 100:0,25.

Если у вас есть задачи по автоматизации смешивания и дозирования компаундов, импортных или отечественных, любого уровня сложности – доверьте дело

профессионалам! Наши специалисты предоставят консультации по любым вопросам, окажут помощь в подготовке технического задания, проведут демонстрацию оборудования в демозале ГК Остек, а также испытают ваш материал для подтверждения работоспособности оборудования и решения поставленных задач.

Заявки направляйте по электронной почте dispensing@ostec-group.ru или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра».



ТЕХПОДДЕРЖКА

Выбор оборудования для решения измерительных задач

Текст: Алексей Белоусов
Иван Архипов



На любом предприятии, где есть производство, связанное с механической обработкой материалов, рано или поздно возникает необходимость внедрения в технологии контроля различных автоматизированных систем и средств контроля. И это не только привычные и знакомые средства измерений, в том числе с численно-программным управлением, и программное обеспечение по управлению качеством выпускаемой продукции. Также это измерительные системы, которые позволяют контролировать геометрические параметры на степень износа и годность используемых ручных средств измерений и средств допускового контроля.

Использование подобного оборудования и программных продуктов направлено на решение следующих задач:

- снижение влияния человеческого фактора при контроле деталей на наличие брака;
- увеличение скорости контроля продукции;
- увеличение объема выборки контролируемых деталей для повышения достоверности контроля;
- получение возможности предопределять появление брака на производстве для своевременного принятия мер по его предотвращению;
- снижение временных потерь и простоев, связанных с отправкой средств измерений и допускового контроля на проверку;
- возможность контроля больших партий простых и однотипных изделий (болты, шпильки и пр.).

Для оптимального подбора конфигурации средства измерений – диапазоны измерений, точность, набор дополнительного оборудования и т. д. – необходимо правильно сформулировать задачу по его выбору. Для этого нужно определиться с номенклатурой измеряемых деталей: габаритами, массой, точностью изготовления и пр., производительностью операций по их контролю, условиями эксплуатации данного оборудования. Последний фактор очень важен, так как непосредственно влияет на точностные характеристики измерительного оборудования и, соответственно, на результаты измерений. Каждый производитель измерительной техники указывает не только паспортную точность предлагаемого к поставке оборудования, но и допустимые условия эксплуатации: температуру, влажность, уровень вибраций и другие. Это делается для того, чтобы потенциальный заказчик мог определить свои возможности по обеспечению указанных условий эксплуатации. На данный момент большинство поставщиков высокоточного измерительного оборудования имеет в своем ассортименте оснастку, позволяющую нивелировать негативное влияние внешних факторов на точность измерительного оборудования.

Одно из наиболее универсальных и распространенных средств контроля – координатно-измерительная машина (КИМ). Обычно данное оборудование появляется одним из первых на производстве. При соблюдении требований, прописанных в руководстве по эксплуатации, оно обладает достаточно большим сроком службы (в среднем не менее 10 лет), поэтому необходимость замены возникает не так часто. За такой отрезок времени обычно происходит:

- появление новых поставщиков;
- уход известных брендов;
- серьезная модернизация модельного ряда с расширением измерительных возможностей;
- изменение геополитической обстановки и уровня санкционных рисков;
- изменение финансово-экономической ситуации.

Помимо перечисленного, каждый заказчик сталкивается с проблемой выбора КИМ, исходя из необходимых

ему точностных характеристик. По ГОСТ 8.051-81 точность средства измерений должна соответствовать соотношению $0,25...0,3T$, где T – поле допуска измеряемого размера. При выборе за основу следует брать размер с самым жестким допуском. Заказчик обращается к каталогам различных производителей стационарных координатно-измерительных машин, в которых производители указывают два параметра точности: пространственная погрешность измерений и погрешность измерительной головы КИМ. Пространственная погрешность определяется по формуле $0,5+L/1000$; $1,5+L/250$; $2,0+2L/1000$ (зависит от модели и производителя КИМ). Как правило, первое слагаемое в данной формуле равно значению погрешности измерительной головы, но часто бывает и так, что ее погрешность чуть больше значения первого слагаемого в указанной выше формуле. Так как КИМ приобретает как универсальное средство измерений, учитывая, в первую очередь, габариты планируемых к измерению деталей, потенциальным покупателям следует обращать большее внимание на второе слагаемое в формуле пространственной погрешности. Это связано с тем, что КИМ с погрешностью, например, $1,5+L/250$ будет давать более грубые измерения габаритных деталей по сравнению с $2,0+2L/1000$. Т.е. если взять для измерения габаритный размер 300 мм, то погрешность измерений на первой машине с учетом формулы составит 2,7 мкм, а на второй – 2,6 мкм. С увеличением значения измеряемого размера данная разница будет только увеличиваться.

Еще одна проблема – санкционные риски при поставке измерительного оборудования (не только КИМ). С данными рисками сталкиваются многие заказчики и поставщики на российском рынке. И это связано не только с поставками нового оборудования, но и с поставками запасных частей на уже имеющиеся системы. Остек-АртГул сотрудничает с ведущими производителями измерительного оборудования, которые гарантируют поставки своей продукции даже несмотря на такие риски.

Для многих предприятий проблемой также является ассортимент продукции производителей измерительных систем. Особенно она актуальна для производителей координатно-измерительных машин. Как правило, поставка стационарной КИМ происходит в следующей последовательности: выбор координатно-измерительной машины и согласование ее конфигурации, заключение договора, доставка оборудования, его монтаж (включая настройку и сдачу по точности) и инструктаж работников заказчика. Однако на многих предприятиях имеется очень широкая номенклатура деталей, ассортимент и объемы которой с течением времени увеличиваются. Понимая это, многие производства строят планы по оснащению своих отделов контроля и измерительных лабораторий не только стационарными, но и мобильными (переносными) КИМ, а также дополнительным оборудованием – сканерами, поворотными столами, крепежны-



1

КИМ Innovalia Metrology Spark

ми оснастками и т. д. В этом случае для заказчика будет актуально, чтобы и на стационарной, и на мобильной КИМ было одинаковое программное обеспечение. В этом случае тратится существенно меньше времени на инструктаж операторов по работе с ПО.

Также немаловажное значение имеет ассортимент дополнительных приспособлений и оборудования, которые может поставить производитель. Это связано с расширением измерительных задач заказчика и отсутствием необходимости приобретения новой КИМ. Ведь дополнить уже имеющееся оборудование новыми устройствами и оснасткой гораздо дешевле, чем покупать новое.

Одним из поставщиков ООО «Остек-АртТул» является испанская компания Innovalia Metrology¹. Компания использует самые передовые технологии и материалы при разработке и производстве своей продукции (рис 1), которая включает:

- стационарные и мобильные координатно-измерительные машины;
- программное обеспечение для осуществления измерений на КИМ и управления качеством выпускаемой продукции;
- лазерные сканеры;
- прецизионные поворотные столы;
- крепежную оснастку для фиксации деталей во время процесса измерений;
- калибровочные приспособления для настройки и проверки точности измерительных систем.

Но было бы ошибочным считать, что можно решить проблему качества выпускаемой продукции только с помощью поставки координатно-измерительных машин с большим ассортиментом дополнительных приспособлений или иных измерительных систем с численно-программным управлением. В данном случае необходимо применять комплексный подход, так как в процессе производства деталей участвует большое количество единиц оборудования, инструмента, оснастки. Каждая единица из данного списка подвержена естественному износу, который рано или поздно станет причиной появления брака.

Поэтому для решения таких проблем необходимо применять программное обеспечение на основе статистического анализа по управлению качеством готовой продукции. Алгоритм работы данного ПО заключается в том, что оно анализирует изменение значений геометрических параметров контролируемых деталей и может предупредить о том, когда какой-либо из геометрических параметров детали выйдет за пределы поля допуска и начнется производство брака. Таким образом у заказчика появится возможность отследить по технологической карте производства оборудование и инструмент, ответственные за получение требуемых значений данного геометрического параметра, и вовремя провести его ремонт, замену или технологическое обслуживание, предотвратив появление брака. Ассортимент программного обеспечения, поставляемый компанией Innovalia Metrology, включает в себя ПО, позволяющее пользователям проводить подобный анализ статистики результатов измерений.

Однако не стоит забывать о случаях, когда применять сложное измерительное оборудование типа КИМ нецелесообразно (не оправдана высокая точность средства измерения), а часто и просто нерентабельно. В таких случаях на производствах используют ручные средства измерений (штангенциркули, микрометры, нутромеры и т. д.) или средства допускового контроля, которые включают в себя калибры-пробки, калибры-кольца, причем как гладкие, так и резьбовые или же, в случае больших объемов производства, измерительно-инспекционные машины.

Рассмотрим сначала ситуацию с ручными средствами измерений и средствами допускового контроля. Как и любое другое, данное оборудование подверже-

¹ Более подробно с ассортиментом и возможностями оборудования компании Innovalia Metrology можно ознакомиться на сайте www.arttool.ru

но механическому износу, что приведет к тому, что бракованные изделия будут признаваться годными. Как правило, у многих компаний, которые занимаются механической обработкой, в арсенале имеется довольно большое количество подобных средств измерений и средств допускового контроля. А значит рано или поздно они столкнутся с тем, что отдавать данные средства измерений для контроля их годности на сторону станет нерентабельным и неудобным с точки зрения временных и финансовых потерь, которые необходимо понести для осуществления подобных операций. Поэтому стоит задуматься об оснащении участка контроля или имеющейся измерительной лаборатории оборудованием, которое способно решать данного рода измерительные задачи. В ассортименте оборудования, которое поставляет Остек-АртТул, есть универсальный измерительный длиномер производства итальянской компании Microper (рис 2). Он предназначен для контроля качества ручных средств измерений, средств допускового контроля (гладких и резьбовых) и концевых мер длины с высокой точностью. Модельный ряд приборов имеет различные конфигурации, которые отличаются друг от друга оснащением, диапазонами измерений и точностями. Основные преимущества данного семейства приборов:

- простота эксплуатации;
- высокая надежность;
- полное соблюдение принципа Аббе;
- программное обеспечение.

Простота эксплуатации и высокая надежность обусловлены конструкцией самих длиномеров, в которой отсутствуют электро- и пневмоприводы для выполнения операций по перемещению подвижных частей длиномеров. Такие особенности конструкции являются достоинствами по той простой причине, что у потребителя отсутствует необходимость в закупке дополнительных приспособлений и оборудования (компрессоров и пр.), в соблюдении качества подаваемого в пневмосистему воздуха и ее контроле на предмет повреждения шлангов и образования утечек. Отсутствие электроприводов также плюсом, так как подобная измерительная система занимает больше места на лабораторном столе в помещении лаборатории. То есть пользователь тогда вынужден будет приобретать больший по габаритам стол для обеспечения оператора прибора эргономичным пространством. Эта необходимость обусловлена тем, что в процессе эксплуатации постоянно возникает потребность в установке тех или иных приспособлений из комплекта поставки прибора для решения различных измерительных задач. Соответственно, для удобства своей работы оператор будет располагать подобные компоненты в непосредственной близости от прибора.

В комплекте с длиномерами данного семейства поставляется специальное программное обеспечение. ПО разработано непосредственно производителем – компанией Microper. Одним из его главных достоинств является



2

Длиномер DMS-1000

наличие подсказок оператору по проведению процедур измерений и контроля, а также визуализация процесса измерений. Оператор застрахован от влияния на результат измерений ошибок, возникающих по причине человеческого фактора, например, по неопытности, невнимательности и т. д. Также в программном обеспечении заложена функция оповещения оператора о необходимости проведения контроля геометрических параметров того или иного средства измерений, которые внесены в базу ПО. Частоту оповещений оператор может настраивать самостоятельно, исходя из интенсивности эксплуатации средства измерений или средства допускового контроля.

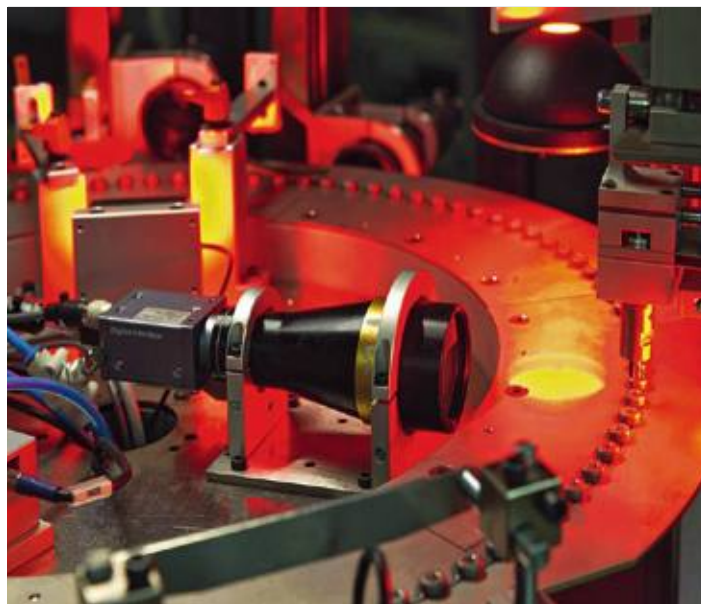
Теперь рассмотрим ситуацию, когда заказчик сталкивается с проблемой контроля больших партий простых однотипных деталей, таких как болты, шпильки, штифты и т. д. В таких случаях нецелесообразно применять ручные средства измерений ввиду низкой скорости, а значит и низкой производительности процесса контроля. Увеличить производительность данного процесса можно двумя способами: либо закупить большое число необходимых средств измерений и нанять большое количество операторов, что негативно отразится на конечной стоимости выпускаемой продукции, либо установить измерительно-инспекционную машину. В ассортименте измерительной техники, предлагаемой к поставке компанией Остек-АртТул, есть измерительно-инспекционные машины производства итальянской компании Regginspection (рис 3).

Машины этого производителя имеют модульную конструкцию, позволяющую дооснастить их различными приспособлениями для расширения функционала. Также для возможности контролировать целостность металлических деталей (наличие трещин и пр.) для заказа доступна система вихретокового контроля. Большая скорость и, соответственно, производительность процессов контроля обеспечиваются за счет принципа работы систем. Партия деталей засыпается в специальный бункер-приемник,



3

Общий вид измерительно-инспекционной машины Regginspection



4

Процесс контроля болтов во время работы измерительно-инспекционной машины Regginspection

после чего специализированная система устанавливает детали в корректное положение для проведения измерений. Все измерения осуществляются с помощью камер и системы машинного зрения (рис 4). Оператор может сам задавать параметры, которые необходимо проконтролировать машине. После проведения всех заданных замеров машина сама рассортировывает измеренные детали на годные и негодные, выгружая их в соответствующие лотки и предоставляя оператору отчет о количестве годных и негодных деталей. Далее оператор может самостоятельно определить процент годных деталей в выборке, загруженной в машину, из партии для контроля и принять решение о годности или негодности партии деталей в соответствии с технологией контроля. 

ООО «Остек-АртТул» предлагает своим клиентам измерительные системы – оборудование, программное обеспечение и оснастку, которые способны решать самые разнообразные измерительные задачи. Специалисты компании регулярно проходят обучение и повышение квалификации на производственных площадках партнеров, что позволяет проводить не только квалифицированный монтаж оборудования и инструктаж операторов заказчика, но и эффективно решать задачи по выбору оптимальных конфигураций планируемого к заказу оборудования.

Комплекс поверхностного монтажа

УМНАЯ ЛИНИЯ



290 000 €
Специальная цена

Высококласное оборудование

Надёжное оборудование от ведущих мировых производителей

Комплексная автоматизация

Управление качеством и эффективностью на базе ПАК Умная линия®

Сервисная поддержка

Расширенная гарантия 2 года, годовое ТО и онлайн-поддержка

Технологическое обучение

Курс обучения по технологии, доступ к базе знаний онлайн

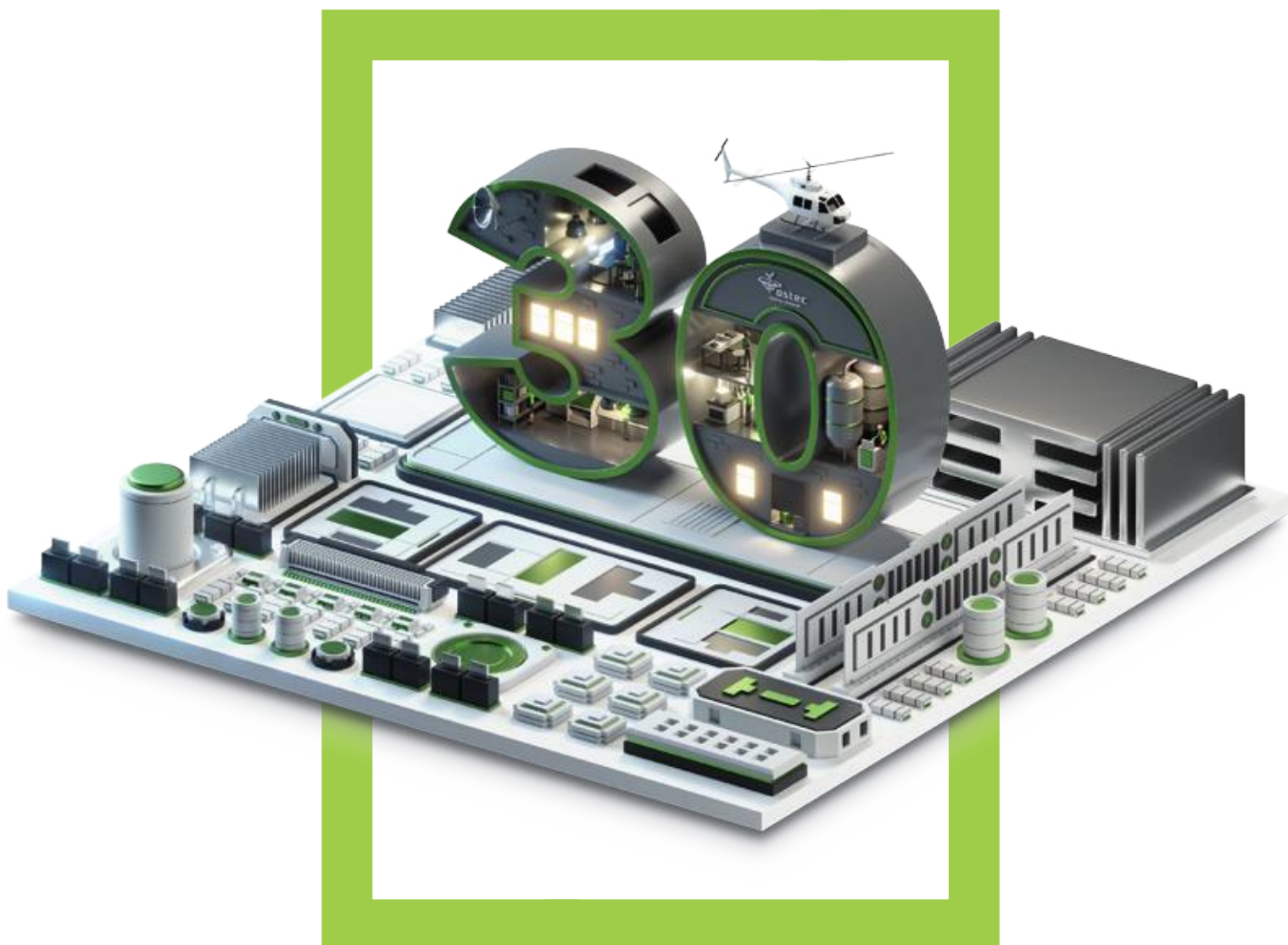


Узнать больше

Остек-СМТ | Группа компаний Остек

Технологические решения для производств радиоэлектронной аппаратуры
+7 (495) 788-44-41 | smt@ostec-group.ru | ostec-smart.ru

Тридцать лет содействуем развитию ● ● ●



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