

04-05 (54-55) декабрь 2021

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал

## ПЕРСПЕКТИВЫ

Владимир Иванов

14

ПЕРСПЕКТИВЫ И  
ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
МИКРО-LED

## КАЧЕСТВО

Тимофей Максимов

26

ТЕСТОПРИГОДНОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ОСТЕКЕ?  
ЕСТЕСТВЕННО!

АКАДЕМИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ОСТЕК-СМТ

54

ОБЗОР АВТОМАТИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ КОНТРОЛЯ VISCOM



## ЧУДЕС НЕ БЫВАЕТ, А ВИРТУОЗНАЯ ТЕХПОДДЕРЖКА БЫВАЕТ

Наши специалисты ежедневно решают десятки технических задач разной степени сложности. Мы консультируем наших клиентов по телефону и почте, через мессенджеры и конференц-связь. Мы мобильны и при необходимости быстро выезжаем на производство. Решения, найденные для одного клиента, становятся бесценным опытом для многих. Так наши компетенции и умения множатся из года в год — благодаря вам и для вас.

Ответить на любой вопрос до того, как он станет проблемой, — наша главная задача.

>700

технико-технологических задач решаем ежегодно

>50

запусков и отладок технологических процессов у заказчиков выполняем за год

16

технологических процессов производства электроники и микроэлектроники, в которых компетентны наши инженеры-технологи



### *Уважаемые читатели!*

От лица Группы компаний Остек и редакции нашего журнала поздравляем вас с Новым 2022 годом!

Подводя итоги, принято выбирать основное слово года. Для Остека таким словом стала фраза «Содействуем развитию» – слоган, под которым в течение всего 2021 года мы отмечали 30-летний юбилей компании. В 30 лет еще рано подводить итоги. Нам хотелось рассказать об истории сотрудничества, становления, совместного развития, реинжиниринга и технологического перевооружения предприятий электронной промышленности России – такие истории говорят о компании больше, чем сухие цифры и данные. В первую очередь, это истории о людях – представителях отрасли, которые ответили на поставленные перед ними вызовы, рискнули, поверили в себя, поверили в Остек как

в инжинирингового партнера! Мы вместе в течение 30 лет создавали облик отрасли и успешно решали сложные, масштабные задачи.

В 2022 году мы желаем реализовать значимые для каждого из вас проекты, поставить себе цель, найти идею, которые будут вдохновлять вас на многие годы вперед, и приступить к их реализации!

Мы желаем вам и вашим близким крепкого здоровья, новых желаний и их исполнения, теплых и радостных дней в кругу семьи и друзей!

Сейчас нам не дано знать, какой будет фраза года 2022. Пусть, благодаря нашим совместным усилиям, это будет «Будущее создаётся»!

С уважением, Антон Большаков

# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- 4 **ИТОГИ ФОРУМА «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2021»**
- 6 **ИТОГИ ВЫСТАВКИ СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**
- 7 **СОТРУДНИЧЕСТВО ОСТЕК-ЭЛЕКТРО И IMINA TECHNOLOGIES  
В ОБЛАСТИ ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**
- 8 **ОСТЕК-АРТТУЛ И WIHA ВОЗОБНОВЛЯЮТ СОТРУДНИЧЕСТВО**
- 8 **ВАКУУМНАЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА**
- 9 **РАЗРАБОТКА ОСТЕК-ЭЛЕКТРО: МИКРООММЕТР E6-42.  
СДЕЛАНО В РОССИИ**
- 10 **30-ЛЕТИЕ ОСТЕКА: ПРАЗДНИК ДЛИНОЙ В ГОД**

## ПЕРСПЕКТИВЫ

- ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ  
ПРОИЗВОДСТВА МИКРО-LED . . . . . 14**

Автор: Владимир Иванов

## ТЕХНОЛОГИИ

- ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ УТОНЕНИЕ КРЕМНИЕВЫХ  
ПЛАСТИН ИЛИ КАК СФОРМИРОВАТЬ НАНО-TSV  
В 3D-ГЕТЕРОГЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ . . . . . 22**

Автор: Дмитрий Суханов

## КАЧЕСТВО

- ТЕСТОПРИГОДНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ОСТЕКЕ?  
ЕСТЕСТВЕННО! . . . . . 26**

Автор: Тимофей Максимов

- ОБЗОР ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ  
УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ . . . . . 30**

Автор: Любовь Минина





ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 34



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 48

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**ГЛАВНОЕ – НЕ ЗАПУСТИТЬ ОБОРУДОВАНИЕ,  
А ОРГАНИЗОВАТЬ ТЕХПРОЦЕСС. ВИЗИТ НА УЧАСТОК  
СБОРКИ КОДОВЫХ ПОЛОСОК ДЛЯ ГЛЮКОМЕТРОВ  
СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ. . . . . 34**

Автор: Юрий Ковалевский

**ОНЛАЙН-ТОРГОВЛЯ: НОВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ НА СКЛАДЕ . . . . . 42**

Автор: Артем Кручинов

## ТЕХПОДДЕРЖКА

**ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ:  
ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ AVOS . . . . . 48**

Автор: Александр Фролов

## АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ

**ОБЗОР АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ VISCOM . . . . . 54**

## АВТОРЫ НОМЕРА

### Владимир Иванов

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

### Дмитрий Суханов

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

### Тимофей Максимов

Ведущий инженер технического отдела ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru

### Любовь Минина

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

### Юрий Ковалевский

Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

### Артем Кручинов

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

### Александр Фролов

Начальник отдела научно-исследовательского и лабораторного оборудования ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

## ИТОГИ ФОРУМА «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2021»

С 3 по 9 октября прошло одно из самых значимых и интересных событий года в мире электронных технологий – Форум «Микроэлектроника 2021». Организаторами выступили АО «НИИ микроэлектронной аппаратуры «Прогресс» (холдинг «Росэлектроника») и АО «НИИ Молекулярной электроники» при поддержке Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ, Госкорпорации «Ростех», Министерства науки и образования и ряда других ключевых структур отрасли.

Ежегодно Форум собирает на одной площадке представителей научного сообщества, производства и бизнес-структур электронной отрасли и смежных высокотехнологичных отраслей с целью выстраивания конструктивного диалога.

Всего в работе Форума приняли участие 1221 человек из 560 научных центров, госкорпораций, производ-



ственных предприятий, университетов и коммерческих структур.

В этом году ГК Остек выступила как один из партнеров Форума. В пакеты с раздаточными материалами вошел специальный выпуск журнала «Вектор высоких технологий», а в рамках научно-деловой программы специалисты бизнес-направлений Остека представили презентации и доклады. Эксперты компаний Остек-СТ, Остек-ЭК, Остек-Электро и Остек-АртТул приняли участие в работе секций «Технологии и компоненты микро- и нанoeлектроники», «Системы проектирования и моделирования

электронных компонентов и систем» и «Специальное технологическое оборудование».

Кроме научных секций было проведено около 20 круглых столов и панельных дискуссий, среди которых – Круглый стол ЦНИИ «Электроника». В обсуждении Круглого стола, посвященного вопросам кадрового обеспечения электронной промышленности, принял участие руководитель агентства промышленного маркетинга «Трейсмаркет» Антон Большаков, представивший доклад «Потребность в кадрах и привлекательность электронной промышленности как работодателя».





Результаты отраслевого опроса».

В демозоне Форума были продемонстрированы современные технологические решения и собственные разработки бизнес-направлений ГК Остек, среди которых измерительный видеомикроскоп высокого разрешения HRX-01 и интерферометр белого света TMS-150 TopMap Metro.Lab, оборудование для контроля параметров электронных устройств на различных этапах цикла производства, технология прототипирования многослойных печатных плат (МПП) и подложек микросхем методом струйной печати и др.

Во время Форума проходили не только рабочие мероприятия.

5 октября на вечер в честь 30-летия компании были приглашены ключевые представители отрасли микроэлектроники, клиенты и партнеры компании

После небольшой фуршетной части гости смогли попробовать свои силы в игре на скрипке и под руководством солиста компании Концертмейстер на несколько мгновений превратились из обычных слушателей в профессиональных музыкантов, исполнив композицию he's a pirate – заглавную тему фильма «Пираты карибского моря». Необычный формат вечера оказался

для большинства присутствующих неожиданным, но они с радостью приняли участие в выступлениях.

Кульминацией мероприятия стали две масштабные дегустации. Первая была посвящена крымским винам и сырам местных сыроварен. На второй дегустации профессиональный фумилье рассказал о свойствах и особенностях сигар.

Форум «Микроэлектроника 2021» продемонстрировал бизнесу и научной среде новые возможности использования современных мировых технологий и позволил установить полноценный диалог между специалистами различных отраслей промышленности.



## ИТОГИ ВЫСТАВКИ

### СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

26-27 октября 2021 года в Москве, в Крокус Экспо, прошла выставка «Силовая Электроника». На выставке была представлена широкая номенклатура компонентов и модулей силовой электроники для всего спектра отраслей промышленности.

Ведущие российские производители продемонстрировали:

- компоненты и модули силовой электроники (пассивные компоненты, датчики и сенсоры, силовые полупроводники);
- источники питания и преобразователи электроэнергии (источники питания с выходом переменного тока, источники питания с выходом постоянного тока, преобразователи постоянного тока, DC/DC-конвертеры, преобразователи частоты, высоковольтные источники питания, программируемые источники питания, источники бесперебойного электропитания, зарядные устройства);

- вспомогательное оборудование и комплектующие.

Одной из наиболее интересных тем, обсуждаемых на круглом столе, стала тенденция на освоение современных технологий, таких как GaN и SiC. Это соотносится с мировыми трендами, направленными на энергоэффективность и миниатюризацию, ведь такие устройства позволяют блокировать на много большие значения напряжения, иметь более высокую плотность тока при тех же размерах. А физические характеристики делают их подходящими для высокотемпературных и высокочастотных приложений.

В настоящий момент все мировые эксперты не отрицают трансформацию рынка силовой электроники, расхождения наблюдаются только в оценке её глубины. Уже сегодня силовые инверторы на основе SiC заменили IGBT у некоторых ведущих производителей электромобилей. При этом прогнозируемый рост рынка на период до 2026 года ожидается на уровне 70 и 30 % для компонентов на основе GaN и SiC соответственно, что говорит о серьезных изменениях, ожидающую данную отрасль электроники в ближайшие годы.



### Внедрение SiC mosfet

#### SiC mosfet внедрены в тяговые инверторы

- Tesla Model 3, S, X
- BYD HanEV
- Lucid Air



#### Драйверы роста

- Появление аккумуляторов на 1200 В для электромобилей
- Более высокие требования к энергоэффективности
- Стремление к уменьшению занимаемой площади
- Возможность работы с более высокими плотностями мощности

### Проблемы сборки силовых модулей на базе SiC



#### Повышение КПД зависит от качества сборки:

- Соединения без проволоки, пайки и прутот
- Синтеринг
- SiN технология
- Интерлозеры
- Культура производства
- Правильный подбор материалов
- Конструирование
- Оптимизация схем
- Двухсторонний радиатор для отвода тепла
- Отсутствие контакта после сборки с O<sub>2</sub>
- Герметичное корпусирование
- Слэп, покрытие



## СОТРУДНИЧЕСТВО ОСТЕК-ЭЛЕКТРО И IMINA TECHNOLOGIES В ОБЛАСТИ ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Imina Technologies SA – швейцарский производитель роботизированных зондовых манипуляторов для исследований под оптическими и сканирующими электронными микроскопами.

Основа будущей компании производителя точнейших на сегодняшний день манипуляторов была заложена в 1999 году в Федеральном политехническом институте Лозанны (EPFL). Началом послужили исследования, основанные на том, что имевшиеся на тот момент передовые системы нанопозиционирования не обладают достаточной гибкостью и не могут адаптироваться к стремительно меняющимся условиям проведения экспериментов. Спустя 10 лет исследований и разработок было показано, что миниатюрный робот с новой технологией движения ввиду высочайшей точности позиционирования и простоте совмещения с

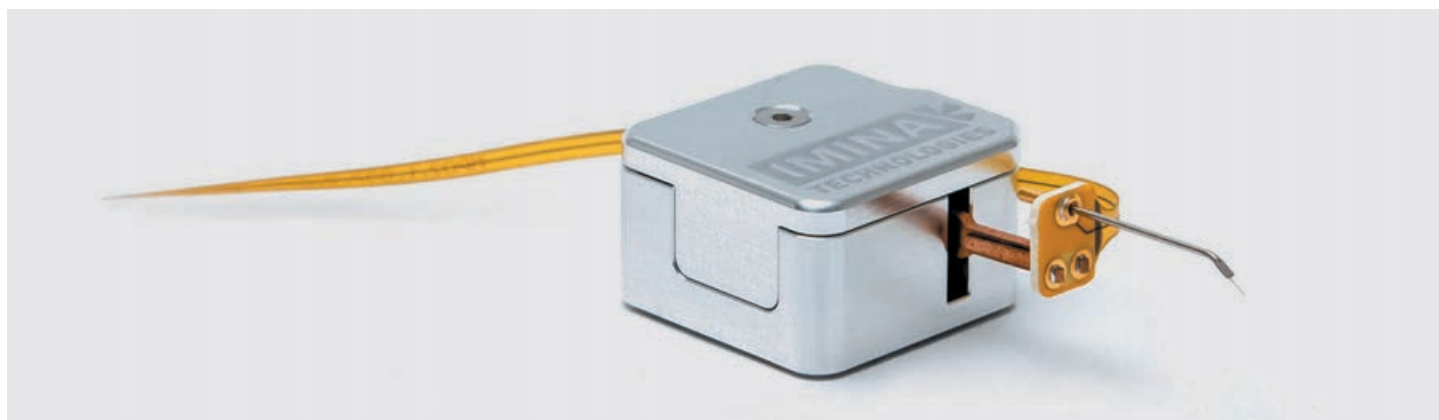
любым визуализирующим (оптические и электронные микроскопы) измерительным оборудованием может использоваться как универсальная платформа микро- и нанопозиционирования. Тогда же в 2009 году два выпускника Лаборатории робототехнических систем, которые имели опыт академических исследований, основали компанию Imina Technologies. Спустя год была начата коммерциализация miBot новаторских роботизированных манипуляторов для систем высокоточного позиционирования.

В 2015 году компания начала ориентироваться на решения для рынка микроэлектроники и сегодня предлагает две линейки миниатюрных роботов. Микроманипуляторы серии MICRO имеют разрешение позиционирования 60 нм и предназначены для проведения электрических измерений и манипулирования объектами под оптическими микроскопами и для работы с зондовыми станциями. Роботизированные наноманипуляторы серии NANO с разрешением позиционирования менее одного нанометра предназначены для работы совместно со сканирующими электронными ми-

кроскопами и проведения измерений электрических характеристик нанобъектов, проведения анализа отказов методами EBIC и EBAC, исследования механических параметров новых материалов. Диапазон перемещения и угол поворота всех роботизированных манипуляторов ограничен только площадью рабочей платформы, на которой они размещаются, и длиной соединительных кабелей, которые необходимы для передачи измерительных сигналов и команд управления.

Сегодня благодаря передовым продуктам и высококачественным услугам компания Imina Technologies занимает лидирующие позиции на рынке полупроводникового испытательного оборудования для нанозондов и анализа электрических неисправностей. Так к 2020 году компанией было поставлено более 550 манипуляторов более чем 150 заказчикам из 30 стран мира.

С 2021 года ООО «Остек-Электро» является официальным дистрибьютером Imina Technologies в России и предоставляет своим клиентам возможность ознакомиться с позиционерами серии MICRO в своём демонстрационном зале.



## ОСТЕК-АРТТУЛ И WIHA ВОЗОБНОВЛЯЮТ СОТРУДНИЧЕСТВО

ООО «Остек-АртТул» возобновляет сотрудничество с компанией Wiha, крупнейшим производителем профессионального ручного инструмента.

Wiha – это инструменты, которые повышают эффективность, снижают расходы, берегут здоровье, отвечают высоким требованиям функциональности и долговечности.

Пять причин сделать выбор в пользу Wiha:

- **Экономическая устойчивость.** Более 80 лет успешной деятельности.
- **Международная марка.** Заводы в Европе, Азии и США, поставка продукции по всему миру.
- **Эффективность.** Различные возможности применения для любых работ и любого рода деятельности.
- **Функциональность.** Отвертки Wiha обеспечивают легкий и точный доступ к глубоко расположенным винтам.

## ВАКУУМНАЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА

В 2021 году ООО «Остек-Электро» продолжило активную разработку и производство на российском рынке нового оборудования, предназначенного для тестирования ЭКБ при воздействиях температуры. На протяжении года команда наших специалистов реализовала несколько проектов под различные задачи заказчика, среди которых особую заинтересованность и спрос вызвала вакуумная термоэлектрическая платформа (ВТП).

- **Безопасность.** Отмеченные международными наградами, изолированные в соответствии с требованиями VDE инструменты, каждый из которых проверен напряжением 10000 В ~ и имеет разрешение к применению для напряжения 1000 В ~.

Как основные направления в линейке поставляемого инструмента будут представлены следующие группы продукции.

Наборы инструментов от четырёх до 115 предметов

- Антистатический инструмент:
  - » прецизионные отвертки;
  - » усиленные отвертки;
  - » режущий инструмент.
- Инструмент для электриков
- Ручной инструмент для снятия изоляции
- Сборочно-слесарный инструмент
- Биты и наконечники

С полным перечнем продукции можно ознакомиться на сайте [www.arttool.ru](http://www.arttool.ru) в разделе ручного инструмента.

Платформа предназначена для измерения электрических параметров компонентов в диапазоне температур. Сейчас стандартным способом для тестирования ЭКБ при воздействии температуры является использование термостримеров, но в ВТП совершенно иной принцип воздействия – контактный. А за счёт создания вакуума внутри рабочей области можно не только за считанные минуты выйти от нормальных КУ в -65 или +180 °С, но и исключить появление росы и наледи при перепадах температуры.



В процессе производства мы активно изучали мнения и предпочтения наших заказчиков. Это позволило создать четыре готовых решения, различных по характеристикам: платформы ВТП-α, ВТП-β, ВТП-γ и ВТП-δ, которые различаются по способу контактирования исследуемого объекта, собственно самому компоненту (SMD-компоненты, память, микроконтроллеры, сложные ИМС) и некоторым опциям.

Более подробно о каждой платформе мы будем рассказывать в наших материалах на сайте [www.ostec-electro.ru](http://www.ostec-electro.ru).

## РАЗРАБОТКА ОСТЕК-ЭЛЕКТРО: МИКРООММЕТР Е6-42. СДЕЛАНО В РОССИИ

Специалисты конструкторско-го и производственного отдела ООО «Остек-Электро» разработали и выпустили **Микроомметр Е6-42.**

### Область применения

Микроомметр предназначен для измерения электрического сопротивления постоянному току.

Реестр СИ РФ: первый квартал 2022 года

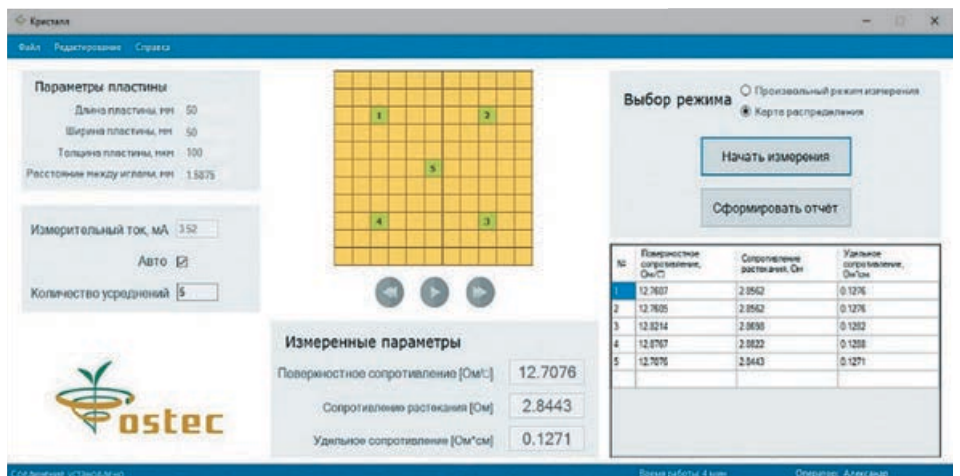
### Особенности:

- Измерения в диапазоне от 2 мОм до 200 Мом.
- Разрядность прибора – 5 цифровых разрядов.
- Возможность выбора силы тока из диапазона: от 10 нА до 1 А.
- Схема измерения – четырехпроводная.
- Измерение поверхностного сопротивления тонких плёнок: Ом/□.
- Три режима работы: непрерывный, ручной и автоматический.

Также микроомметр Е6-42 входит в состав ИУС-7 – установку измерения удельного и поверхностного сопротивления, в том числе контактирующая оснастка, ноутбук с ПО Кристалл.



	A	B	C	D	E
1	Оператор:	Александр			
2	Дата:	2/19/2019			
3	Время:	2:33 PM			
4					
5	Параметры пластины				
6	Тип пластины	Прямоугольная			
7	Длина /ширина пластины, мм	50 x 50			
8	Толщина пластины, мм	100			
9	Расстояние между иглами, мм	1.5875			
10	Измерительный ток, мА	3.52			
11					
12	Статистика по пластине				
13	Среднее значение	12.7854			
14	Стандартная ошибка	0.029082			
15	Медиана	12.7807			
16	Стандартное отклонение	0.065029			
17	Дисперсия	0.004228805			
18					
19	Измеренные параметры				
20	Поверхностное сопротивление	Сопротивление растекания	Удельное сопротивление		
21	Ом/□	Ом	Ом*см		
22	1	12.7807	2.8562	0.1276	
23	2	12.7805	2.8562	0.1276	
24	3	12.8214	2.8698	0.1282	
25	4	12.8767	2.8822	0.1288	
26	5	12.7076	2.8443	0.1271	
27					



## 30-ЛЕТИЕ ОСТЕКА: ПРАЗДНИК ДЛИНОЙ В ГОД

В 2021 году Остеку исполнилось 30 лет. В течение года компания провела множество мероприятий, которые запомнились подарками и сюрпризами, различными активностями и конкурсами для клиентов и партнеров компании. Давайте вспомним, как это было.

Все началось еще в конце 2020 года, когда партнеры и клиенты Остека получили в подарок к Новому году эксклюзивные материалы – разработанные совместно с издательством Smart ежедневники, календари и книги с набором

уникальных инфографик. В смарт-буки были включены выжимки из 52 книг-бестселлеров, представленные в трех форматах: в виде профессиональной инфографики, в виде саммари с перечислением ключевых идей и в виде экспертной подборки контента – видео, статьи, книги, курсы, каналы и рассылки. Наш первый смартбук был посвящен цифровой трансформации и развитию ключевых навыков будущего. С его помощью можно разобраться в технологиях и изменениях, определяющих жизнь сегодня и на годы вперед; узнать, какие личные навыки необходимо развить или приобрести, чтобы оставаться востребованным; на-

метить и совершить практические шаги в направлении цифровой трансформации.

Также перед Новым годом был запущен конкурс для сотрудников «Один день из жизни Остека». Каждый желающий мог снять на телефон видеоролик о том, как он живет и развивается в компании. Победители получили ценные призы и подарки.

В праздничном году сотрудники Остека, ранее работавшие в компании и участвовавшие в её развитии, и представители отрасли делились в серии интервью своими мыслями и воспоминаниями о ключевых датах и событиях, которые им посчастливилось пережить вместе



с компанией<sup>1</sup>. Например, выпуск специализированного журнала «Поверхностный монтаж», его знаменитая рубрика «Энциклопедия поверхностного монтажа», запуск Международного симпозиума Асолд, решение задач и проблем, связанных с поступлением бессвинцовых компонентов, а также внедрение целого ряда передовых технологий, которые не имели аналогов в мире.

Присоединились к поздравлениям коллег и международные партнеры – компании Indium Corporation, TAMURA ELSOLD GmbH, Zestron Europe. Их представители рассказали о том, как начиналось сотрудничество с Остekom, и благодаря чему партнерские отношения длятся уже многие годы. Интервью можно прочитать на странице,

<sup>1</sup> Журналы «Вектор высоких технологий» № 5 (50) 2020, № 1 (51) 2021, № 2 (52) 2021.



Дискуссионный баттл «Российская электроника. Взгляд в будущее»

посвященной юбилею компании <https://ostec30.ru/>.



Еще одним запоминающимся событием года стало празднование дня рождения компании на ежегодной Международной выставке «ЭлектронТехЭкспо 2021». В честь своего 30-летия Остек организовал открытую площадку для обсуждения современных проблем отрасли – дискуссионный баттл «Российская электроника. Взгляд в будущее».



На стенде Остека была открыта бренд-зона, где сотрудники, клиенты и партнеры могли окунуться в воспоминания, получить подарки и зарядиться позитивными эмоциями от праздничной атмосферы.

В июле 2021 года дети сотрудников ГК Остек получили возможность прикоснуться к области инженерии, посетить демо-залы



Бренд-зона на стенде ГК Остек



Остека, понять профессию своих родителей, узнать кто такой инженер и что он делает, получить новые впечатления и приятные подарки. Кроме того, все участники смогли попробовать себя в роли настоящих актеров – для юных специалистов были проведены профессиональные съемки интервью.

В августе на территории современного пространства EcoLOFT прошло самое интересное мероприятие для сотрудников – корпоративный праздник, посвященный 30-летию Группы компаний Остек. Темой праздника стало воплощение идеи «Вокруг света за один день». Несмотря на все ограничительные меры, которые не позволяют свободно путешествовать

за пределами России, у каждого сотрудника Остека появилась возможность совершить кругосветку и посетить порядка 10-15 стран мира, включая Китай, Германию, Францию, Англию, США и прочие уголки – для этого были подготовлены отдельные фотозоны и национальные блюда. Гости приходили в тематических костюмах любимой страны, полностью вживаясь в новый образ, получая яркие и позитивные эмоции. Участников праздника ждали необычные конкурсы и аттракционы различных регионов мира, а также подарки и приятные сувениры. В преддверии мероприятия Остек выпустил уникальный мерч – футболки и толстовки – с фирменной символикой, который вскоре сможет

приобрести любой желающий.

Важной частью вечеринки «Вокруг света» стала церемония награждения, где руководители Остека выразили благодарность сотрудникам, которые уже более 15 лет работают в компании и способствуют ее развитию: «Компания, безусловно, гордится своими технологическими достижениями, но в основе любого свершения стоит человек, сильная команда профессионалов, знающих свое дело. Приятно осознавать, что многие специалисты, начав работать в компании, связывают с ней свою жизнь на долгие годы». Руководители бизнес-единиц вспомнили интересные моменты и поделились своей историей развития в компании Остек.



В октябре на форуме «Микроэлектроника 2021» в честь 30-летия компании для клиентов и партнеров Остека был организован вечер, который прошел в формате Live-шоу. В программу вечера вошли небольшой концерт и две дегустации.

Помимо больших праздничных мероприятий в течение всего года прошли интересные активности для партнеров, клиентов и сотрудников ГК Остек. Например, в официальных сообществах и соцсетях был проведен фотоконкурс «30 лет как не бывало», во время которого все желающие могли поделиться своими снимками на тему «С чего началось сотрудничество с Остеком». Собранные фотографии загружены в альбом «30 лет как не бывало» и доступны в официальном паблике ГК Остек в Facebook <https://ru-ru.facebook.com/ostec.group>.

Также в социальных сетях можно было принять участие в квизе «Что вы знаете об Остеке», чтобы проверить свои знания об истории компании, или пройти онлайн-тест «Инженерная личность», чтобы понять, какое направление в инженерном деле вам подходит больше всего.

Юбилейный год ГК Остек подошел к концу. Как отметил в своем обращении-поздравлении Александр Геннадиевич Разоренов: «30 лет успешной работы вывели Остек на качественно новый уровень развития. Практический опыт реализации огромного количества проектов, широчайший ассортимент продукции от мировых лидеров, комплексный подход и весь спектр сервисной поддержки и обучения позволяют предо-

ставлять нашим клиентам услуги по мировым стандартам, решать сложные, масштабные задачи. Всё это – заслуга сотрудников Остека, которые ни одну минуту не были равнодушными».

**30 лет – это только начало. Компания с интересом смотрит в будущее, ее сотрудники готовы совершать новые открытия и продолжать радовать всех разработками, направленными на развитие отрасли.**

## ТЕХНОЛОГИИ

# Перспективы и возможности производства микро-LED

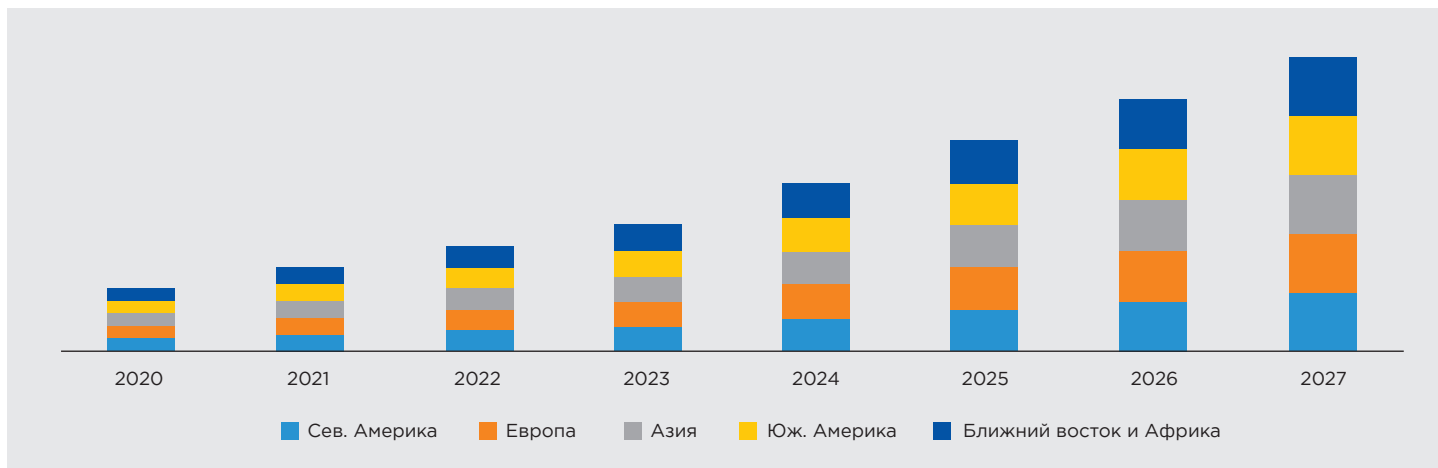


Текст: Владимир Иванов



По сравнению с технологиями устройств отображения информации, такими как жидкокристаллические дисплеи (LCD) и уже ставшие традиционными органические светоизлучающие диоды (OLED), микро-светодиодные (микро-LED) дисплеи обладают потенциальными преимуществами – быстрый отклик и широкая цветовая гамма, низкое энергопотребление и длительный срок службы. Поэтому микро-LED считается перспективной технологией, которая может заменить LCD и OLED, по крайней мере, в некоторых приложениях. Хотя перспективы и радужные, существует ряд технологических проблем, которые не решены полностью для масштабной коммерциализации. К ним относятся проблемы эффективной и надежной сборки отдельных LED-матриц в адресные массивы, создание полноцветных схем, снижение дефектов и увеличение выхода годной продукции. В статье мы рассмотрим ряд технологических разработок для производства микро-LED.





1  
Прогнозируемый рост рынка микро-LED до 2027

### Введение

По данным Data Bridge Market Research ожидается, что рынок микро-LED будет расти со среднегодовым темпом 84,25 % до 2027 года (рис 1)<sup>1</sup>.

Рост рынка обусловлен спросом на более яркие и энергоэффективные дисплеи для смарт-часов, мобильных гаджетов и устройств виртуальной и дополненной реальности (AR – англ. Augmented Reality / VR – англ. Virtual Reality), а также повышенным интересом к данной технологии со стороны топовых производителей дисплеев, что отражает количество их патентов по данным Yole Developpement (рис 2)<sup>2</sup>.

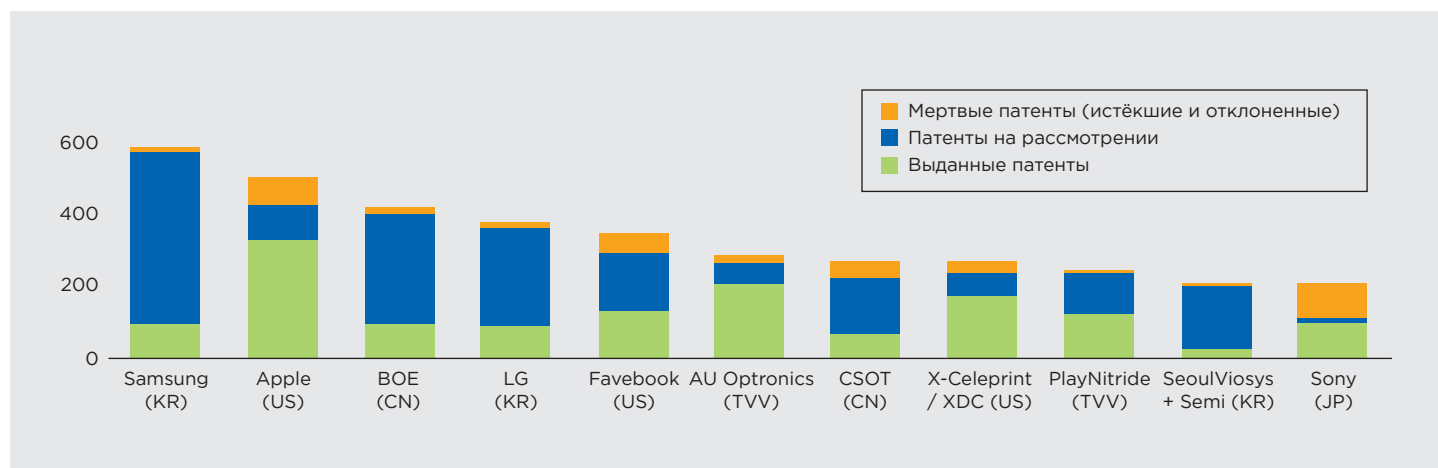
Патенты MicroLED в настоящее время поданы почти 480 организациями, их количество превышает 8 900. Лидерами по числу заявок, ожидающих рас-

смотрения, являются BOE, LG и Samsung. Некоторые компании получили много ранних патентов (Apple, AUO) и сейчас не подают большого количества новых.

На сегодняшний день в производстве плоскопанельных дисплеев (FPD) преобладают технологии LCD и OLED. Конструкция LCD-дисплея требует, чтобы светодиодная подсветка излучала свет через матрицу жидких кристаллов для генерации изображений. И он имеет целый ряд недостатков, связанных с высоким энергопотреблением, медленным временем отклика, малым углом обзора и низкой однородностью. В отличие от LCD, OLED-дисплеи являются самоизлучающими, и каждый пиксель можно включать и выключать индивидуально. Однако OLED имеет ограничения по яркости и стабильности. Размеры обычных LED-кристаллов составляют более 200 × 200 мкм. Однако для дисплеев, включая носимые устройства, головные дисплеи и дисплеи с большой площадью отображения, требуются миниатюрные микросхемы, состоящие из массивов

<sup>1</sup> <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-micro-led-market>

<sup>2</sup> <https://www.microled-info.com/yole-developpement-says-rate-microled-patent-submission-rising-sharply>



2  
Рейтинг подачи патентов на микро-LED



3

Структурные различия между LCD-, OLED- и микро-LED дисплеями

микро-LED с высокой плотностью и размерами менее чем  $100 \times 100 \text{ мкм}^3$ .<sup>4</sup>

Основные достоинства микро-LED перед традиционными технологиями:

- Низкое энергопотребление (в среднем на 70 % меньше, чем у LCD и на 30 %, чем у OLED).
- Глубокий черный цвет при высокой яркости, более широкий динамический диапазон (HDR) – до 30 раз выше.
- Широкая цветовая гамма.
- Продолжительность и стабильность работы.
- Создание дисплеев с высокой плотностью пикселей и разрешением.
- Работа с высокими частотами обновления.
- Быстродействие, скорость отклика измеряется в нано, а не миллисекундах.
- Максимальные углы обзора.
- Возможность создания экранов любой формы и размера, а также гибких экранов.
- Ниже стоимость производства.

Таким образом, микро-LED дешевле других технологий создания дисплеев за счет принципиальной простоты (рис 3).

Перспективы широкого спектра применений микро-LED привлекли в свое время большое количество производителей, стартапов и научных исследовательских организаций. С начала 2000-х микро-LED исследуются с точки зрения повышения эффективности люминесценции для применения в освещении

высокой яркости из-за низкого энергопотребления, лучшего распределения тока и меньшего эффекта самонагрева<sup>5, 6</sup>.

В последние годы десятки компаний по всему миру были вовлечены в разработки технологии микро-LED:

- В 2012 году компания Sony продемонстрировала свою первую 55-дюймовую панель для телевизора с микро-LED подсветкой и разрешением Full HD, в которой использовалось шесть миллионов микро-LED. На тот момент по сравнению с существующими LCD-дисплеями и плазменными дисплеями прототип микро-LED от Sony имел коэффициент контрастности в 3,5 раза выше, ширина цветовой гаммы была в 1,4 раза больше, а время отклика в 10 раз быстрее.
- В 2018 году Sony выпустила свой первый микро-дисплей CLEDIS на основе микро-LED с размерами порядка  $55 \times 55 \text{ мкм}$ , его контрастность более 1000000:1 и площадь отображения глубокого черного цвета более 99 % поверхности отображения.
- НИИ CEA-Leti (Франция) в 2017 продемонстрировал свой прототип микродисплея с широким видеографическим массивом (WVGA) с шагом пикселя 10 мкм, который основан на монохромных (синих или зеленых) массивах GaN микро-LED и комплементарной схеме металл-оксид-полупроводник (КМОП).

<sup>3</sup> Radauscher, E.J.; Meitl, M.; Prevatte, C.; Bonafede, S.; Rotzoll, R.; Gomez, D.; Moore, T.; Raymond, B.; Cok, R.; Fecioru, A. Miniaturized LEDs for flat-panel displays. In Proceedings of the SPIE, San Francisco, CA, USA. Volume 10124. 2017. 1012418

<sup>4</sup> Olivier, F.; Daami, A.; Dupré, L.; Henry, F.; Aventurier, B.; Templier, F. 25-4: Investigation and improvement of 10 μm Pixelpitch GaN-based Micro-LED arrays with very high brightness. SID Int. Symp. Dig. Tech. Pap. 48. 2017. Стр. 353

<sup>5</sup> Adivarahan, V.; Wu, S.; Sun, W.H.; Mandavilli, V.; Shatalov, M.S.; Simin, G.; Yang, J.W.; Maruska, H.P.; Asif Khan, M. High-power deep ultraviolet light-emitting diodes based on a micro-pixel design. Appl. Phys. Lett. 85. 2004. Стр. 1838-1840

<sup>6</sup> Konoplev, S.S.; Bulashevich, K.A.; Karpov, S.Y. From Large-Size to Micro-LEDs: Scaling Trends Revealed by Modeling. Phys. Stat. Sol. A. 215. 2018. 1700508

T 1

Некоторые технологии монтажа массива кристаллов

МЕТОДЫ	КОМПАНИЯ / ИНСТИТУТ	ПРИНЦИП	СКОРОСТЬ МОНТАЖА
Лазерный перенос (Laser lift-off)	Optovate K&S and Uniqarta	Лазер	1000 за цикл / более 100 миллионов в час
Флюидика	Foxconn (eLux)	Гравитация и капиллярность	50 миллионов в час
Электростатический	Apple (LuxVue)	Электростатика	Нет информации
Эластомерная штамповка	X-Celeprint	Силы Ван-дер-Ваальса	1 миллион в час
С рулона на рулон (Roll-to-roll)	KIMM / EV Group	Рулонный штамп	10000 в секунду / 36 миллионов в час

- В 2018 компания PlayNitride выпустила два полноцветных прототипа микро-LED дисплеев: один представлял собой панель 64 × 64 с диагональю 0,89 дюйма и разрешением 105 пикселей на дюйм (PPI), а другой – панель 256 × 256 с диагональю 3,12 дюйма и разрешением 116 PPI.
- AU Optronics Corp. продемонстрировала полноцветный микро-LED дисплей с диагональю 12,1 дюйма и разрешением 1920 × 720 (169 PPI) с размером пикселя менее 30 мкм. Также в 2018 году компания X-Celeprint выпустила полноцветные микро-LED дисплеи с пассивной и активной матрицей.

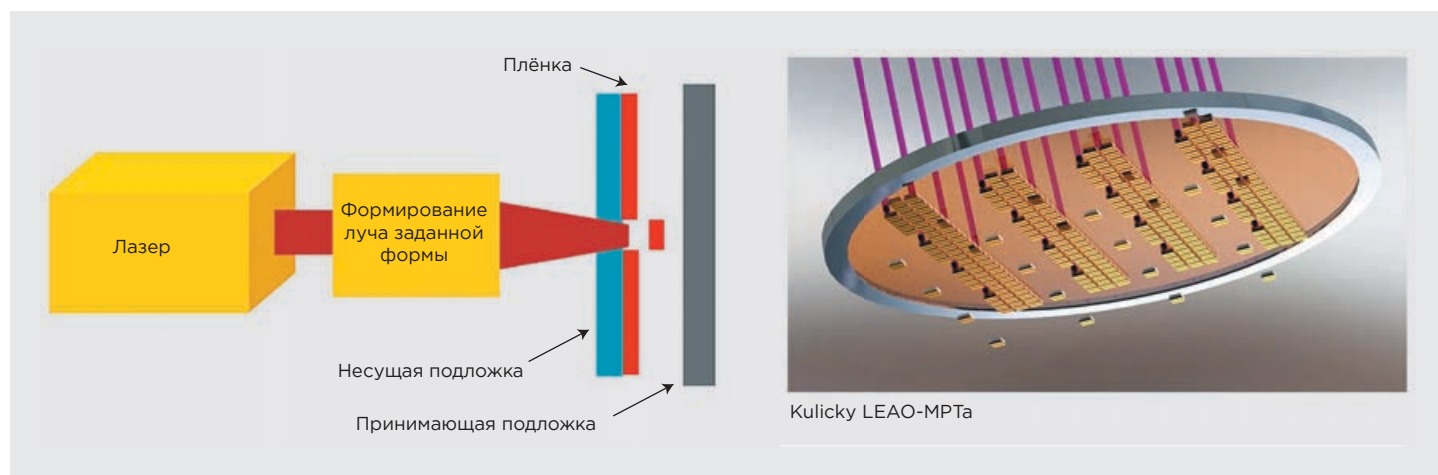
Технические проблемы возникают, когда размеры кристаллов уменьшаются, а их плотность увеличивается. Далее мы рассмотрим технологии сборки микро-LED и обсудим существующие узкие места и варианты их преодоления.

### Технологии сборки микро-LED

Есть два метода для сборки дисплеев из отдельных кристаллов микро-LED. Первый – классический, так называемый «подобрать и разместить» (pick&place), который подразумевает захват каждого отдельного микро-LED, его точное позиционирование и монтаж на панель с последующим электрическим подключением к микросхеме драйвера. Таким методом можно собирать LED-дисплеи, в которых расстояние между LED это позволяет. Его можно использовать для производства дисплеев большого размера от нескольких дюймов до десятков дюймов, например для телевизоров, смартфонов и планшетов<sup>7</sup>.

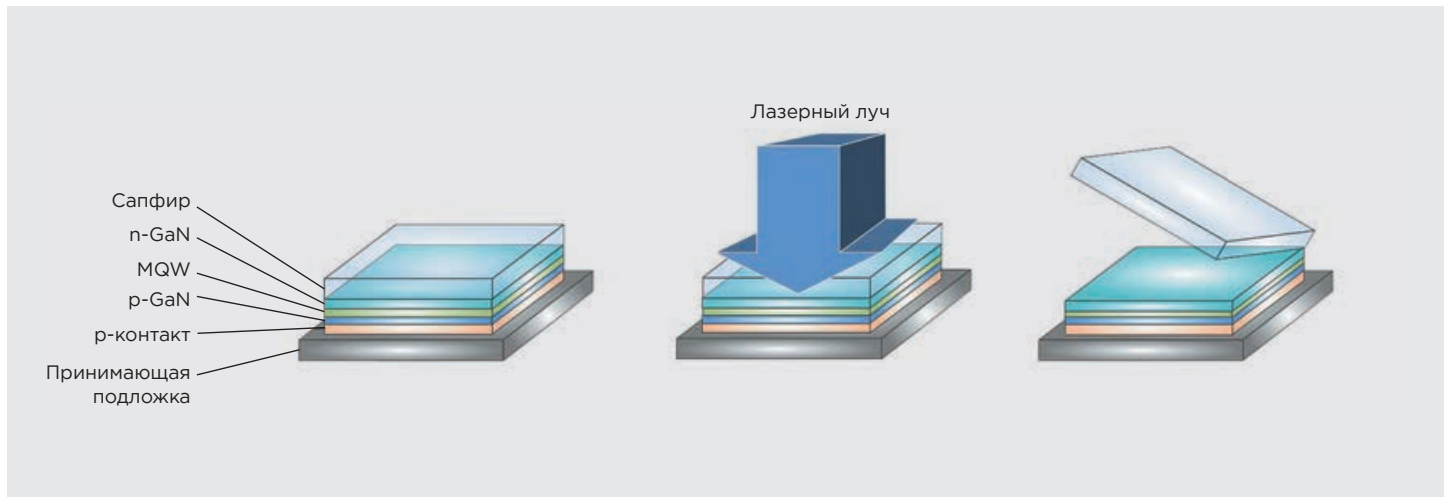
В качестве альтернативы, чтобы избежать сложностей процесса pick&place, были разработаны различ-

<sup>7</sup> Lee, V.W.; Twu, N.; Kymissis, I. Frontline technology micro-LED technologies and applications. Inf. Disp. 32. 2016. Стр. 16-23



4

Технология монтажа кристаллов при помощи лазера (LEAP – Laser-Enabled Advanced Placement)



5

Схема процесса LLO для отслаивания пленки GaN от сапфировой пластины

ные технологии, позволяющие осуществлять монтаж массива кристаллов микро-LED за раз. На текущий момент из-за ограничения, связанного с размером пластины, используемой для роста светодиодов, данный метод применим в основном для создания микро-дисплеев, которые применяются в проекторах и служат экранами наручных смарт-часов.

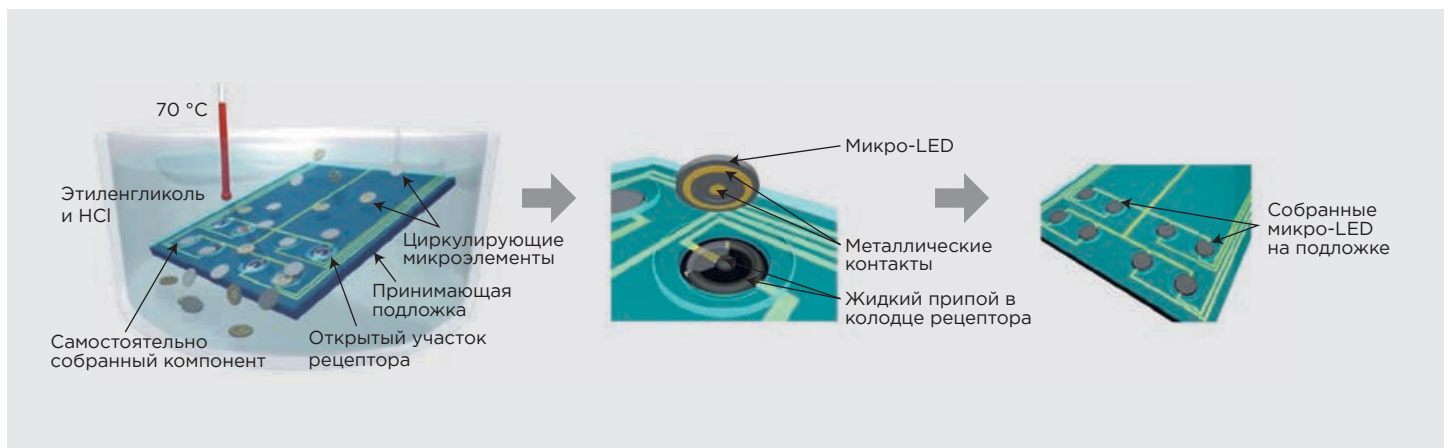
Оборудование для pick&place не позволяет монтировать миллионы кристаллов микро-LED с точки зрения временных и экономических затрат. Поэтому многие компании вложили внушительные средства и приложили значительные усилия для решения этой проблемы, исследуя ряд методов, включающих лазерные технологии, флюидику, электростатические или электромагнитные силы Ван-дер-Ваальса (T1).

Технология лазерного переноса кристаллов – это процесс монтажа массива кристаллов, в котором лазерный луч вызывает отделение микро-LED от их несущей подложки и переносит на принима-

ющую подложку, как показано на рис 4<sup>8</sup>. Компания Kulicke & Soffa (K&S), эксклюзивный партнер «Остек-ЭК», расширила свои возможности в технологии сборки мини- и микро-LED путем стратегического приобретения 100 % доли Uniqarta. Технология LEAP™ от K&S позволяет монтировать около 1000 кристаллов за один лазерный импульс. Ожидается, что технология LEAP™ ускорит внедрение мини-LED подсветки для классических дисплеев, а также станет базовым инструментом для самых передовых применений, связанных с разработкой и производством дисплейной техники с прямым излучением на микро-LED.

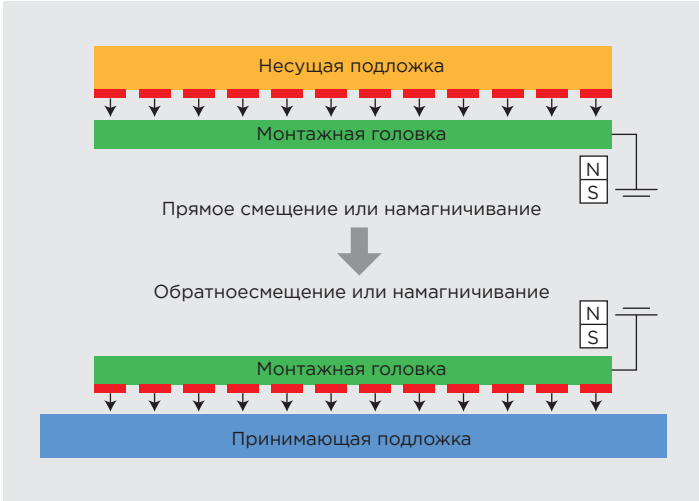
Облучение лазерным лучом приводит к взаимодействию света с веществом на границе раздела между несущей подложкой и кристаллами, в результате чего

<sup>8</sup> Delaporte, P.; Alloncle, A.-P. Laser-induced forward transfer a high-resolution additive manufacturing technology. Opt. Laser Technol. 78. 2016. Стр. 33-41

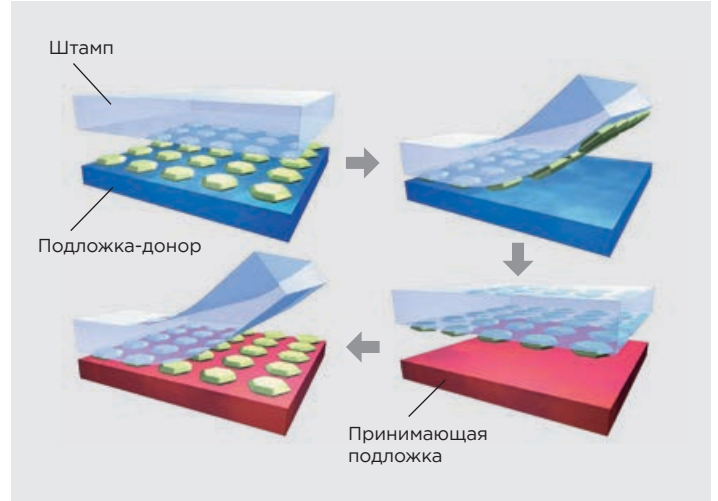


6

Схема процесса флюидной самосборки



7  
Схема процесса монтажа кристаллов при помощи электростатики



8  
Схема процесса монтажа кристаллов с помощью эластомерного штампа

кристаллы отделяются от подложки и в то же время создается локальная механическая сила, которая толкает кристаллы к принимающей подложке. Межфазное взаимодействие может быть таким же, как при лазерной взрывной литографии (Laser Lift-Off – LLO) в производстве GaN-LED на сапфировых пластинах (рис 5), в котором тонкий слой GaN (~10 нм) удаляется на эпитаксиальной границе пластины и разлагается на газообразный азот и жидкий галлий (Ga). Также данный метод может быть реализован путем использования временной подложки с полимерным клеем, служащим межповерхностным слоем на границе раздела, который разлагается при облучении лазерным лучом.

Британская компания Optovate, специализирующаяся на оптических технологиях, продемонстрировала свой метод patterned laser lift-off (p-LLO) для монтажа синих микро-LED с сапфировой пластины на при-

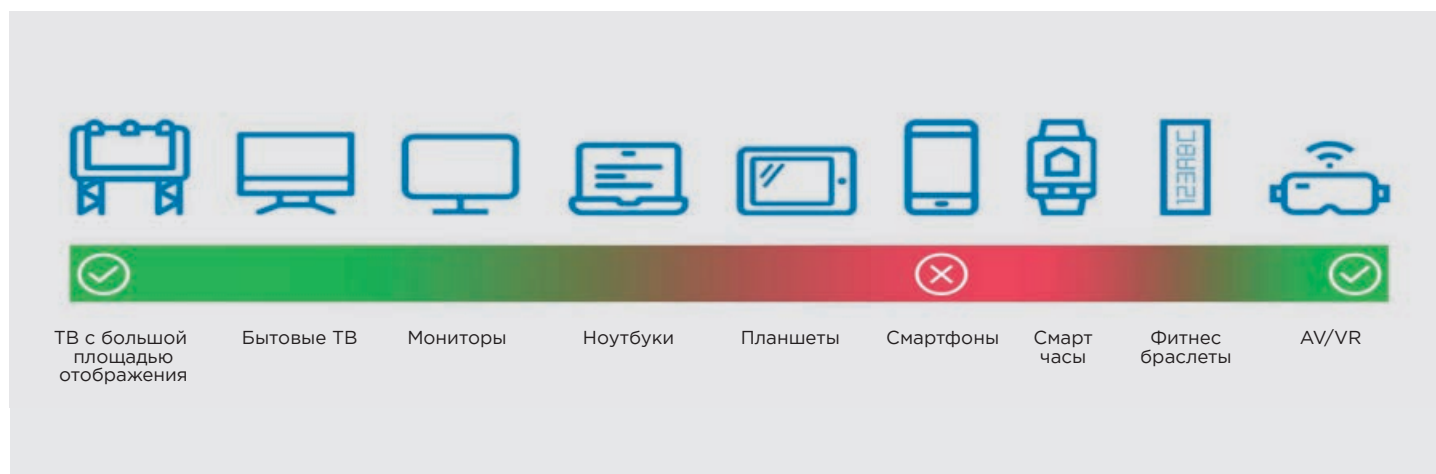
мающую подложку. Лазерные технологии монтажа массива кристаллов обладают высокой производительностью свыше 100 миллионов кристаллов в час<sup>9</sup>.

Технология флюидики базируется на принципе сил тяжести и капиллярного эффекта (рис 6)<sup>10</sup>. Самосборка проводится в жидкости: изопропанол, ацетоне или дистиллированной воде. Жидкость позволяет кристаллам свободно перемещаться по поверхности принимающей подложки, пока они не достигнут открытых участков рецептора и не будут смонтированы. После монтажа анодный и катодный электроды микро-LED соединяются с драйвером. Компания eLux, принадлежащая Foxconn, разрабатывает свои методы жидкостной сборки

<sup>9</sup> Marinov, V.R. Laser-Enabled Extremely-High Rate Technology for LED Assembly. SID Int. Symp. Dig. Tech. Pap. 49. 2018. Стр. 692-695  
<sup>10</sup> Saeedi, E.; Kim, S.S.; Parviz, B.A. Self-assembled inorganic micro-display on plastic. In Proceedings of the 2007 IEEE 20th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS). Hyogo. Japan. 2007

9

Схема процесса: (а) рулонной наноирипнтной литографии (R2RNIL) на гибкую подложку, (б) рулонной наноирипнтной литографии (R2PNIL) на жесткую подложку, (в) фотография системы EVG 570R2R для рулонной наноирипнтной литографии



10

Фактическая конкурентоспособность технологии микро-LED на 2021

для монтажа массива кристаллов микро-LED с производительностью более 50 миллионов кристаллов в час<sup>11</sup>.

LuxVue, компания, принадлежащая Apple Co., разработала технологию монтажа, которая работает по электростатическому принципу, использующему притяжение противоположных зарядов для захвата микро-LED<sup>12</sup>. Монтаж массива кристаллов микро-LED осуществляется при помощи массива электростатических головок, к которым подается напряжение для захвата, размещения и нагрева (рис 7).

Компания X-Celerprint разработала технологию микро-сборки с помощью эластомерного штампа для монтажа массива кристаллов микро-LED, как показано на рис 8<sup>13</sup>. Процесс начинается с подготовки подложки-донора, на которой формируются массивы микро-LED. Затем мягкий эластомерный штамп контактирует с микро-LED. Микро-LED прикрепляются к штампу и демонтируются с подложки-донора силой Ван-дер-Ваальса, поскольку адгезия штампа выше. Затем массив микро-LED монтируется на принимающую подложку и отслаивается от штампа.

В Корейском институте техники и материаловедения (Korea Institute of Machinery and Materials – KIMM) был разработан процесс переноса кристаллов с рулона на пластину<sup>14, 15</sup>, который можно

использовать для монтажа микро-LED с размерами кристаллов менее 100 мкм и толщиной до 10 мкм, как показано на рис 9. Процесс может обеспечить производительность до 10 000 кристаллов в секунду для гибких, растягиваемых и легких дисплеев. Весь процесс состоит из трех этапов:

- Первый шаг – подобрать и разместить массив управляющих тонкопленочных транзисторов (TFT) на временной подложке с помощью роликового штампа, покрытого одноразовой пленкой для переноса изображения.
- На втором этапе микро-LED снимаются с несущей подложки, помещаются на временную подложку и соединяются с TFT с помощью пайки.
- На последнем этапе массив соединенных между собой микро-LED и TFT накатывается на принимающую подложку, чтобы сформировать микро-LED дисплей с активной матрицей.

Компания EV Group (EVG) в 2013 представила первую в отрасли машину EVG 570R2R для рулонной наноимпринтной литографии. Данное оборудование было создано в сотрудничестве со специалистами Industrial Consortium on Nanoimprint (ICON) и A\*STAR Institute of Materials Research and Engineering (IMRE). EVG является эксклюзивным технологическим партнером «Остек-ЭК» и специализируется на решениях для нанотехнологий, литографии и полупроводникового производства.

## Текущие проблемы и перспективы

Несмотря на вышеописанные технологические достижения, все еще остаются некоторые критические узкие места, которые необходимо преодолеть при крупносерийном производстве дисплеев с микро-LED. Главный из них – количество годных

<sup>11</sup> Schuele, P.J.; Sasaki, K.; Ulmer, K.; Lee, J.-J. Display with surface mount emissive elements. Patent No. 9,825,202, 11 May 2017

<sup>12</sup> Bibl, A.; Higginson, J.A.; Hu, H.-H.; Law, H.-F.S. Method of transferring and bonding an array of micro devices. Patent No. 9,773,750, 26 September 2017

<sup>13</sup> Meiti, M.A.; Zhu, Z.-T.; Kumar, V.; Lee, K.J.; Feng, X.; Huang, Y.Y.; Adesida, I.; Nuzzo, R.G.; Rogers, J.A. Transfer printing by kinetic control of adhesion to an elastomeric stamp. Nat. Mater. 5. 2006. Стр. 33

<sup>14</sup> Ahn, S.H.; Guo, L.J. Large-area roll-to-roll and roll-to-plate nanoimprint lithography: a step toward high-throughput application of continuous nanoimprinting. ACS Nano. 3. 2009. Стр. 2304-2310

<sup>15</sup> Sharma, B.K.; Jang, B.; Lee, J.E.; Bae, S.-H.; Kim, T.W.; Lee, H.-J.; Kim, J.-H.; Ahn, J.-H. Load-Controlled Roll Transfer of Oxide Transistors for Stretchable Electronics. Adv. Funct. Mater. 23. 2013. Стр. 2024-2032

пикселей дисплея. Должно быть не более пяти битых пикселей на полноцветном RGB-дисплее с высоким разрешением (FHD) (1920 × 1080 пикселей), т. к. каждый микро-LED является пикселем, то выход годных должен составлять 99,9999 %. Битый пиксель может появляться на разных этапах производства: эпитаксия, процесс создания кристаллов LED и сборка. Например, брак вызванный остатками фоторезиста внутри зазоров между элементами на кристалле микро-LED<sup>16</sup>. Еще пример: в пассивной матрице с массивом микро-LED после flip-chip-монтажа кристаллов GaN микро-LED на кремний с общими полосковым р-электродом образуются многочисленные битые пиксели из-за отслаивания кристаллов от электрода. Без добавления процесса плазменного травления в кислородной среде для массивов с зазором между мезаструктурами в 170 мкм выход годных микро-LED в матрице составляет примерно 90 %. Однако когда ширина зазора уменьшается до 6 мкм, выход годных падает примерно до 67 %. Если добавить процесс плазменного травления для удаления остатков фоторезиста, то выход годных поднимется до 100 % для массивов с зазорами между мезаструктурами 170 мкм и станет более 95 % для массивов с зазорами между мезаструктурами 6 мкм.

Еще одна проблема – это обнаружение дефектов и технология ремонта. Для изготовления дисплея без дефектов даже при условии высокого выхода годных процесс ремонта неизбежен. Есть простое решение – удвоить количество микро-LED элементов для каждого пикселя. Однако эффективность дублирования в любом случае зависит от начального уровня дефектности. Если выход составляет 99,99 %, удвоение количества микро-LED может уменьшить количество битых пикселей с 5 000 до 5 пикселей на дисплее FHD. Но если выход составляет всего 99,9 %, то количество битых пикселей будет снижено до 500<sup>17</sup>. При этом если удваивать количество микро-LED, стоимость дисплея значительно возрастет. В качестве альтернативы некоторые разработчики предложили индивидуальные технологии восстановления пикселей. Например, компания Ras Tech, еще один технологический партнер «Остек-ЭК», имеет решения для ремонта бракованных микро-LED.

Реализация массового производства микро-LED дисплеев зависит от их конкурентоспособности по стоимости в сравнении с LCD- и OLED-дисплеями. Стоимость микро-LED дисплеев

включает в себя затраты на полупроводниковые пластины с кристаллами, сборку панелей, а также стоимость ремонта. На момент написания этой статьи конкурентоспособность по стоимости для некоторых применений уже реалистична (рис 10)<sup>18</sup>.

Большинство аналитиков согласны с тем, что микро-LED дисплеи расширят рынок сбыта, и в ближайшем будущем их производство начнет быстро расти. Некоторые считают, что значительный скачок и фактическое массовое производство микро-LED дисплеев произойдет не раньше 2030 года или около того. Некоторые настроены более оптимистично и считают, что массовое производство начнется примерно через 3-5 лет.

## Заключение

Основными преимуществами микро-LED являются высокая яркость, эффективность и срок службы.

Высокая эффективность имеет важное значение, но в основном для носимых устройств. Для стационарных мониторов и телевизоров требования к эффективности значительно ниже. По мере того, как кристаллы LED становятся меньше, их эффективность растет. При просмотре общей эффективности систем отображения применение микро-LED позволяет примерно на 30 % снизить энергопотребление по сравнению с современными OLED.

Срок службы дисплея является проблемой для современных OLED, поскольку излучающая природа OLED в сочетании с его ограниченным сроком службы приводит к остаточным изображениям или выгоранию. Срок службы неорганических LED намного выше, а это означает, что остаточного изображения на дисплеях микро-LED не будет, как на OLED-дисплеях.

Несмотря на узкие места разработчики, мотивированные большим потенциалом технологии, с оптимизмом смотрят на производство микро-LED дисплеев. Ожидается, что полноценная коммерциализация микро-LED дисплеев может стать реальностью в ближайшие годы, при этом ставка делается на устройства небольшого размера, такие как проекционные дисплеи (HUD) для AR / VR, носимые устройства и гаджеты, а также дисплеи с низким PPI для архитектуры, видеостен, крупногабаритных табло и стендов (согласно оценке Yole Developpement).

**По вопросам, связанным с микро-LED и другими технологиями, оборудованием, оснасткой и инструментами для производства микроэлектроники, обращайтесь по телефону: +7 (495) 877-44-70 или по e-mail: micro@ostec-group.ru.**

<sup>16</sup> Xie, E.; Stonehouse, M.; Ferreira, R.; Jonathan, J.; McKendry, D.; Herrnsdorf, J.; He, X.; Rajbhandari, S.; Chun, H.; Aravind, V.; et al. Design, Fabrication, and Application of GaN-Based Micro-LED Arrays With Individual Addressing by N-Electrodes. IEEE Photonics J. 9. 2017. 7907811

<sup>17</sup> Henry, W.; Percival, C. ILED Displays Next Generation Display Technology. SID Int. Symp. Dig. Tech. Pap. 47. 2016. Стр. 747-750

<sup>18</sup> <https://www.microled-info.com/why-microled-displays-may-take-longer-expected-reach-market>

## ТЕХНОЛОГИИ

# Экстремальное утонение кремниевых пластин

или как сформировать  
нано-TSV в 3D-гетерогенной  
интеграции



Текст: Дмитрий Суханов



Ожидается, что большая часть схем интеграции 3D-систем на кристалле (SoC - System-on-Chip) в будущем потребует процесса бондинга пластина-пластина (W2W - Wafer-to-Wafer), который позволит напрямую соединять внутренние слои (BEOL - Back End Of Line) двух пластин в сочетании со сквозными отверстиями в кремнии, выполняемыми в конце технологического маршрута (TSV - Through-Silicon Via).



Для постоянного развития микроэлектроники и продолжения «жизни» закона Мура<sup>1</sup> необходимо использовать совершенно новый подход, сочетающий экстремальное утонение кремния до конечной толщины 500 нм с последующим травлением наноразмерных TSV с шагом менее 500 нм. Это позволит обеспечить электрические соединения с очень высокой плотностью в рамках интеграции сети доставки энергии с обратной стороны (BSPDN – back-side power delivery network).

### Что такое TSV и нано-TSV? В чем их отличие?

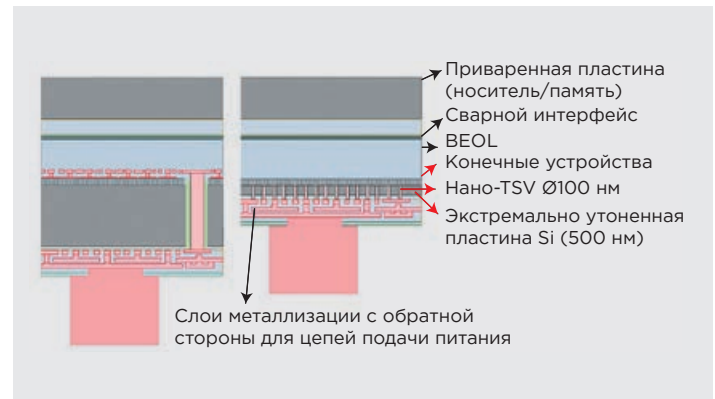
TSV с переходным отверстием обычно используются для соединения обратной стороны пластины с лицевой стороной через несколько микрон утоненной Si-пластины. В большинстве случаев размеры микро-TSV составляют ~1 мкм в диаметре и 5 мкм в глубину<sup>2</sup>. Для субмикронных межсоединений толщину Si-платины необходимо уменьшить, чтобы сохранить соотношение сторон TSV ниже 10:1 – типичного максимума для последующего осаждения оксида и металла. В идеале, для нано-TSV с размерами ~180 × 250 нм требуется, чтобы слой Si был тоньше 1 мкм.

На рис. 1 показаны типовые структуры устройств для микро- и нано-TSV. Последняя структура позволяет разместить все линии подачи питания на обратной стороне пластины, а более тонкий слой Si – улучшить рассеивание и отвод тепла.

### Что представляет собой утонение кремниевых пластин в разрезе формирования нано-TSV?

Утонение кремниевых пластин до толщин в 5 мкм может быть достигнуто за счет комбинации шлифовки, химико-механической полировки (ХМП) и сухого травления. Из-за неоднородностей, связанных с этими процессами, окончательное изменение общей толщины (TTV – Total Thickness Variation) обычно составляет 2 мкм<sup>3</sup>. На стадии сухого травления удаляется примерно 40-50 мкм Si (остается 5 мкм). Однако даже при исключительном контроле однородности травления на уровне ± 2 % это все равно приводит к значению TTV в ~1,8 мкм. Таким образом, такие комбинации процессов не могут решить проблему утонения до ~0,5 мкм.

Для достижения желаемой конечной толщины в 0,5 мкм используется комбинация сухого и влажного травления вместе со слоем, препятствующим травлению – стоп-слоем<sup>4</sup>. Высококачественный эпитаксиальный слой SiGe25% толщиной 50 нм сначала выращивается



1

Типовые структуры устройств с микро- и нано-TSV. Источник: Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain

на 300-миллиметровой Si-пластине, а поверх нее выращивается закрывающий слой эпитаксиального Si толщиной 500 нм. Этот закрывающий слой Si и является отправной точкой для изготовления нано-TSV. Содержание SiGe, равное SiGe25%, выбрано как компромисс между селективностью влажного травления по Si (выше при более высокой концентрации Ge) и дефектностью пленки (ниже при более низкой концентрации Ge из-за несоответствия решеток). Следующим этапом является процесс FEOL (Front-End of-Line) в закрывающем слое Si толщиной 500 нм. Затем верхняя пластина, на которой располагаются конечные устройства, и несущая пластина соединяются диэлектрическими слоями лицом-к-лицу с использованием комбинации 150 нм SiO и 50 нм SiCN с обеих сторон.

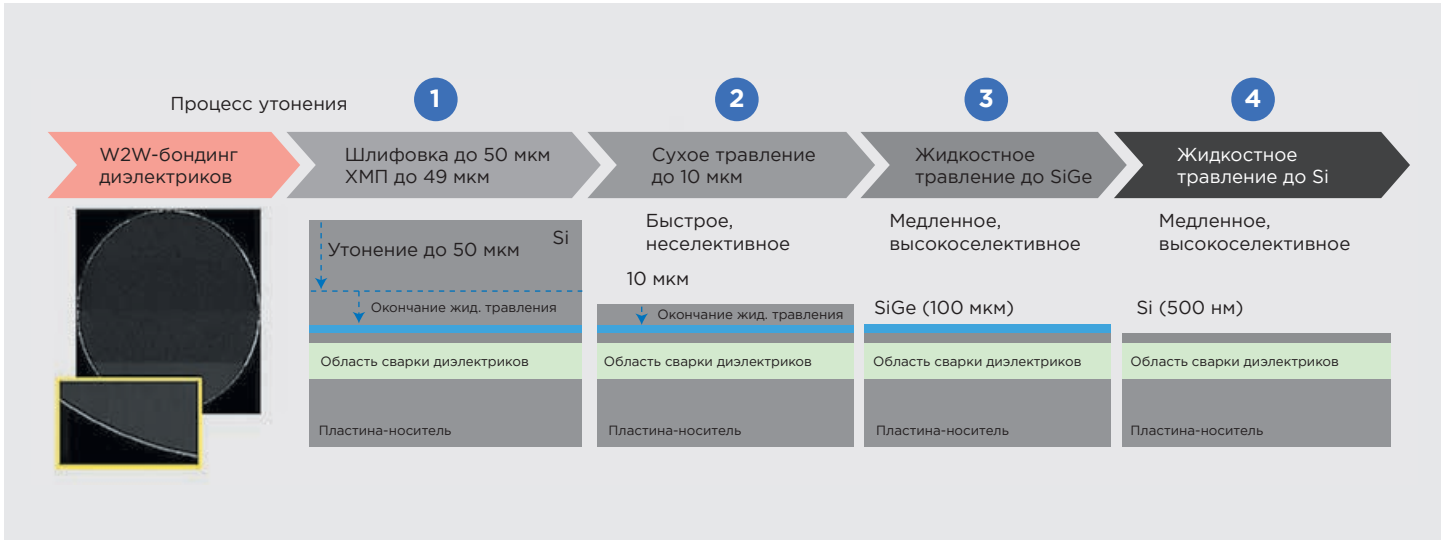
Следующая часть технологического процесса показана на рис. 2. Верхняя пластина утоняется путем шлифования до 50 мкм. Шлифование механически повреждает поверхность и подповерхность Si. Поэтому оставшаяся толщина Si должна быть больше, чем толщина Si, на которую повлияло механическое воздействие, поскольку необходимо предотвращать попадание трещин и дислокаций в активные области устройств, так как они могут повлиять на производительность и надежность в целом. Затем еще 1 мкм полируется с помощью ХМП для сглаживания поверхности. На этапе сухого травления удаляется еще ~40 мкм Si, чтобы оставить 10 мкм над слоем SiGe. Преимущества сухого травления заключаются в том, что это высокоскоростной этап, позволяющий избежать любого механического контакта с пластиной. Он также дает возможность осуществлять мониторинг толщины на месте (в режиме реального времени) с помощью интерферометрии в ближнем инфракрасном диапазоне. После сухого травления оставшийся Si имеет TTV около 2 мкм. Сухое травление происходит быстро (~9 мкм / мин), но не избирательно по отношению к SiGe. Следовательно, требуется этап влажного травления, чтобы удалить оставшиеся 10 мкм Si с SiGe. Влажное травление компенсирует 2 мкм TTV, оставляя TTV у слоя SiGe на уровне ~20 нм. Селективность влажного травления Si по отношению к SiGe недостаточно высока, чтобы можно

<sup>1</sup> Журнал «Вектор высоких технологий» № 2 (52) 2021: «Шаг по направлению к квантовой электронике или жизнь микроэлектроники в эпоху постМура»

<sup>2</sup> J. De Vos, et al., «Hole-in-one TSV, a new via-last concept for high-density 3DSOC interconnects,» ECTC, 2018

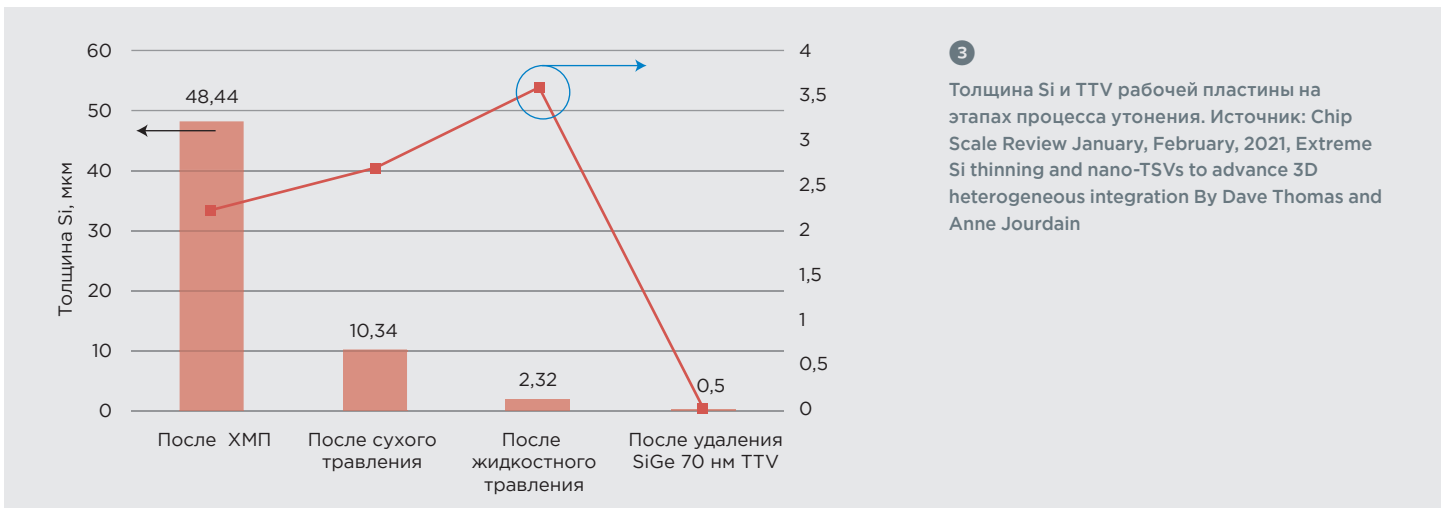
<sup>3</sup> A. Jourdain, et al., «Extreme thinning of Si wafers for via-last and multiwafer stacking applications,» IEEE ECTC, May 2018

<sup>4</sup> A. Jourdain, et al., «Extreme wafer thinning and nano-TSV processing for 3D heterogeneous integration,» in IEEE ECTC, June 2020



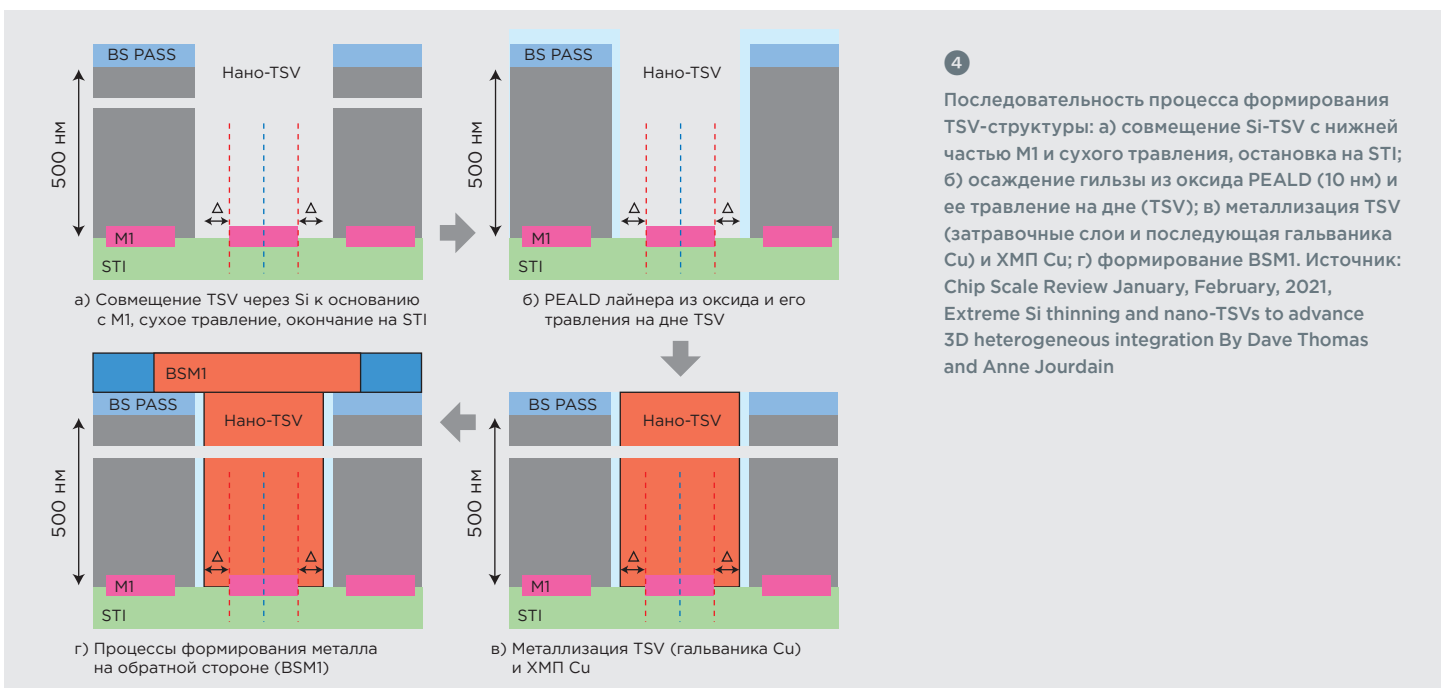
2

Процесс экстремального утонения до 500 нм после бондинга W2W. Источник: Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain



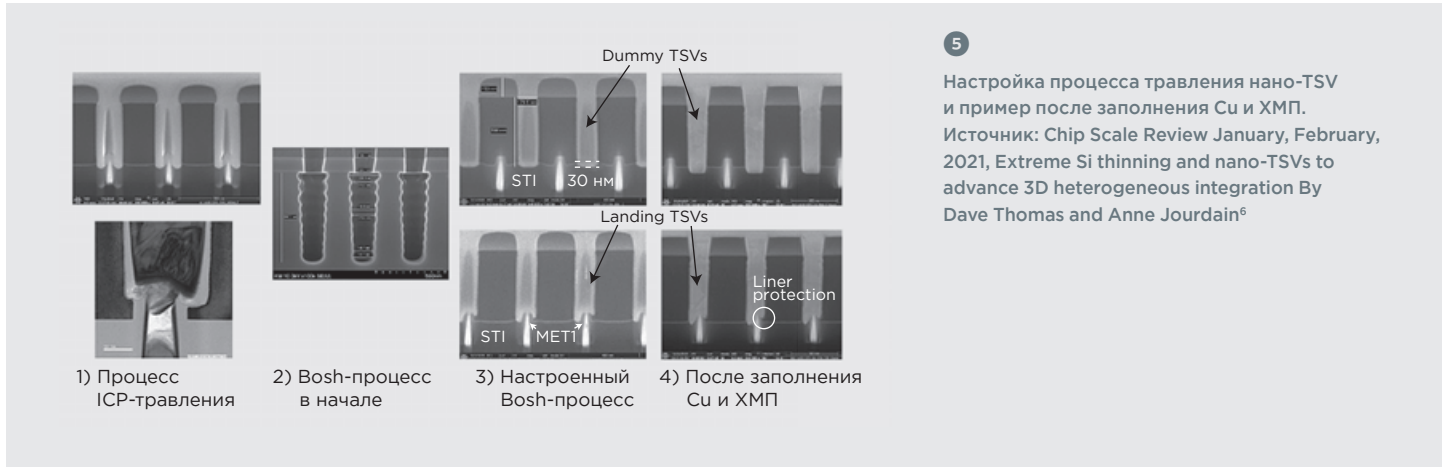
3

Толщина Si и TTV рабочей пластины на этапах процесса утонения. Источник: Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain



4

Последовательность процесса формирования TSV-структуры: а) совмещение Si-TSV с нижней частью M1 и сухого травления, остановка на STI; б) осаждение гильзы из оксида PEALD (10 нм) и ее травление на дне (TSV); в) металлизация TSV (затравочные слои и последующая гальваника Cu) и ХМП Cu; г) формирование BSM1. Источник: Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain



5

Настройка процесса травления nano-TSV и пример после заполнения Cu и ХМП. Источник: Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain<sup>6</sup>

было использовать влажное травление для полного удаления Si. Цель сухого травления – подобраться достаточно близко к слою SiGe, чтобы позволить влажному травлению остановиться внутри SiGe и не нарушить его. Толщина слоя SiGe также должна быть не менее 50 нм, чтобы этого не произошло. Наконец, сам слой SiGe подвергается влажному травлению с использованием химического травителя с высокой степенью селективности SiGe к Si, обнажая эпитаксиальный слой Si толщиной 500 нм. На рис. 3 показана толщина Si и TTV рабочей пластины во время процессов утонения. Окончательный Si имеет TTV около 70 нм, что идентично изменению толщины эпитаксиально выращенного слоя Si. После этого пластины готовы к проведению процессов по формированию nano-TSV.

### Формирование nano-TSV

Процесс формирования nano-TSV показан на рис. 4. Формирование рисунка nano-TSV осуществляется путем совмещения через Si и должно гарантировать, что nano-TSV совмещены по нижнему металлическому слою 1 (M1). Для этого требуется допуск наложения <20 нм (наложения одного слоя на другой). Nano-TSV имеют продолговатую верхнюю часть с размером ~180 × 250 нм и глубину 500 нм (конечная толщина после этапов утонения). Травление nano-TSV выполняется с использованием Bosch-процесса с очень коротким временем цикла, чтобы минимизировать «зубчатость» боковой стенки (sidewall scalloping) и облегчить последующее напыление. Травление TSV должно останавливаться на тонком диэлектрическом слое, покрывающем слой M1, поскольку это позволяет избежать повторного распыления металла во время травления nano-TSV. В противном случае могут возникнуть проблемы с надежностью конечных устройств<sup>5</sup>. После травления nano-TSV конформно осаждаются 10 нм оксида (гильза или лайнер) путем атомно-слоевого осаждения, стимулированного плазмой по всей глубине nano-TSV. Затем лайнеры TSV и M1 протравливаются за одну операцию, чтобы обнажить M1. Nano-TSV покрывают барьерным слоем Ta / TaN и затравочным слоем из си-

стемы металлов, после чего заполняют все Cu и выравнивают поверхность в завершении с помощью ХМП. Наконец, формируется Cu-пробка, которая завершает металлический слой на обратной стороне (BSM1 – back side metal).

Существуют два типа TSV/нано-TSV: «фиктивные» (dummy) TSV, которые «ставятся» на диэлектрик для мелкощелевой изоляции (STI – shallow trench isolation), выравнивающие внутреннее напряжение; и «посаженные» (landing) TSV, которые подключаются к M1.

На рис. 5 показаны результаты отработки процесса травления nano-TSV. Для сравнения, первоначально была предпринята попытка травления с индуктивно связанной плазмой (не Bosch-процесс), но ему не хватило селективности по оксиду, которая требуется, и обнажает M1, потому что его тонкий слой также вытравливается. Затем, если взять процесс травления Bosch, который первоначально был разработан для TSV размером 1 × 5 мкм, получаемая «зубчатость» стенок слишком велика в пределах размеров nano-TSV и значительно затрудняет их осаждение и заполнение. Поэтому Bosch- процесс был настроен в части уменьшения времени цикла (шага), чтобы получить меньший уровень «зубчатости» стенки, соответствующий размерам nano-TSV.

### Какое будущее ожидает 3D-гетерогенную интеграцию с применением nano-TSV?

Интеграция nano-TSV реализует потребность микроэлектронной отрасли в поиске новых схем и разработок новых процессов. И, конечно же, это запустит новый виток развития микроэлектроники и на какое-то время продлит «жизнь» закону Мура за счет появившейся возможности дальнейшего 3D-масштабирования интегральных микросхем.

Вот только на сколько хватит данного решения и в какой срок все же придется переходить на реализацию квантовой микроэлектроники? Давайте вместе следить за развитием событий в микроэлектронном мире. □

<sup>5</sup> S. Van Huylenbroeck, et al., «A highly reliable 1 × 5 μm via-last TSV module,» IITC, 2018

<sup>6</sup> Chip Scale Review January, February, 2021, Extreme Si thinning and nano-TSVs to advance 3D heterogeneous integration By Dave Thomas and Anne Jourdain

## КАЧЕСТВО

# Тестопригодное проектирование в Остеке? Естественно!



Текст: Тимофей Максимов



«Сапожник без сапог»! Пожалуй, ни один производитель не захотел бы услышать о себе эту расхожую фразу. Тем более это касается Остека как основного поставщика решений для производства электроники на российском рынке. Их внедрение при разработке и производстве собственных продуктов не вопрос престижа или принципа – это жизненная необходимость.

Оstek-Электро – команда профессионалов в технологиях тестирования электроники. В статье на примере собственных разработок компании мы рассмотрим, как с помощью синтеза внутрисхемного тестирования и периферийного (граничного) сканирования электронных модулей добиться 100 % тестопригодности еще на стадии проектирования.

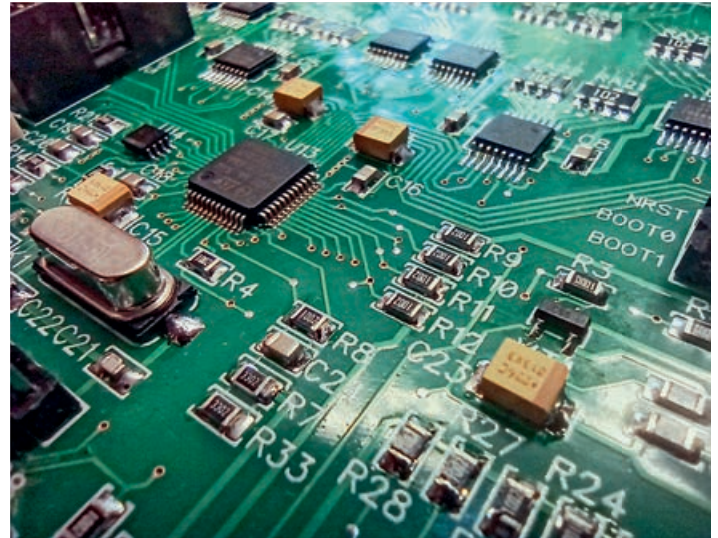


1  
Тестер с летающими пробниками SPEA4060 S2

Как известно, при производстве электроники существуют различные подходы к контролю качества выпускаемой продукции. Многое зависит от сложности изделий, партии и жесткости эксплуатационных требований к аппаратуре. И, само собой, от того, насколько производитель озабочен качеством собственного продукта, и насколько эффективную и передовую парадигму контроля он выбрал.

Очевидным и традиционным решением всегда был функциональный контроль. А поскольку вы хорошо знаете своё изделие и знаете, как его проверять, то с легкостью можете спроектировать тестовый стенд. Или нет? В идеальном мире возможно все, но в реальности эффективность и достаточность функционального контроля очень сильно ограничена заложенной в стенд глубиной диагностики, а также универсальностью по отношению к другим выпускаемым изделиям – иначе экономически целесообразным он будет лишь при большой серийности. Российская реальность такова, что крупную серийность на отечественных производствах электроники редко встретишь. С другой стороны, у всех широкая номенклатура изделий. В этих же обстоятельствах живет и Остек-Электро, но имеет преимущество в том, что является поставщиком современных технологических решений в области тестирования и потому пользуется этим преимуществом сполна в собственном проектировании и производстве.

На текущий момент общепринятыми технологиями электрического контроля выпускаемых электронных модулей помимо функционального контроля (FT – functional test) являются внутрисхемное тестирование (ICT – in-circuit test) и периферийное сканирование (BS – boundary scan) по стандарту IEEE1149 через интерфейс JTAG. Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки, но их совокупность дает выдающийся уровень тестопригодности. Давайте рассмотрим эти технологии.

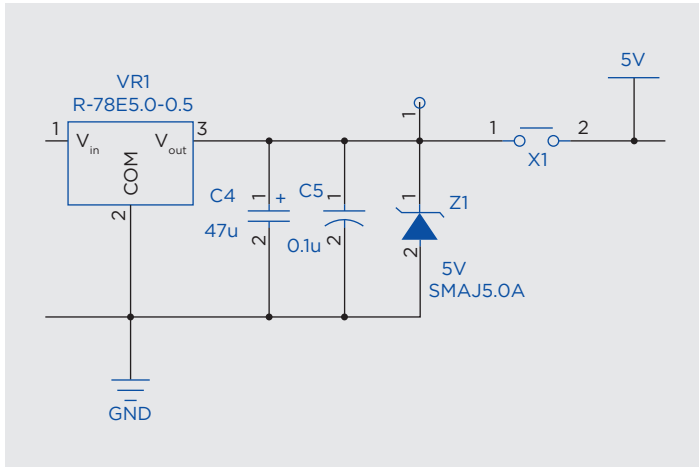


2  
Пример изделия ООО «Остек-Электро» с тестовыми точками

Метод внутрисхемного тестирования (ICT) позволяет проверять компоненты непосредственно в схеме без подачи штатного питающего напряжения. Таким образом выявляются дефекты номиналов электрических компонентов, а также параметрическое функционирование таких компонентов, как диоды, транзисторы, оптопары, реле, трансформаторы и т. д. Сегодня потребность подобного контроля обостряется из-за заполненности рынка ЭКБ контрафактом. Также на ранней производственной стадии выявляются такие грубые дефекты, как КЗ между цепями питания с общей шиной, способные привести к разрушительным последствиям. Для проведения тестирования по методике ICT используют тестеры с пробниками – летающими или в адаптере. И если адаптерные тестеры типа «ложе гвоздей» дают высокое быстродействие, то системы с летающими пробниками позволяют гибко подстраиваться под текущие потребности в тестировании изделий.

Популярные на российском рынке установки с летающими пробниками SPEA4060 (рис 1) позволяют обеспечить контакт даже к самым небольшим типоразмерам компонентов, таким как 01005, с обеих сторон платы. Но тем не менее, каждое изделие имеет свои особенности доступа для пробников, что на практике усложняет или ограничивает возможности внутрисхемного тестирования.

В некоторых случаях нежелательно разрушительное физическое воздействие на контактную площадку или вывод компонента даже при использовании функции мягкого касания. Такие несложные на стадии проектирования меры, как выведение тестовых площадок на цепи с внутрисхемным тестированием решают многие проблемы и существенно облегчают подготовку тестовых программ, повышают тестопригодность и увеличивают скорость проверки за счет доступа для всех пробников. На рис 2 приведен пример подоб-



3

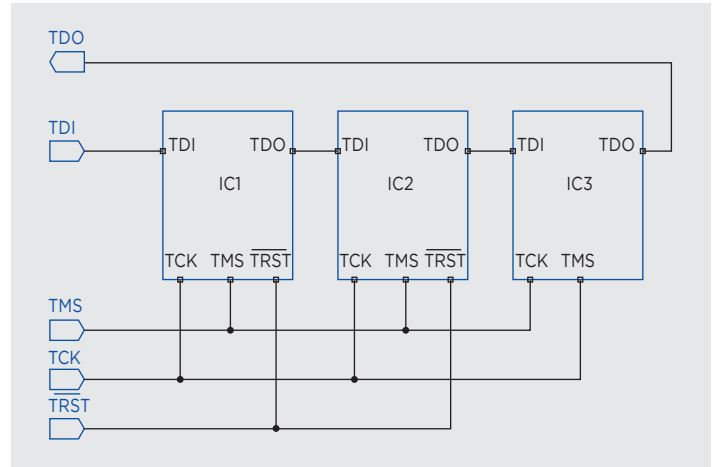
Тестовая развязка X1 схемы питания

ной модификации на одном из собственных изделий ООО «Остек-Электро». Естественно, на каждом типе изделий предусмотрены реперные знаки с обеих сторон и поля платы с достаточным выносом без цепей и компонентов для беспрепятственной фиксации в рабочей зоне SPEA4060.

Для увеличения тестового покрытия схем преобразования питания предусмотрены развязывающие площадки, позволяющие контролировать работу каждого каскада изолированно. На рис 3 для проведения контроля несложной схемы DC-DC-преобразователя напряжения VR1 с обвязкой предусмотрен разрыв цепи X1. Таким образом выходное напряжение, ёмкость выходных конденсаторов и напряжение стабилизации TVS-диода можно проверить без какого-либо воздействия относительно потребляющей схемы. Как только внутрисхемный контроль проведен, площадки разрыва X1 спаиваются для дальнейшей работы уже с запитанным изделием. Согласитесь, в большинстве случаев подобная доработка совершенно незначительно усложняет производственный процесс, но при этом сколько преимуществ дает для тестирования!

Однако из-за упора на внутрисхемное тестирование возможности системы ограничены для контроля цифровых схем. Существующие опциональные расширения позволяют подключать изделие через собственные разъемы к цифро-аналоговым модулям, но, во-первых, требуется их наличие в составе системы, а во-вторых, необходима изначальная серьезная проработка как самого изделия, так и тестовой программы.

И здесь на выручку как нельзя кстати приходит технология периферийного (граничного) сканирования, основанная на стандарте IEEE1149. Речь, конечно же, о JTAG-тестировании, не нуждающемся в особом представлении для производителей цифровой электроники. Тем не менее, приведем краткую предысторию возникновения технологии периферийного сканирования и напомним основные принципы работы.



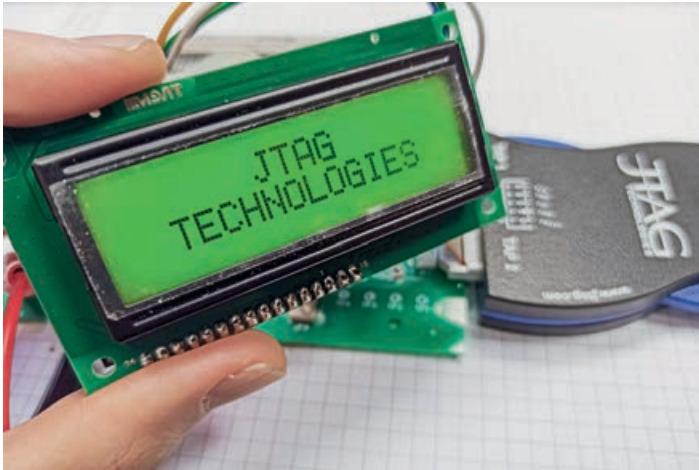
4

Интерфейс JTAG. Линия TRST в примере предусмотрена только для IC1 и IC2. Обвязка линий JTAG не отображена

В конце прошлого века технология ICT стала отставать во всеобщей погоне за миниатюризацией и цифровизацией печатных плат и уже не удовлетворяла всем предъявляемым требованиям к тестированию. В результате поиска новых идей родился метод Boundry Scan и стандарт IEEE1149, буквально открывший новую эпоху в тестировании сложных цифровых устройств. За разработку и развитие стандарта отвечает так называемая группа JTAG (Joint Test Access Group), аббревиатура которой стала прочно ассоциироваться с аппаратным интерфейсом технологии периферийного сканирования. Его структура состоит из четырех обязательных линий с пятой опциональной (рис 4). По линии TMS от JTAG-контроллера отправляются команды, а линия TCK осуществляет тактирование. Тестовая последовательность, определяющая логическое состояние выводов компонента, задвигается по линии TDI и переходит к следующему компоненту JTAG-цепочки по линии TDO. Сброс JTAG-логики производится по линии или при её отсутствии логической последовательностью по линии TMS. Каждый производитель микроэлектроники сам определяет аппаратную реализацию данного стандарта и описывает её для конкретного компонента, будь то процессор или ПЛИС, с помощью специального языка – BSDL (Boundary Scan Description Language).

Статус ведущего мирового носителя технологии крепко держит компания JTAG Technologies, Нидерланды. Богатый функционал и широкий спектр их решений, а также сильная поддержка клиентов есть и на российском рынке.

Мы стали использовать возможности технологии периферийного сканирования на основе станций JTAG Technologies, как только начали сами разрабатывать цифровые устройства с использованием компонентов с поддержкой стандарта IEEE1149. Насколько изделие тестопригодно можно оценить уже на стадии создания электронной принципиальной схемы. Достаточно экспортировать её в формате нетлиста (Tango, Protel



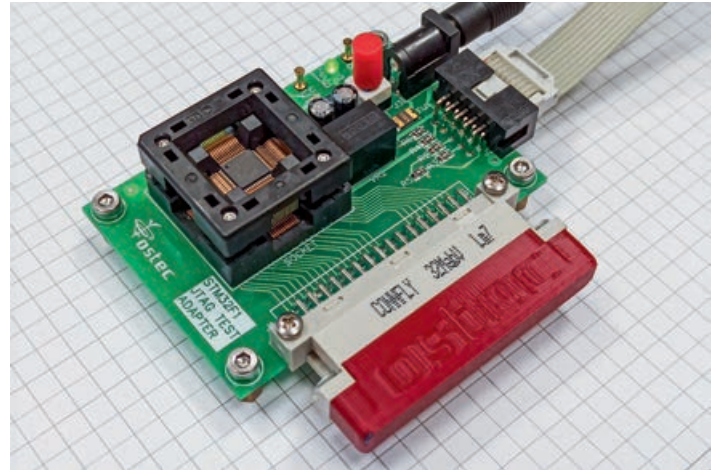
5 Работа дисплея в составе изделия при запуске JFT-приложения

2.0, PDIF, ODB++ и т.д.) и загрузить в программу JTAG ProVision™, где легко проводится анализ схемы и компонентов на наличие тестовых моделей и доступа к цепям. Взглянув на изделие с нового угла, разработчик может не только немного доработать схему и повысить тестовые возможности, но и найти схематехнические ошибки, ведь программа дает обратную связь по конфликтам в цепях. Именно поэтому при создании нового изделия тестопригодность мы оцениваем уже на ранней стадии до заказа печатной платы и компонентов. Экономия ресурсов налицо.

Когда плата уже собрана, но готовой прошивки еще нет, технология JTAG оказывается также чрезвычайно полезной на стадии программной отладки. В ПО JTAG ProVision™ заложена возможность создавать пользовательские функциональные приложения (JFT – JTAG Functional Test) на языке Python. Они удобны, не отягощены функционалом полноценных IDE и запускаются «на лету». При этом используются лишь JTAG-регистры компонента – никакая информация в ОЗУ или ПЗУ не записывается, ядро никак не участвует. Соответственно, за относительно небольшое время решается вопрос отладки будущей прошивки, пускай и на Python, а не в привычном C/C++, но главное здесь – подтвердить концепцию. С другой стороны, мы делаем функциональные приложения для включения их в итоговую тестовую последовательность. Автоматически генерируемые в ProVision™ приложения могут иметь ограниченную проверку периферийных компонентов. Например, у цифрового термометра может проверяться отклик по линии обращения I2C, но замер температуры не производится. Для восполнения подобных задач и нужен JFT.

На одном из собственных изделий у нас таким способом была отлажена программа работы знакогенерирующего дисплея МЭЛТ (рис 5), где в коде были допущены ошибки с последовательностью команд.

Для входного контроля микроконтроллеров STM32, используемых в собственных изделиях, предусмотрена спе-



6 Оснастка входного контроля микроконтроллеров STM32

циальная оснастка с сокетом под корпус LQFP-48 (рис 6). Через JTAG-интерфейс проводится тест инфраструктуры, а также два теста соединений: сначала без замыкающего цепи разъема для поиска коротких замыканий, а затем с разъемом для поиска обрывов. Заказчикам предлагаются подобные решения входного контроля микросхем под необходимые корпуса, будь то BGA или QFP с большим числом выводов. Оснащение ПО ProVision™ опцией CoreCommander позволяет заглянуть еще глубже и через JTAG-интерфейс проложить мост к внутренней архитектуре компонента. Через доступ к внутренней шине можно работать с памятью, протоколами обмена и управлять выводами там, например, где нет регистра периферийного сканирования.

## Закключение

В результате привлечения к тестированию технологий ICT и JTAG покрытие тестами некоторых наших изделий достигло 100 % и во многих случаях перекрывается. Как человек устойчиво стоит на двух ногах, так и электроконтроль печатных узлов в современной индустрии опирается с одной стороны на технологию периферийного сканирования для проверки цифровой части, а с другой стороны на внутрисхемное тестирование для выявления дефектов цепей и компонентов до подачи питания на изделие. Но мы не достигли потолка в DFT (Design for testability).

Собственные продукты активно развиваются, становятся сложнее и будут требовать вовлечения тех возможностей, которые не нужны сейчас. Например, может потребоваться не только тестирование за одно подключение к изделию, но и прошивка микросхем флэш-памяти и ПЛИС. Или использование цифро-аналоговых и частотных проверок с помощью модулей смешанных сигналов типа JT5112 от JTAG Technologies. Но уже сейчас можно сказать, что внедрение технологий тестирования дает нам неоспоримое преимущество как разработчику не только продвинутых, но и надежных решений. \

# Обзор испытательной камеры

## воспроизведения условий окружающей среды



Текст: Любовь Минина



Увеличение производства продукции в автомобильной, сырьевой, пищевой, медицинской и других областях промышленности свидетельствует о его постоянном росте. Эти изделия применяются не только в местах с различными условиями температуры и влажности, но и в средах с комбинацией нескольких факторов воздействия окружающей среды. Если взять в качестве примера автомобильную промышленность, то популяризация автономного вождения и электромобилей привела к увеличению роста числа электронных компонентов, используемых вне помещений, что требует проведения испытаний на надежность и долговечность в различных условиях.

В статье описана испытательная камера имитации воздействия окружающей среды производства ESPEC (Япония) для испытаний на воздействие температуры, влажности, солнечного излучения, осадков, снега и различных сочетаний этих условий.



## Обзор камеры

### Технические характеристики камеры имитации погоды (испытание на температуру/влажность)

Камера имитации погодных условий ESPEC основана на климатической камере температуры и влажности, способной проводить испытания в широком диапазоне. В **Т 1** представлен диапазон температуры и влажности, а также габариты рабочей зоны. Конфигурация холодильного контура предотвращает образование наледи во всех случаях, обеспечивая непрерывную работу.

### Управление, осуществляемое с единого контроллера

Одна из основных эксплуатационных особенностей камеры имитации погодных условий – это возможность задавать и контролировать все условия испытаний с помощью одного контроллера (рис 1)

В традиционных системах для индивидуальной настройки параметров температуры, влажности, осадков в виде дождя/снега и солнечного излучения требуется несколько контроллеров. А камера имитации погодных условий ESPEC позволяет управлять этими параметрами



1 Контроллер камеры имитации погодных условий

с помощью одного контроллера, значительно повышая удобство и эргономичность процесса.

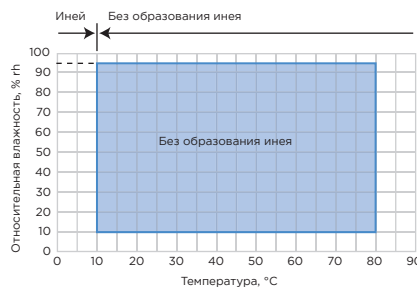
Кроме того, единый контроль параметров воздействия на испытуемое устройство позволяет воспроизводить

**Т 1**

Технические характеристики климатической камеры

#### КЛИМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Диапазон температур	От -4 до +120 °C
Диапазон влажности	От 10 % RH до 95 % RH (при температуре в диапазоне от +10 до +80 °C)



Допустимые образцы	A	Эквивалент нагрузки: макс. 2000 кг
	B	Тепловая нагрузка: 2 кВт
Габариты рабочей зоны	Ш5500 x В2500 x Г3500 мм	
Дверь	Одностворчатая	Ш2800 x В2300 мм (смотровое окно: Ш300 x В300 мм)
	Двустворчатая	Ш850 x В1800 мм (смотровое окно: Ш300 x В300 мм)
Тип панели исп. отсека	t125 мм (жесткая пена)	
Грузоподъемность пола	1000 кг/м <sup>2</sup>	
Контроллер	10,4-дюймовая цветная сенсорная панель *2 контроллера: основной и дополнительный (для тех. обслуживания)	

Т 2

Технические характеристики дождевой системы

СИСТЕМА ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ	
Количество осадков	Четырехуровневый контроль распыления: 50-100 мм/ч (2,5-5,0 л/мин) 101-150 мм/ч (5,0-7,5 л/мин) 151-200 мм/ч (7,5-10 л/мин) 35 л/мин Точная регулировка количества осадков возможна с помощью ручного клапана при использовании расходомера. Фактическое количество осадков измеряется при каждом испытании
Площадь распыления	3 кв. метра (приблизительно Ш1,5 х Г2,0 м)
Размер капель	0,1-3,0 мм
Время распыления	14-200 мин
Температурный диапазон	+5,0 до +35,0 °С
Рабочий диапазон испытательной камеры	0 до +50,0 °С

суточные изменения окружающей среды, например, от восхода до заката.

### Система дождевых осадков

Система дождевых осадков может переключаться между четырьмя режимами (50-100 мм/ч, 101-150 мм/ч, 151-200 мм/ч и 35 л/мин), а также позволяет контролировать температуру воды (Т 3).

### Система снегопада (испытание снегопадом)

Снегопад моделируется путем распыления охлаждаемой в резервуаре воды и сжатого воздуха через форсунку с двумя жидкостями. Качество снега можно контролировать, изменяя температуру в камере.

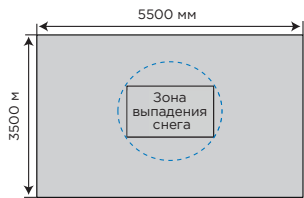
В Т 3 приведены технические характеристики системы снегопада, а на рис 2 проиллюстрировано испытание двухчасовым снегопадом в помещении при температуре -3 °С.

### Система солнечного излучения

Камера имеет встроенную систему инфракрасного излучения для проведения испытаний на термостойкость. Датчик температуры, установленный на черной панели, используется для приглушения инфракрасных ламп по мере необходимости путем обратной связи, обеспечивая достижение заданной температуры в месте крепления образца

Т 3

Технические характеристики системы снегопада

СИСТЕМА СНЕГОПАДА	
Количество выпавшего снега	Макс. 30 мм/ч (при -20 °С)  Количество выпавшего снега можно регулировать с помощью ручного клапана, ориентируясь на показания расходомера
Площадь зоны выпадения снега (1 м <sup>2</sup> вблизи центра камеры)	
Метод создания снега	Двухконтурное сопло (без функции точечного распыления снега)
Время воздействия	3 часа
Рабочий диапазон температур	От -30,0 до -5,0 °С

(на черной панели). Система солнечных ламп подвижна и может быть установлена в соответствии с любой формой образца, а функция регулировки наклона позволяет точно задавать угол распределения и расстояние, что дает возможность проводить облучение в соответствии с различными формами образцов.

В Т 4 приведены характеристики системы инфракрасного излучения.

### Основные особенности проектирования системы снегопада

Камера имитации погодных условий ESPEC включает систему снегопада, состоящую из резервуара для воды, чиллера, воздушного компрессора и двухканальной форсунки. Далее перечислены некоторые конструктивные моменты, воплощенные ESPEC в этой камере.

#### Двухканальное сопло (форсунка)

Система подачи снега распыляет воду и сжатый воздух через двухканальное сопло, где вода нагнетается и распыляется потоком воздуха. Для активации системы температура испытательной камеры понижается, и вода распыляется с потолка камеры, имитируя падение снега в зоне испытаний. Если в распылительном устройстве форсунки после остановки системы снегопада при низкой температуре



2

До и после снегопада (пример выпадения ориентировочно 7 см снега)

скапливаются остатки воды, то она замерзает в форсунке, препятствуя распылению и в некоторых ситуациях повреждая систему. Чтобы этого не произошло, при отрицательной температуре сжатый воздух подается как в основной, так и в водяной канал сопла, тем самым предотвращая замерзание.

Объем и давление воды и сжатого воздуха необходимы для настройки двухканального сопла и оказывают непосредственное влияние на качество снега (диаметр частиц и объем распыленной воды), которое меняется в зависимости от указанных значений. Двухканальное сопло, используемое в камере, способно уменьшать размер частиц за счет увеличения давления воздуха или увеличивать за счет увеличения объема воды. Согласованность между давлением воздуха и объемом воды позволяет

T 4

Технические характеристики системы инфракрасного излучения

Метод управления	Методом обратной связи в соответствии с температурой на поверхности черной панели
Температурный диапазон	От +45 до +100 °С Температура в камере устанавливается на 20 °С меньше, чем температура на поверхности черной панели. Расстояние облучения (т. е. установка черной панели) составляет 1000 мм от ламп
Блок ИК-лампы	250 Вт x 25 ламп Итого: 6,25 кВт
Площадь облучения	Ш1000 x В1000 мм

изменять содержание влаги, качество и количество выпавшего снега.

### Камера для имитации погодных условий

Во время испытания на снегопад вода распыляется внутри камеры при отрицательных значениях температуры окружающей среды. Это приводит к образованию инея и ограничивает время работы при отрицательной температуре. Чтобы предотвратить образование инея в системе охлаждения, между скопившимся снегом и впускным устройством создается зазор, а скорость набегающего потока снижается за счет увеличения размера впускного отверстия, уменьшая количество снега, засасываемого внутрь. Кроме того, компоненты дренажного отверстия оснащены нагревателями для предотвращения замерзания. Эти профилактические меры позволяют проводить испытания снегом в течение длительного времени.

После завершения испытания на снегопад система размораживания автоматически растапливает иней в системе охлаждения перед проведением следующего цикла испытаний.

**Корпорация ESPEC продолжает разработку технологий в области испытательного оборудования, способного искусственно воспроизвести любые условия окружающей среды за счет увеличения числа комбинаций внешних воздействующих факторов. Например, камер имитации погодных условий любого типа сложности, включая испытания в камерах соляного тумана, песка и пыли и так далее.**

**ООО «Остек-Тест» и корпорация ESPEC планируют дальнейшее сотрудничество, совместно развивая новые технологии и предлагая своим клиентам испытательные камеры, которые могут применяться в различных областях – профилактической и клинической медицине, при разработке и оценке средств индивидуальной защиты и т. д.**

## ОПТИМИЗАЦИЯ

# Главное – не запустить оборудование, а организовать техпроцесс

## Визит на участок сборки кодовых полосок для глюкометров силовой электроники

Текст: Юрий Ковалевский

»

ООО «Компания «Элта» – разработчик и производитель медицинской техники, расположенный в Зеленограде. Его основной продукцией являются глюкометры «Сателлит», «Сателлит Экспресс» и «Сателлит Плюс». Данные приборы нуждаются в тестовых и кодовых полосках, которые представляют собой массовые изделия. Для локализации производства кодовых полосок, имеющих в своем составе чип, компания недавно запустила участок по монтажу кристаллов на печатную плату. Специалистами компании был разработан собственный состав компаунда для герметизации установленных кристаллов, который теперь применяется на данном производстве.

Мы побывали на предприятии, где начальник участка микросборки Роман Викторович Фролов рассказал нам об оборудовании и возможностях участка, а также о планах дальнейшего его развития. В проведении экскурсии по участку ему помогал заместитель технического директора по продуктам для полупроводниковых производств ООО «Остек-ЭК» Дмитрий Александрович Суханов.

**Роман Викторович, ваше предприятие производит медицинскую технику, в частности глюкометры. Данные изделия пусть и не всеобщего потребления, но всё же их можно отнести к потребительскому рынку, а этот сегмент традиционно у нас занимают зарубежные производители. Когда в вашей компании стартовало производство этих изделий?**

К реализации проекта по импортозамещению этой продукции наша компания приступила пять лет назад. Тогда было закуплено соответствующее оборудование, но данное производство было запущено не так давно: определенное время потребовалось на выстраивание технологического маршрута, отладку процесса, накопление опыта.

**Почему было принято решение локализовать производство, а не изготавливать свои изделия за рубежом?**

Я думаю, у этого было несколько причин. С моей точки зрения, как производственника, изготавливать изделия в нашей стране, во-первых, престижно. А во-вторых, благодаря этому мы можем пользоваться рядом преференций, которые предоставляются отечественным производителям со стороны государства.

Кроме того, в области медицинской техники в принципе идет активный процесс импортозамещения, и спрос на такие изделия как глюкометры, произведенные в России, растет.

**Каково назначение участка, на котором мы сейчас находимся?**

Это сборочный участок, на котором основной технологический процесс – монтаж кристаллов. Как известно, микросхемы бывают корпусированные и бескорпусные. У первых кристалл установлен в корпусе, имеющем выводы или контактные поверхности, и вся эта конструкция монтируется на плату. Вторые представляют собой открытый кристалл, который ставится на плату непосредственно и затем герметизируется. Именно эта технология на данный момент реализована здесь.

**Какую роль играет этот участок в производстве глюкометров?**

Здесь мы производим кодовые полоски. Если вы когда-нибудь использовали бытовой глюкометр, то знаете, что для измерения содержания сахара в крови нужно вставить в прибор одноразовую тестовую полоску – по сути, плату, на которую нанесен фермент, реагирующий с глюкозой. В результате данной реакции меняются электрические параметры полоски, и это изменение преобразуется глюкометром в значение, показывающее содержание глюкозы в капле крови.

Но параметры тестовых полосок варьируются от партии к партии, вызывая отклонения в показаниях прибора. Чтобы свести к минимуму эти отклонения, в наших глюкометрах применяются поправочные коэффициенты, которые задаются для каждой партии тестовых полосок на производстве. Их значения записываются в память специальной

кодовой полоски наряду с датой изготовления партии тестовых полосок, поскольку для точных измерений необходима также и поправка на их старение. Когда вы открываете новую упаковку с тестовыми полосками, вы сначала достаете из нее кодовую полоску, вставляете ее в прибор, он считывает поправочные коэффициенты для данной партии, после чего вы можете использовать глюкометр как обычно, и при этом получать более точные показания.

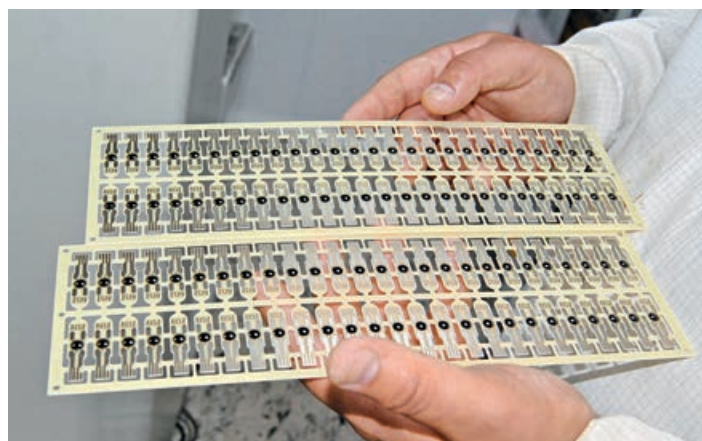


Роман Фролов

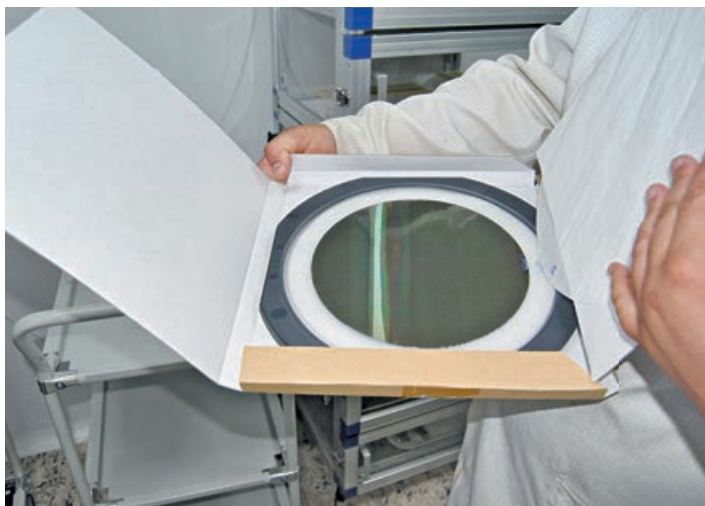
У импортных аналогов такой технологии нет, поэтому даже если предположить, что их тестовые полоски очень качественные и обладают малым разбросом параметров, то всё равно эти приборы не делают поправку на старение полосок, что снижает их точность.

Кодовая полоска представляет собой небольшую тонкую плату, на которую устанавливается чип. Этот чип мы и монтируем на данном участке.

В будущем, возможно, мы будем здесь монтировать также и кристаллы ИС на платы самих приборов. Такие разработки у нас ведутся.



1 Групповая заготовка с кодовыми полосками (вверху) и этикетка с кодовой полоской, которая вкладывается в упаковку с тестовыми полосками (внизу)



2

Полупроводниковая пластина, разрезанная на отдельные кристаллы

**Если ваши глюкометры обладают таким важным преимуществом перед зарубежными аналогами, как более высокая точность измерений, они, вероятно, должны пользоваться успехом за рубежом. У вас есть планы вывода этой продукции на международный рынок?**

Да, мы уже поставляем наши глюкометры на экспорт, но пока это страны ближнего зарубежья – Грузия, Эстония, Латвия.

**Всё оборудование для этого участка было поставлено ООО «Остек-ЭК»? Насколько вы довольны их сервисным обслуживанием?**

Здесь большая часть оборудования от Остек-ЭК, но не всё. Остек – пожалуй, самый заметный поставщик решений для электронных производств в нашей стране. Одной из его сильных сторон является то, что он предоставляет именно комплексные решения, а его команда способна организовать производство, исходя просто из идеи заказчика. Им можно сказать: «Нам нужно изготавливать то-то и то-то», и вы получите законченный проект, отвечающий именно вашим требованиям, который затем ими будет воплощен в реальный участок или цех. И еще я бы подчеркнул, что если вы захотите что-то изменить в проекте, специалисты не будут на вас давить. Они скорректируют проект с учетом ваших пожеланий. Или же доступно объяснят, почему так делать нельзя, если это действительно так.

Тем не менее, часть оборудования мы приобретали у других поставщиков, что связано с тем фактом, что они поставляют в Россию некоторые установки определенного класса на эксклюзивной основе.

Что касается сервисного обслуживания, как говорил Генри Форд, «лучшая машина – новая машина». У нас оборудование совсем новое, оно работает корректно, и никаких проблем с ним пока не возникало. Тем не менее, оценить сервис от Остек-ЭК можно – по их оперативной реакции на наши вопросы, которые мы задавали, если нам было что-то непонятно. Все эти вопросы решались по телефону, либо



3

Шлюз для передачи заготовок и изделий в чистое помещение и обратно

в течение буквально двух-трех дней к нам приезжал специалист, который помогал нам на месте.

**С чего начинается процесс? Что находится на входе данного участка?**

На входе – платы и полупроводниковые пластины, уже утоненные и разрезанные на отдельные кристаллы. Утонение и резка пластин – это последний этап кристалльного производства. По крайней мере, так было исторически. Сейчас, конечно, грань между кристалльным производством и корпусированием размывается: приходят такие технологии, как корпусирование на уровне пластины. Но в нашем случае данные операции выполняются на стороне поставщика пластин. Так или иначе они должны осуществляться не на участке монтажа кристаллов, потому что это «грязные» операции, а здесь – чистая зона, ее класс чистоты 6 ИСО.

Кристаллы, применяемые в кодовых полосках, малого размера, и с пластины мы получаем порядка 16 тыс. кристаллов.

Поступившие в производство пластины и материалы, такие как проволока для разварки, до начала работы во избежание окисления хранятся в шкафах с контролируемой температурой и пониженной влажностью. В таких же шкафах хранятся незаконченные изделия, если процесс был прерван.

Собственно, первой операцией на данном участке является установка кристалла. Автомат Datacon 2200 evo plus от компании Besi (BE Semiconductor Industries) наносит клей для его крепления на подложку, снимает кристалл с ленты-носителя путем подкола с нижней стороны и устанавливает вакуумным захватом на положенное место. При этом кристалл прижимается с заданной силой, чтобы клей выступил со всех сторон, как этого требуют стандарты: при визуальном контроле по периметру кристалла должно быть видно 30 % клея.

Подложки с установленными кристаллами раскладываются в кассеты и в таком виде поступают в шкаф для групповой сушки.

Может показаться, что этот автомат установки кристаллов выглядит слишком сложным оборудованием для тех задач, которые он выполняет. Но причина сложности конструкции – в высокой точности и скорости. Точность позиционирования по осям X и Y достигает  $\pm 1$  мкм. Скорость установки кристаллов на этой машине в реальных условиях составляет порядка 2 000 шт./ч.

**Насколько важна точность установки кристалла на плату, если затем выполняется проволочная разварка? Ведь кристалл не должен совмещаться с контактными площадками платы.**

Точность очень важна вот по какой причине: если кристалл будет установлен со значительным смещением, то оптическая система оборудования проволочной разварки просто не сможет найти площадки, к которым должна привариваться проволока. Особенно это критично, когда площадки кристалла имеют малые размеры, например  $60 \times 60$  мкм. У кристалла кодовой полоски они  $200 \times 200$  мкм, но ведь это не единственное изделие, для производства которого предназначен данный участок.

**Как выполняется отверждение клея? Это обычная сушка?**

Да, мы используем термоотверждаемый состав, поэтому изделия подвергаются обычному нагреву. Влажность, освещение и другие факторы в отверждении клея не участвуют.

**Нужно ли контролировать прочность присоединения кристалла?**

Мы выполняем испытание прочности крепления на сдвиг в том случае, если менялись режимы, клей или что-либо еще в техпроцессе. Это выполняется на специальной установке 4000 Optima Bondtester от компании Nordson Dage. Она позволяет выполнять испытания на отрыв с усилием от 0,25 г до 50 кг, а на сдвиг – от 0,25 г до 200 кг. Это достигается применением системы грузов, расположенных с задней стороны



4

Один из шкафов сухого хранения, в которых хранятся исходные материалы, заготовки и незавершенные изделия

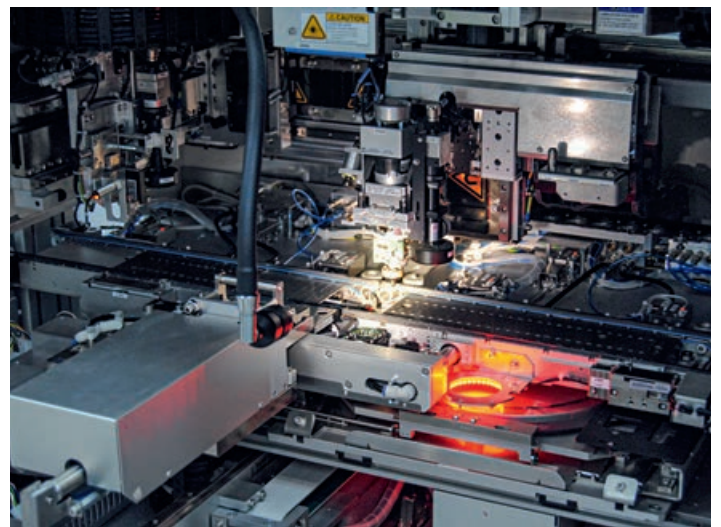
установки. Такие усилия, конечно, избыточны: при приложении к кристаллу 200 кг он просто разрушится.

Данная модель достаточно новая, и одним из ее преимуществ перед предыдущим поколением является то, что



5

Автоматическая система установки кристаллов Datacon 2200 evo plus



6

Внутреннее пространство установки Datacon 2200 evo plus



7 Шкаф сушки от компании Espec, в котором производится отверждение клея

в головке уже установлены все необходимые инструменты: крючок для захвата проволоки, лопатка для испытания на сдвиг и т. п. На старых установках приходилось менять инструмент вручную.

Далее выполняется проволочная разварка. Для этого применяется система IConn Plus от Kulicke & Soffa. Это одна из лучших установок для данной операции. Магазин, содержащий 780 изделий на 15 групповых заготовках, она обрабатывает примерно за пятнадцать минут. В рамках расширения производства мы планируем приобрести еще одну такую машину.

### Из какого материала проволока, которую вы используете?

Здесь применяется соединение алюминиевой проволокой толщиной 35 мкм методом «клин-клин». В кодовых полосках всего два проволочных соединения, и особых требований по электрическим характеристикам к ним нет, поэтому использовать золотую проволоку нецелесообразно – не только потому, что она дороже, но и потому, что обращение с драгоценными металлами строго регулируется, а значит, влечет за собой много дополнительной бумажной работы.

Для наших будущих изделий, возможно, мы будем применять бронзовую проволоку с золотым покрытием. Данное оборудование позволяет работать и с этим



8 Установка испытаний на прочность 4000 Optima Bondtester

материалом тоже, равно как и с золотой проволокой, и, соответственно, выполнять соединение не только «клин-клин», но и «шарик-клин», а толщина проволоки может составлять от 15 до 100 мкм.

После выполнения проволочной разварки также проводятся испытания на отрыв проволоки с помощью крючка и на сдвиг сварного соединения с применением специального скребка-лопатки. Эти испытания выполняются также только при изменении техпроцесса или в начале работы с новой партией проволоки. Для них применяется та же установка, что и для испытания прочности приклейки кристалла – 4000 Optima Bondtester.

Замечу, что согласно нормативным документам по контролю и испытаниям на прочность соединений усилие на отрыв проволоки должно составлять не менее 3 г, мы же обеспечиваем 12 г. Это достаточно важный параметр, учитывая то, что кристалл герметизируется компаундом, который при отверждении может порвать проволоку. Если бы герметизация выполнялась иначе, не исключено, что можно было бы довольствоваться меньшим усилием.

Герметизация кристалла компаундом – это последняя операция, выполняемая на данном участке. Мы используем для этого установку Quantum от Nordson Asymtek – автоматический дозатор, выполняющий нанесение материала по заданной программе. При нанесении компаунда очень важна точность: материал не должен выходить за пределы отведенной для него области, поскольку иначе он может создать помехи для последующих операций – внутрисхемного программирования и разделения групповой заготовки на отдельные полоски. Эти операции выполняются на другой площадке.

Точность нанесения зависит не только от оборудования, но и от свойств самого компаунда, а также от целого ряда других факторов. Компаунды зарубежного производства, которые мы рассматривали в качестве кандидатов



для применения в наших изделиях, хорошие, но слишком дорогие для такой продукции, как кодовые полоски.

В результате мы стали использовать наш собственный компаунд.

**То есть вы сами разработали состав герметизирующего компаунда?**

Да. Это материал на эпоксидной основе с рядом вспомогательных ингредиентов, обеспечивающих требуемые характеристики. В частности, очень важно обеспечить правильную текучесть материала, потому что, как я уже говорил, он не должен растекаться слишком сильно, но в то же время он должен хорошо затекать под проволоку. Сделать это было непросто, но мы справились.

Еще одной непростой задачей, которую мы решили, было обеспечение отсутствия в материале воздуха, потому что в противном случае на поверхности будут образовываться воронки. Есть специальные добавки, которые вытесняют воздух, но сложность заключается в том, что одна добавка может влиять на действие другой, поэтому задача разработки такого материала – сложная и многофакторная.

В общей сложности процесс разработки компаунда у нас занял два года.

**Вы не планируете продавать ваш компаунд другим предприятиям?**

Пока нет. Прежде мы должны его «обкатать». Пока он используется в пределах нашего производства, мы можем при необходимости что-то в нем скорректировать, подстроить его под конкретное изделие. Как я говорил, есть множество факторов, влияющих на качество герметизации, и они связаны не только с оборудованием и материалом, но и с изделием и конкретным техпроцессом на конкретном предприятии. Например, материал по-разному растекается в зависимости от шероховатости поверхности изделия, которая определяется, в частности, процессами гальванической металлизации и плазменной очистки. Для того чтобы материал мог использоваться на другом производстве, необходимо выработать требования и методические рекомендации по его применению и налаживанию техпроцесса с его участием. А еще лучше – не продавать материал, а ставить технологию у заказчика полностью.

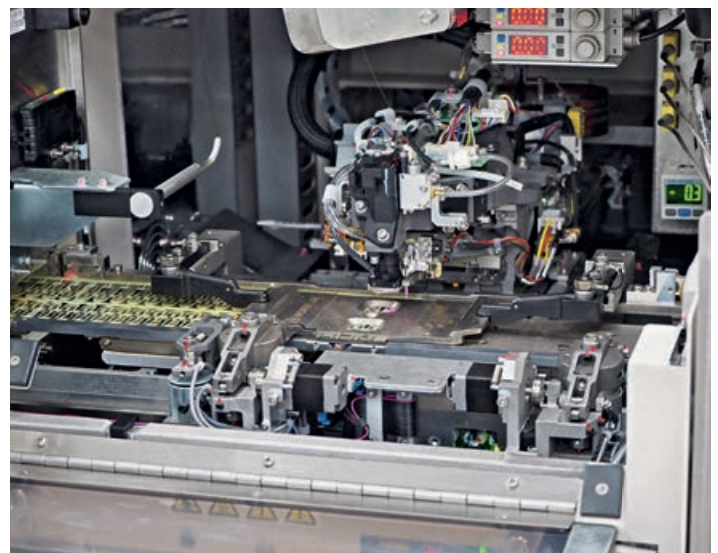
В технологии всё взаимосвязано. Поэтому главное не запустить оборудование или разработать отдельный материал, главное – организовать техпроцесс.

**Это однокомпонентный или двухкомпонентный материал?**

С точки зрения технологии нанесения, он двухкомпонентный, так как в процессе нанесения используются две емкости. Но вообще говоря, это многокомпонентный состав, причем каждый отдельный его компонент может храниться до смешивания длительное время. Благодаря этому с данным составом работать проще,



9 Система проволочной разварки IConn Plus



10 Внутреннее пространство системы IConn Plus



1 1

Автоматическая установка нанесения материалов Quantum

чем с однокомпонентными материалами, для которых нужны особые условия хранения, а именно – очень низкие температуры, и которые обладают меньшим сроком жизни на производстве: если вы достали такой материал из холодильника, вы должны его использовать буквально в течение нескольких часов.

Но создав двухкомпонентный компаунд, мы столкнулись со следующей проблемой. У компании Nordson Asymtek не оказалось установки нанесения двухкомпонентных материалов нужной нам производительности. Поэтому нам пришлось немного доработать данный дозатор, изначально предназначенный для работы с однокомпонентными компаундами.

Кстати, в ближайшее время мы планируем приобрести еще один дозатор – более новый, с двумя головками нанесения материала, что позволит нам существенно повысить производительность.

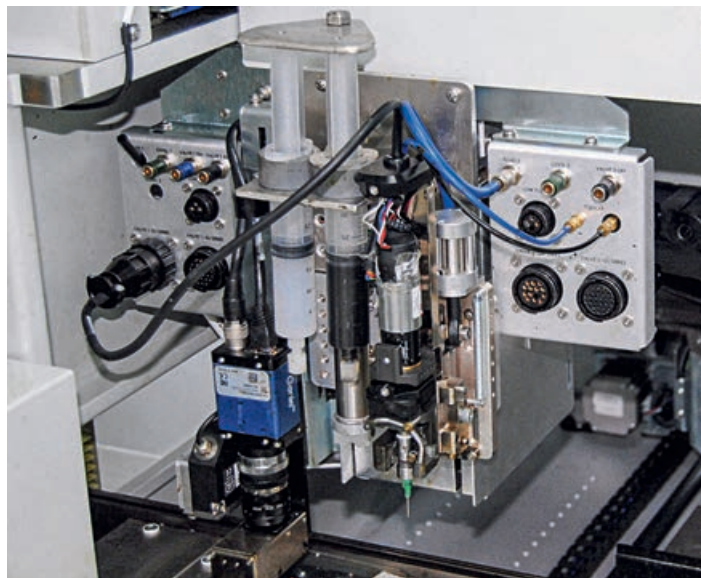
#### А какова производительность участка сейчас?

Когда я начинал работать в компании «Элта» – это было почти три года назад – перед нами стояла задача обеспечить выпуск 5 млн изделий в год, то есть более 400 тыс. шт. в месяц. Мы эту задачу решили: сейчас мы производим такое количество изделий при работе в одну смену по восемь часов в день.

Однако благодаря импортозамещению в медицинской сфере с тех пор потребность существенно возросла. Подтверждение этого – постоянно подъезжающие и уезжающие машины, которые забирают готовые изделия с нашего производства.

По мере необходимости мы переходим на двухсменную работу – по 12 часов в сутки, увеличивая тем самым объем выпуска в полтора раза.

Потребность в данных изделиях растет из года в год. Поэтому до конца года мы планируем закупить дополни-



1 2

Головка установки Quantum, доработанная для нанесения двухкомпонентных материалов

тельное оборудование. Как я уже говорил, у нас должна появиться вторая установка для проволоочной разварки и еще один более производительный дозатор. Также в наших планах закупка второго автомата установки кристаллов. Это будет тоже более высокопроизводительная установка – следующего поколения, с новыми двигателями и направляющими.

#### Эти планы по закупке дополнительного оборудования направлены только на повышение производительности, или при этом будут расширены и технологические возможности?

Мы планируем, что с приобретением и вводом в строй нового оборудования мы не только сможем увеличить объем выпуска, но и получим возможность монтировать такие изделия, как фоточувствительные матрицы, для которых будет применяться несколько другая технология. Это нам необходимо, в частности, для новых проектов – приборов для ранней диагностики глаукомы, определения степени усталости водителей и др.

#### Где будет размещено новое оборудование?

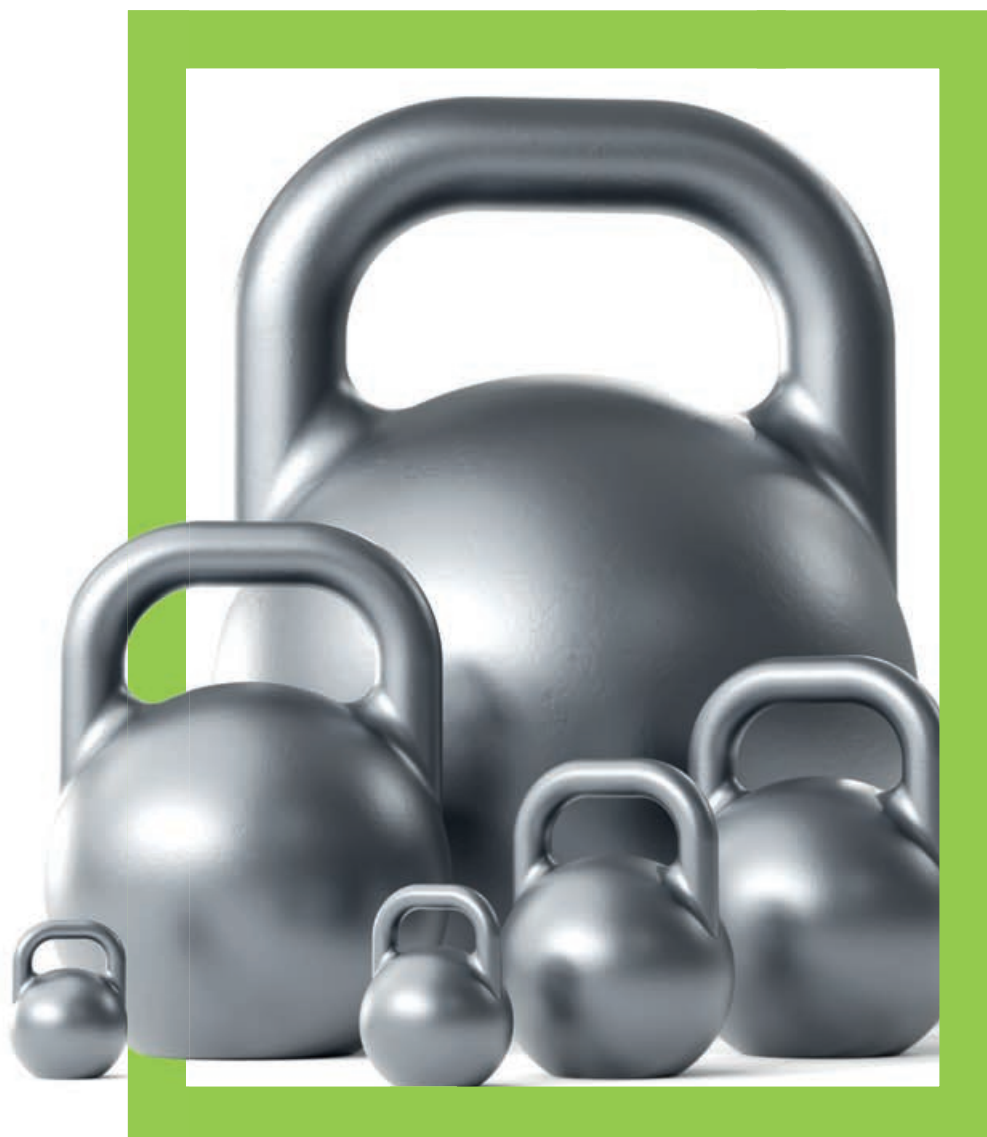
В перспективе – в новом здании, которое уже построено на площадке «Алабушево» ОЭЗ «Технополис Москва» и в которое мы планируем переехать через некоторое время. Это уже собственное здание нашей компании.

Помимо увеличения площадей, это позволит нам объединить всё наше производство на одной площадке. Сейчас оно разбросано по трем локациям в Зеленограде, что, конечно, вызывает определенные сложности.

Так что, надеюсь, в скором будущем сможем пригласить вас на наше новое производство, более мощное и удобное.

**Благодарим за интересный рассказ!**

# Нам по силам ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ ●●●



## Решения любого масштаба

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

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

Честно, открыто, профессионально.

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

# Онлайн- торговля: новые потребности на складе



Текст: Артем Кручинов

”

В последнее время объемы онлайн-торговли растут в геометрической прогрессии, в том числе и из-за ограничений, связанных с Covid-19. Покупки онлайн – это тенденция, которая будет продолжаться. Покупательские привычки потребителей изменились, и компании, особенно работающие в сфере продаж, должны адаптировать свои структуры и процессы под эту ситуацию, в том числе и на складах продукции (рис 1).



1  
Объёмы онлайн-торговли растут в геометрической прогрессии, а вместе с ними увеличивается и потребность в складских площадях

## Новые вызовы на складе

Интернет-торговля ставит особые задачи перед теми, кто ей занимается. Для быстрого реагирования на заказы и строгого соблюдения сроков доставки современные решения в области логистики, хранения и обработки товаров должны обладать гибкостью, точностью и эффективностью в управлении запасами и потоками необходимой продукции. В обеспечении этих условий на складах могут помочь вертикальные автоматизированные системы хранения. Они стали, по сути, стандартным решением для хранения, выпускаются серийно и не требуют баснословных инвестиций в отличие от систем, которые разрабатываются индивидуально под конкретного заказчика со специальной конструкцией стеллажей и дорогостоящими транспортёрами для обработки грузов (радиоуправляемые тележки, шаттлы, краны-штабелеры).

Все вертикальные автоматизированные системы для общих задач хранения делятся на два типа: карусельные и лифтовые. В карусельных системах полки вращаются словно патроны в барабане револьвера, т. е. последовательно одна за другой, пока нужная полка не окажется напротив окна выдачи, после чего можно получить к ней доступ. В лифтовых же системах полки уложены в два ряда, между которыми перемещается специальный лифтовый механизм, доставляющий нужную полку сразу, что увеличивает скорость обработки. Помимо этого, у лифтового типа есть и другие важные преимущества, которые имеют значение для качественной организации интернет-торговли. Например, в зависимости от максимальной высоты хранимого на полке груза система сама определяет необходимое пространство при отправке полки на хранение, сама отслеживает максимальную плотность хранения (шаг укладки полок составляет 25 мм). В ка-

русельной же системе расстояние между полками определяется заранее до запуска в производство на заводе-изготовителе, и изменить его после изготовления уже невозможно. Уже одно это существенное ограничение способно заставить онлайн-продавца отказаться от такой складской техники, потому что современные условия продаж требуют быстро реагировать на потребности покупателей: менять ассортимент (может увеличиться высота товара), расширять номенклатуру продукции (требование к высокой плотности хранения), сокращать сроки доставки (скорость работы системы). Также у карусельной системы есть и другие ограничения: меньшие грузоподъёмность и площадь полки, необходимость следить за равномерностью загрузки полок, чтобы исключить дисбаланс и выход из строя механизмов; ограничения по максимально возможной высоте системы (как правило не более 7 м), по возможности организации выдачи в несколько окон и по другим полезным опциям вроде предварительной подготовки полки к выдаче, пока оператор работает с текущей.

## Преимущества автоматической вертикальной системы хранения

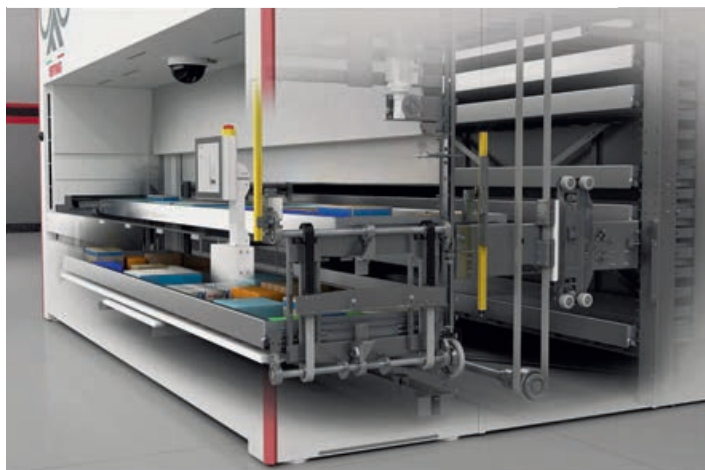
Итак, остановившись на лифтовой вертикальной автоматизированной системе хранения, заказчик получит следующие преимущества.

### Увеличение площади хранения

За счёт размещения товаров «под потолок» (системы Vertimag от итальянского производителя Ferretto



2  
Размещение лифтовых систем «бок о бок» для максимального использования складского помещения предприятия



3

Система «Ergo-Tech». Уникальное решение, реализованное в серии «Vertimag» итальянского производителя «Ferretto Group». Предварительная подготовка полки и её выдача с использованием дополнительного лифта в разы сокращают время ожидания оператора

Group имеют высоту до 12 м) можнократно расширить складские площади без увеличения арендных платежей, причём несколько систем можно ставить «бок о бок» (рис 2), чтобы максимально задействовать имеющееся помещение и добиться в ряде случаев снижения издержек на складское хозяйство до 90 %.

### Снижение издержек на рабочую силу

Снижение численности складских работников за счёт автоматизации процесса хранения и выдачи позволит сэкономить на персонале, причём даже при кратном увеличении полезной площади хранения, т. к. один оператор может обслуживать несколько систем.

### Ускорение обработки заказа

Возможность максимально быстро реагировать на увеличение заказов и исключить задержки при доставке товара.



4

Лазерный указатель, размещённый в сфере над окном выдачи, подскажет работникам склада нужную ячейку с товаром

Скорость работы автоматизированной системы хранения Vertimag дополнительно увеличивается за счёт уникальной системы «Ergo-Tech» (рис 3) благодаря второму лифту, расположенному под окном выдачи. Следующая к выдаче полка готовится заранее, пока оператор работает с текущей. Закончив работу, он в течение нескольких секунд получает доступ к другому лотку, пока основной лифтовый механизм увозит на хранение предыдущий.

### Снижение числа ошибок

Порядок в хранении и учёт товаров в режиме реального времени сведёт ошибки к минимуму. Принцип, по которому работает автоматический склад – «товар к человеку», сводит пресловутый человеческий фактор практически к нулю. Система доставляет только то, что запрошено, а световые указания и буквенно-цифровые светодиодные панели, установленные в системах Vertimag, показывают оператору, в какой части полки находится нужный артикул (рис 4). Таким образом ошибки не возникают даже к концу рабочей смены, когда у персонала снижается внимание.

### Оптимизация товарных остатков и новых заказов

Контроль товара в режиме реального времени позволяет точно оценивать востребованность той или иной позиции, своевременно размещать заказы и исключать затоваривание (рис 5), что, в свою очередь, позволяет более эффективно распределять финансы компании, направляя их туда, где они нужны, а не в излишки товара.

### Улучшение условий труда

Простой доступ к полке без использования специальной складской техники, например, погрузчика, легкий сквозной поиск нужной позиции – по имени,



5

Контроль наличия товара в режиме реального времени позволяет отслеживать остатки и вовремя их пополнять

артикулу, описанию, номеру партии и пр., повышенная безопасность – защитные шторы, световые барьеры безопасности, системы предотвращения перегруза и т. п. существенно упрощают и улучшают условия труда персонала, экономя время при выборе нужных позиций и делая выбор более удобным и точным, а также устраняют риск путаницы с аналогичными артикулами (рис 6).

Простой и понятный интерфейс программы управления легко освоить за один день, он не требует от работника специальных навыков или большого опыта, что облегчает работодателю поиск новых сотрудников.

### Интеграция систем хранения с корпоративной системой управления предприятием (ERP-системой)

Системы Vertimag могут быть интегрированы в единую систему управления предприятием для отслеживания работы склада руководством предприятия в режиме реального времени (независимо от типа и разработчика ERP-системы), что позволит экономить время и принимать управленческие решения без ожидания запрашиваемой информации от складских служб.

### Автоматизация складских процессов

Итак, преимущества автоматического вертикального лифтового склада понятны, но достаточно ли для эффективной работы складского комплекса только установить одну или несколько таких систем?

Представим ситуацию, когда на складе установлено несколько систем, которые приобретались по мере необходимости при расширении объёма хранимого товара. Как узнать, в какой из них хранится нужная нам единица? Подходить к каждой и выполнять запрос на панели управления? Хорошо, если мы угадали, а если нет, то надо идти к другой и повторять запрос? Можно, конечно, завести отдельный журнал, например, в виде электронной таблицы, и туда заносить информацию о том, что и в какой системе хранится, а после каждой операции отгрузки или приёмки вносить в нее изменения. Время, потраченное на постоянную корректировку журнала, вероятность человеческой ошибки при ведении учёта, сложность одновременного доступа к журналу, если системы расположены на разных складах, и за каждым складом закреплены разные ответственные лица, могут свести к нулю все усилия по повышению эффективности работы складского хозяйства, а вложенные инвестиции сделать бесполезными.

«Ну, хорошо, – скажет читатель, – а если у нас всего одна система?». Это, безусловно, делает организацию ведения журнала более простой,



6

Удобный доступ к нужной полке без необходимости использования специальной складской техники для её доставки с хранения

особенно если у нас одно ответственное лицо. Но время на ведение записей всё равно никто не отменял, как и человеческий фактор. А также возможны ситуации, когда надо провести сборку из различных комплектующих и хранить её какое-то время на том же складе; учитывать разных поставщиков одного и того же товара; отделять проверенные позиции от непроверенных; вести учёт разукомплектованных сборок, которые могут возникнуть, когда, например, особо важному клиенту для исключения его простоя отправляют запасную деталь, снятую с готового изделия, с расчётом потом заказать её и собрать изделие обратно; и другие особенности, которые у каждого предприятия свои.

Эффективное управление складом, входящими и исходящими потоками является приоритетом для компаний, работающих в торговом секторе. Это влияет на конкурентоспособность и возможность удовлетворять спрос торговых точек и клиентов.

Для решения этих задач используют WMS-систему (от англ.: Warehouse Management System – система управление складом). Именно она связывает воедино автоматические (и неавтоматические тоже) системы, обеспечивая весь учёт. WMS-система – это программное обеспечение, которое устанавливается на нужном заказчику количестве рабочих мест, объединяя при помощи компьютерной сети места хранения, что позволяет вести складской учёт автоматически во время помещения на хранение новых позиций или при их заборе (рис 7).

Компания ООО «Остек-АртТул» является разработчиком собственной WMS-системы «Логист», свидетельство о государственной регистрации № 2018610329 в Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, <https://reestr.digital.gov.ru>. Это ПО позволяет внедрять в бизнес-процессы заказчика систему, кото-



7

Автоматический учет полученного и отгруженного товара с помощью WMS-системы. Исключает ошибки, возникающие при ведении журналов учёта вручную и экономит время складских работников на подготовку отчётных документов

рая будет учитывать всю специфику его складских процессов.

«Логист» хранит актуальные данные о складских остатках с учетом всех возможных характеристик груза: единиц измерения, сроков годности, дат производства, категорий, номеров партий, отображает полную картину состояния склада – размещение полок в системе и товаров на этих полках. Эти возможности обеспечивают проведение основных складских операций, таких как: приемка, размещение, перемещение товарно-материальных ценностей (ТМЦ), работа с заказами, комплектование и отгрузка, проведение инвентаризации, информирование пользователя о возможных вариантах текущих действий при совершении операций по обработке грузов на складе с учетом тех или иных правил, ограничений или критериев, получение отчетной информации и печать документов, поддержание адресного хранения.

«Логист» можно объединить с любой из используемых на предприятии ERP-систем, включая популярную в России систему 1С:Предприятие.

Именно оснащение склада автоматизированными системами хранения (АСХ), объединёнными в единое информационное пространство предприятия при помощи WMS-системы, превращает его в современный складской комплекс.

## Современный складской комплекс = АСХ + WMS

### Современный складской комплекс

Автоматизация позволяет осуществлять непрерывный контроль за складом. Запасы и потоки непрерывно отслеживаются, поэтому операторы в любое время могут уточнить местоположение каждой единицы товара и их доступное количество. Таким образом, система гарантирует эффективную подготовку заказа и простоту



8

Благодаря WMS-системе оператор в режиме реального времени может отслеживать наличие, поступление, комплектацию и отгрузку товара

комплектации. Кроме того, современные системы хранения повышают эффективность благодаря широкому ассортименту лотков и аксессуаров, которые обеспечивают упорядоченное и рациональное хранение.

### Управление сроками поставок

Благодаря WMS-системе все операции комплектации контролируются и документируются, поэтому операторы могут быстро проверить состояние и точно знают количество запасов, хранящихся на складе в настоящий момент, тем самым избегая как избыточных, так и недостаточных запасов. Таким образом достигается высокая точность в отслеживании и управлении запасами, а также в общем управлении потоками при значительном сокращении времени обработки списка комплектации. На практике это означает, что оператор всегда знает, находятся ли товары в определенной партии – или даже в определенной паллете – на складе, когда они поступили, когда ушли и для какого заказа были отправлены (рис 8).

## Заключение

Современный мир заставляет предприятия постоянно изменяться и перестраиваться, чтобы эффективно отвечать на новые вызовы в условиях конкурентного рынка, которые особенно обостряются в условиях нарушающихся логистических цепочек, введения внезапных ограничений и возрастающего спроса на дистанционное обслуживание клиентов. Бизнес в сфере онлайн-торговли понимает это как никто другой, как и то, что новые задачи – это новые возможности, которые откроются тем, кто будет способен быстро их решать. И гибкий складской комплекс – это важное преимущество, которое позволит оперативно отвечать на непредвиденные ситуации, которые могут возникнуть уже завтра. ▢





## ПО ЩУЧЬЕМУ ВЕЛЕНИЮ ВРЯД ЛИ, НО ПОСТАВИМ МАТЕРИАЛЫ БЕЗ ВОЛОКИТЫ

В организации закупок и поставок технологических материалов есть множество бюрократических нюансов. Мы в них разбираемся и практикуем индивидуальный подход к содержанию договоров, условиям оплаты, срокам и условиям поставки товаров. А еще мы умеем договариваться, слушать, понимать и идти навстречу.

Потому что нам важно, чтобы у вас все было так, как вам нужно.

100%

согласование договоров с нашими клиентами за последние 3 года

>500

договоров мы подписываем и реализуем ежегодно

ФЗ

четкое соблюдение требований ФЗ 275, ФЗ 223, ФЗ 44

## ТЕХПОДДЕРЖКА

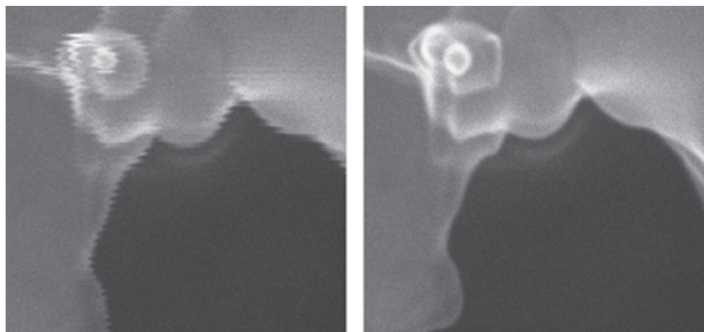
# Защита от вибраций на производстве: виброизолирующие системы AVOS



Текст: Александр Фролов



Статья посвящена объяснению базовой концепции вибрации и технологии, используемой для подавления её воздействия на растровых электронных микроскопах, научно-исследовательских и лабораторных приборах.



1  
Пример вибраций до и после виброизоляции

Вибрация – это колебание твердых тел. О вибрации также говорят в более узком смысле, подразумевая механические колебания, оказывающие ощутимое влияние на лабораторный прибор. Также вибрация – это механическое движение вокруг точки равновесия (рис 1). Другими словами, это механическое явление, когда к конструкциям или перекрытиям прилагается динамическая внешняя сила, вызывающая колебательное движение, которое повторяется через определенный промежуток времени. Среди других источников вибрации низкочастотная вибрация не ощущается во время повседневной деятельности, но может отрицательно влиять на высокопроизводительные метрологические инструменты в области полупроводников, производства дисплеев, электронной микроскопии, фотоники.

### Классификация вибрации

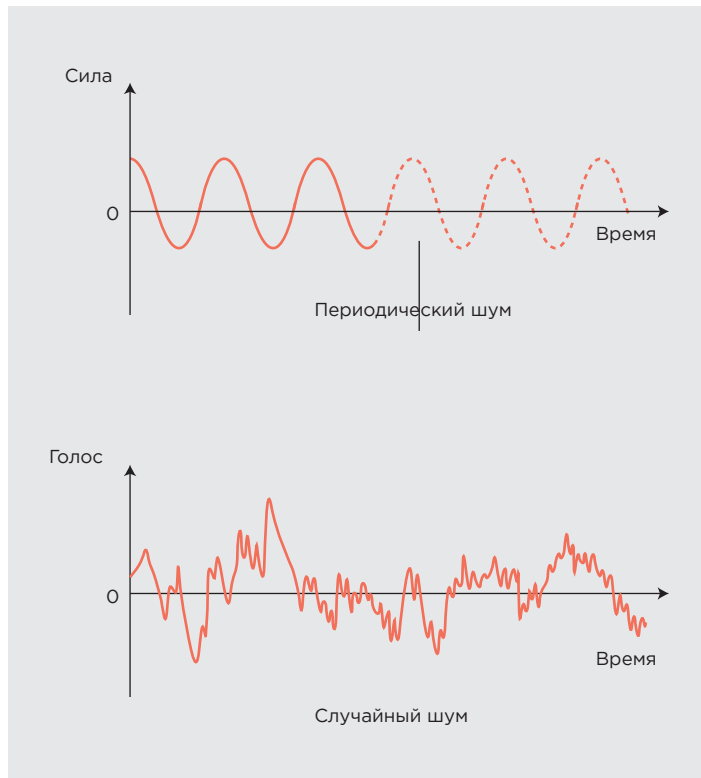
Периодический шум определяется как известная величина возбуждения, действующего на колебательную систему в любой момент времени. Обычно это вызвано вибрацией самого оборудования. Случайный шум вызван непредсказуемым возбуждением – скоростью ветра, неровность дороги, пешеходное и автомобильное движение, а также движение грунта во время различных действий (рис 2).

### Источники вибрации в лабораториях

**Вибрации грунта.** Факторы, вызывающие вибрацию пола, включают пешеходное и автомобильное движение.

**Внешние шумы.** Ветер, дующий на здания, сейсмическая активность, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, многие другие типы механического оборудования в непосредственной близости. Вибрация зависит от того, как здание либо гасит эти колебания, либо передает их на конструкцию.

**Акустические шумы.** Факторы, которые непосредственно воздействуют на полезную нагрузку, например, громкий шум, ветер от вентиляторов, открытие и закрытие дверей.



2  
Периодический и случайный вибрационный шум

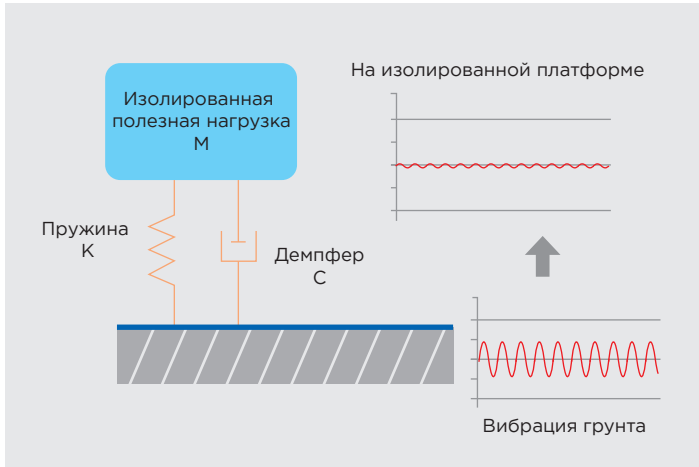
**Прямая сила.** Сила, которая непосредственно применяется к полезной нагрузке на платформе, включая кабели, соединяющие все оборудование, и моторизованные линейные ступени (рис 3).

### Собственная частота и резонанс

Собственная частота – это частота, на которой система резонирует или колеблется, когда на неё не воздействует внешняя сила. Более высокая жесткость и меньшая масса указывают на высокую собственную частоту, а меньшая жесткость и большая масса – на низкую собственную частоту.



3  
Источники вибраций



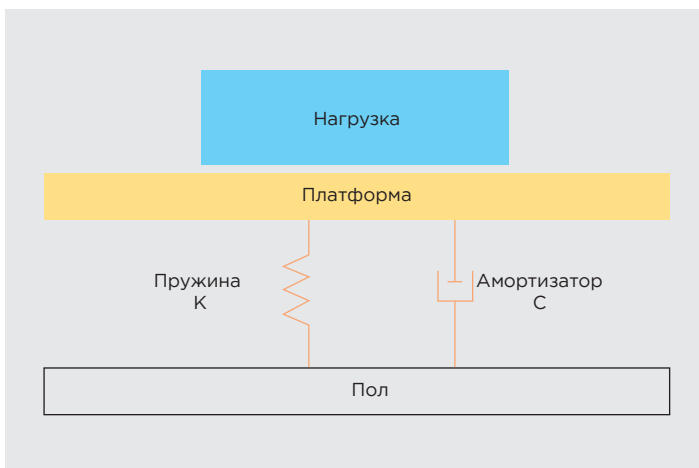
4

Изоляционная схема гашения вибраций

Резонанс возникает, если вынужденная частота совпадает с собственной частотой системы, что приводит к большим колебаниям. Частота, при которой амплитуда отклика является относительным максимумом, известна как резонансная частота. Такие материалы как эластомеры и пружины, часто используемые для виброизоляции, могут фактически ухудшить вибрацию полезной нагрузки, если их собственная или резонансная частота близки к той же частоте, что и вибрация, которую необходимо ослабить.

## Виброизоляция

Виброизоляция – это процесс изоляции объекта от источников вибрации. Теория виброизоляции заключается в том, чтобы сделать собственную частоту системы ниже, чем вынужденная частота, и подавить резонанс на собственной частоте системы. Технология виброизоляции, по сути, требуется для изоляции вибраций от высокопроизводительных метрологических инструментов.



6

Пассивный метод гашения вибраций



5

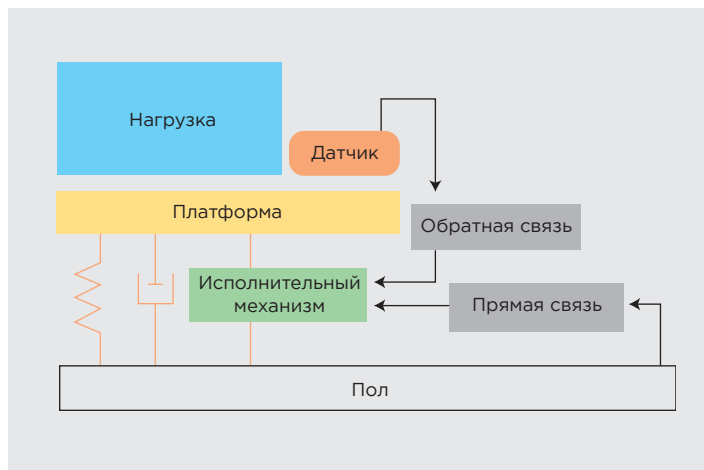
Трансмиссивность (передаваемость вибраций)

Передачная способность ( $T$ ) указывает отношение амплитуды вибрации, передаваемой на изолированную полезную нагрузку, к амплитуде возбуждающей вибрации. Эффективность виброизоляции повышается с более низкой собственной частотой, что означает, что чем ниже передаточная способность, тем лучше характеристики виброизоляции (рис 4). Соотношение частот является функцией принудительной частоты и собственной частоты системы и используется в качестве критерия оценки для определения характеристик виброизоляции.

Когда отношение частот достигает  $1,414FN$ , и  $T$  становится меньше 1 для всех превышающих значений, возникает эффект изоляции. Но когда коэффициент проводимости меньше  $1,414$ , вибрация усиливается. Следовательно, частота проводимости ( $1.414FN$ ) является разумным значением для определения предельной частоты каждой собственной частоты, поскольку частота проводимости ( $1.414FN$ ) не зависит от значения демпфирования. Если отношение частот равно 1, то амплитуда вибрации максимальна (т. е. резонанс возникает, когда принудительная и собственная частоты совпадают).

Демпфирование – это уменьшение или ограничение механических колебаний путем рассеивания энергии, накопленной в колебательной системе. Незатухающая пружина приводит к пикам амплитуды колебаний на резонансной частоте. С другой стороны, демпфированная пружина уменьшает амплитуду колебаний при резонансе. Однако существует компромисс между характеристиками виброизоляции и демпфированием, при котором характеристики виброизоляции ухудшаются по мере увеличения демпфирования (рис 5).

Коэффициент демпфирования – это системный параметр, обозначаемый  $\zeta$  (дзета), который может варьироваться от незатухающего ( $\zeta = 0$ ) до недостаточно затухающего.



7

Активный метод гашения вибраций

## Принципы системы пассивной виброизоляции

Система пассивной виброизоляции состоит из трех элементов: изолированной массы (полезная нагрузка), пружины (К) и демпфера (С), которые работают как гармонический осциллятор (рис 6). Полезная нагрузка и жесткость пружины определяют собственную частоту системы изоляции. Если пружина (изолятор) снижает передачу вибраций пола на изолированную полезную нагрузку, то демпфер устраняет колебания, которые усиливаются в системе изоляции. В большинстве случаев в системах пассивной изоляции используется пневматическая пружина благодаря ее низкой резонансной частоте, которая обеспечивает превосходную виброизоляцию и демпфирование.

Хотя простой состав системы изоляции позволяет достичь максимальной эффективности виброизоляции, существуют также ограничения, например, явление резонанса в диапазоне низких частот, более длительное время оседания, а также отсутствие возможности контроля.

## Принципы АКТИВНОЙ системы виброизоляции

Система активной виброизоляции состоит из систем управления с обратной и упреждающей связью со встроенными датчиками и исполнительными механизмами для изоляции наиболее чувствительного оборудования от низкочастотной вибрации. Пассивные системы изоляции обычно усиливают эти вибрации из-за резонансных частот. Чувствительные датчики обнаруживают входящие вибрации во всех шести степенях свободы, а цифровой контроллер преобразует измеренные данные о вибрации, полученные от датчиков, в цифровые сигналы. Затем контроллер отправляет сигналы исполнительным механизмам, и исполнительные механизмы гасят вибрации, создавая равные и противоположные силы (рис 7).



8

Активная антивибрационная платформа AVOS

## Системы активной виброизоляции AVOS на основе технологии Voice Coils

ООО «Остек-АртТул» предлагает клиентам собственную линейку виброзащиты AVOS, которая включает настольные изолирующие платформы (активные и пассивные), а также модульные системы для защиты от шумов тяжелого оборудования весом до 4000 кг (по требованию можно рассчитать конфигурацию и на оборудование большего веса).

Активные виброизолирующие платформы (рис 8) серии AVOS AR предназначены для защиты от шумов настольных измерительных приборов, таких как атомно-силовой микроскоп, зондовая станция, растровый или оптический микроскопы. В линейке AVOS реализованы наиболее современные конструкторские решения (рис 9).

В качестве активного элемента системы подавления шумов мы используем уникальную технологию электромагнитных приводов (Voice coils). В отличие от активных элементов предыдущего поколения, работающих на пьезоэффекте, электромагнитные приводы не имеют резонансов на низких частотах и обладают более широким диапазоном перемещения (для виброзащиты на пьезодатчиках он составляет порядка 20 мкм, для электромагнитных приводов – более 250 мкм). Это обеспечивает наиболее надежную защиту от шумов с частотой менее 2 Гц, а также позволяет эффективно подавлять даже очень сильные шумы.

Наши активные виброзащиты уникальны на рынке по своим техническим характеристикам. Если конкуренты заявляют 90 % поглощения шумов на частотах от 2,5 Гц, 3,5 Гц или 4 Гц, системы AVOS поглощают те же 90 % уже на частоте 1,5 Гц.

Полностью развязанная патентованная архитектура позволяет осуществлять отдельную обработку вибраций по трём осям X, Y и Z в шести степенях свободы. Благодаря этому минимизируется перекрёстное влияние шумов от различных источников в процессе их подавления.



9

Пример: инсталляция растрового электронного микроскопа Сохем ЕМ 30АХР на активной антивибрационной платформе AVOS

Специальное программное обеспечение позволяет нашему инженеру подключаться по удалённому доступу и проводить тонкую настройку параметров активного подавления шумов, если в лаборатории появился новый источник вибраций. Интеллектуальные алгоритмы позволяют инженеру сдвигать полосу подавления в диапазоне от 0 до 3000 Гц, подстраиваясь даже под самые редкие источники. При этом виброизолирующие системы AVOS работают полностью в автоматическом режиме и не требуют пользовательской настройки.

Отдельно нужно отметить модульные активные виброизолирующие системы серии AVOS MD, предназначенные для защиты от шумов крупногабаритных аналитических приборов (РЭМ, ТЭМ и т. п.) и установок для полупроводникового производства.

В зависимости от веса изолируемый прибор можно установить на 4-8 активных платформ. Мы специально минимизировали их размер, который составляет 270 × 230 × 75 мм. Благодаря этому инсталляция системы AVOS MD очень проста – для нее не требуется поднимать уровень пола в лаборатории, что очень часто приходится делать при использовании аналогичных установок других производителей.

Кроме активных вибростолов и систем изоляции в линейке AVOS есть и пассивные решения (AVOS ST), в которых изоляция осуществляется с помощью амортизированных пружин. Пассивные решения также могут предлагаться как настольные платформы для небольшого оборудования или как системы платформ для тяжёлых аппаратов.

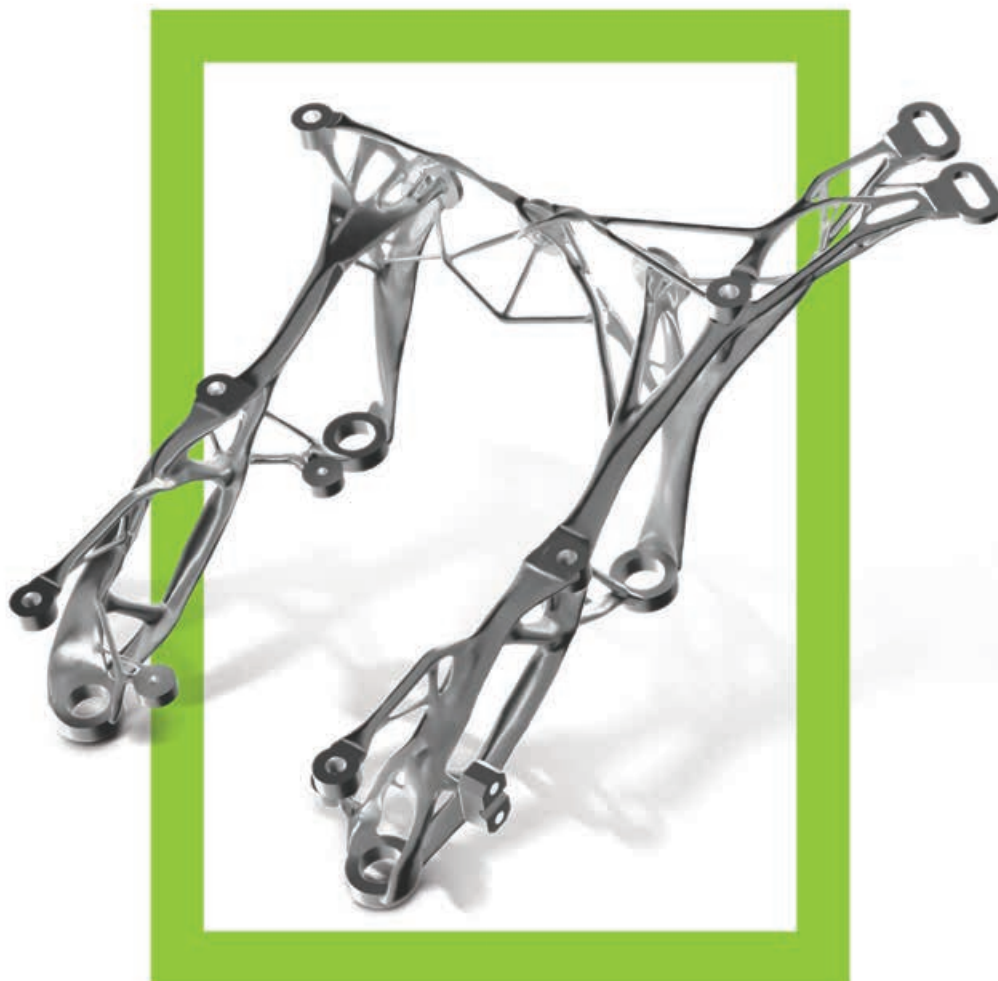
Особенность наших пассивных решений заключается в том, что мы смогли минимизировать их резонансы в области низких частот до 3-4 Гц. Любая пассивная система изоляции из-за этих резонансов усиливает шумы в диапазоне частот вплоть до 10 Гц, особенно когда речь идет не об одночастотном шуме, а о пакете шумов. Усиление шума в AVOS ST на низких частотах в несколько раз меньше, чем у оптических столов на пневмозащите, что делает их значительно удобнее. При этом на высоких частотах они по характеристикам не уступают аналогам.

Опционально вместе с системой активной виброзащиты мы можем поставить генераторы вибраций, «шейкеры». С их помощью можно создавать вибрацию определённой частоты на рабочем месте и считывать ответную реакцию в точке расположения изолируемого прибора.

**Даже незначительные вибрации при работе с лабораторным оборудованием, например, с растровым электронным микроскопом, зондовой станцией или профилометром, могут помешать получить качественный и точный результат, поэтому эти вибрации необходимо исключить. Активные антивибрационные платформы AVOS – оптимальное решение данной задачи:**

- можно использовать для оборудования лабораторного класса;
- нет специальных требований к подключению, работают без сжатого воздуха и имеют малые габариты;
- позволяют оптимально изолировать самые чувствительные системы лабораторного оборудования;
- выпускаются с разными моделями виброизоляции (пассивные и активные);
- активную антивибрационную платформу достаточно отключить от электропитания, чтобы она стала пассивной.

# 3D-печать для производств радиоэлектроники ● ● ●



✓ СВЧ-тракты, кронштейны, корпуса

✓ Объединение до 32 деталей в одну\*

✓ Снижение массы изделия в 2,5 раза\*

✓ Уменьшение стоимости в 10 раз\*

## Преимущества работы с Остек-СМТ

- Высокие компетенции специалистов в радиоэлектронной отрасли
- Собственная лаборатория аддитивных технологий
- Опыт перепроектирования и оптимизации изделий под аддитивные технологии
- Собственный центр компьютерной томографии для контроля качества изделий

\* Результаты получены в лаборатории аддитивных технологий Остек-СМТ

# ОБЗОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ИНСПЕКЦИИ VISCOM

Есть мнение, что автоматическая оптическая инспекция (АОИ) предназначена исключительно для того, чтобы отлавливать дефекты после выполнения технологических операций, например, пайки оплавлением, волновой пайки или других операций. Но это правило уже устарело лет на 15. Распознавать дефекты недостаточно, так как если дефект случился, то уже поздно, и любой вариант дальнейших действий предполагает потери для предприятия в виде затрат на ремонт или утилизацию изделия.

Давно известно, что стоимость обнаружения и устранения производственных дефектов возрастает на каждом последующем этапе производства. Этот факт был драйвером технического развития решений по предупреждению дефектов и оказал значительное влияние на развитие инспекционного оборудования.

Современные системы АОИ являются полноценным инструментом управления качеством с огромным функционалом, позволяющим не только распознавать дефекты, когда они уже случились, но и системно решать вопрос предупреждения брака.

Рассмотрим, как это работает, на примере оптических систем компании Viscom – мирового лидера в области автоматических систем контроля и управления качеством для радиоэлектроники.

Начнем с конца, то есть с выявления дефектов. Если дефект уже случился, то его надо гарантировано

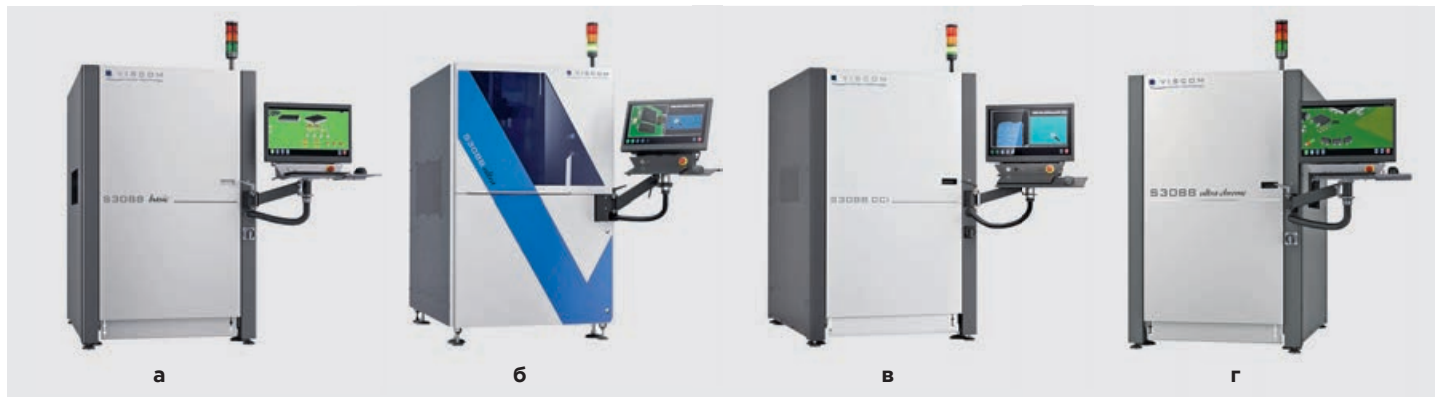
обнаружить. Здесь системы Viscom имеют два значительных преимущества.

- Уникальные возможности обнаружения дефектов. АОИ Viscom серии ULTRA могут быть оснащены сразу девятью камерами, каждая из которых смотрит под своим углом. То есть вероятность слепых зон где-то около нуля, и дефект не «спрячется» за высокими компонентами. Это не просто камеры, а камеры высокого разрешения, которое составляет либо 8, либо 10 микрон на пиксель для систем, контролирующих поверхностный монтаж и качество нанесения припоя, что в условиях миниатюризации компонентов крайне важно.
- Производительность систем. Прошли те времена, когда оптическая инспекция «тормозила» работу всей линии и приходилось что-то изобретать, чтобы обеспечить высокую производительность и контроль качества. В системах Viscom Ultra все намного проще. Благодаря скорости инспекции 65 квадратных сантиметров в секунду в подавляющем большинстве случаев можно сделать полную проверку платы без потери производительности линии.

Итак, мы обнаружили дефекты и сделали это максимально быстро. А как обстоят дела с превентивными мерами?

В Viscom все данные о дефектах собираются автоматически, и их можно анализировать. Это крайне важно





а) Система автоматической оптической 2D-инспекции s3088 Basic; б) Автоматическая оптическая инспекция Viscom s3088 Ultra; в) Автоматическая оптическая инспекция Viscom s3088 Ultra Chrome; г) Автоматическая оптическая инспекция нанесения влагозащитных покрытий Viscom s3088 CCI

для выявления причинно-следственных связей и планирования мероприятий по предупреждению дефектов. Аналитические отчеты можно просматривать в режиме реального времени или в режиме анализа за выбранный период. Здесь почти ничего нового, кроме одного.

Когда мы говорим об аналитике Viscom, то говорим об анализе данных не от одной машины, а от всего комплекса инспекционного оборудования Viscom. И возможности немецкого производителя действительно впечатляют.

Дело в том, что в номенклатуре компании есть оборудование практически для всех этапов производства аппаратуры:

- контроль нанесения пасты, контроль установки компонентов;
- оптический контроль после пайки как для поверхностного монтажа, так и для выводного;
- конвейерные и отдельно стоящие рентгеновские системы;
- системы контроля качества влагозащиты и многое другое.

То есть, благодаря тому, что оборудование Viscom охватывает широкий спектр операций, можно получать развернутую аналитику со всего сборочно-монтажного

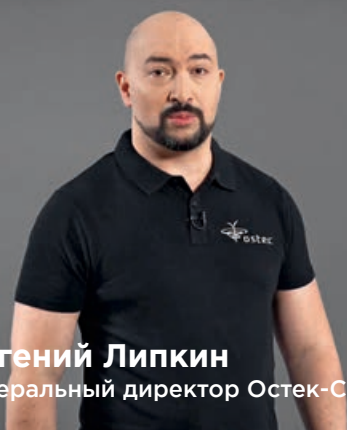
производства. По сути, не набор оборудования, а целый комплекс управления качеством продукции с широчайшим спектром возможностей.

Следуя тенденциям промышленного интернета вещей, все оборудование Viscom осуществляет обмен данными между собой и с технологическим оборудованием. Это позволяет автоматически выполнять тонкую настройку рабочих программ и локальную коррекцию параметров для повышения качества без участия оператора.

Все программное обеспечение систем Viscom переведено на русский язык, что в комплексе с его наглядностью и интуитивностью делает процесс внедрения максимально простым.

Системы автоматической оптической инспекции Viscom – это не просто современное инспекционное оборудование. Это элемент мощнейшего комплекса автоматизированного управления качеством, полностью реализующий принципы Индустрии 4.0. Уже сегодня десятки российских предприятий используют оборудование Viscom для решения сложных производственных задач.

Задать все интересующие вас вопросы и получить консультацию можно у специалистов Остек-СМТ.



**Евгений Липкин**  
Генеральный директор Остек-СМТ



смотреть видеобзор

ostec-smart.ru/media

# ОБЗОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ИНСПЕКЦИИ VISCOM

Одна из важных тенденций в электронике – повышение функциональности и производительности аппаратуры при сохранении массогабаритных характеристик. Результатом является более широкое использование микросхем с выводами в корпусах BGA, micro-BGA, QFN и им подобных. Именно такое исполнение корпуса микросхем позволяет на ограниченной площади обеспечить большее число выводов.

Но существуют сложности, которые породило использование таких микросхем. Во-первых, появились ранее неизвестные виды дефектов. Например, так называемая «голова на подушке». Во-вторых, эти дефекты очень сложно обнаружить визуально, потому что выводы скрыты под корпусом, даже с помощью электрического контроля, т. к. при наличии дефекта все равно может сохраняться электрический контакт.

Чаще всего проблема решалась с помощью ручной рентгеновской инспекции. Это оборудование позволяет после пайки заглянуть внутрь паянных соединений, скрытых под корпусом, проверить наличие пустот, перемычек, непропаев и других технологических дефектов. Задачей оборудования была только визуализация скрытых областей, а решение уже принимал человек.

Главным недостатком данных систем являются низкая производительность и высокая зависимость

от человеческого фактора. И это в целом было приемлемо, пока объемы производства изделий с микросхемами BGA и QFN носили штучный характер. По мере роста количества таких изделий и серийности проблема производительности стала ощутимой. Пришлось идти на компромисс и переходить на выборочный контроль изделий, что увеличивало риск пропуска дефектов из-за отсутствия проверки все большего количества плат и компонентов.

Существует решение, которое позволяет проводить полноценный рентгеновский контроль качества пайки при серийном производстве или производстве с большим количеством микросхем с выводами под корпусом – это оборудование для автоматической рентгеновской инспекции, которое можно встраивать в конвейер для обеспечения поточной проверки плат.

Такие системы существуют и развиваются уже многие годы. В России они были не очень востребованы до недавних пор, так как объемы производства изделий с дорогостоящими микросхемами были незначительными, и задача контроля решалась с помощью ручных рентгеновских систем. Однако по мере развития в нашей стране производства компьютерной техники, средств цифровой связи и другой аппаратуры высокой сложности объемы компонентов, которые требуется проверять, существенно выросли, а вместе с объемами возникла



Автоматическая конвейерная рентгеновская инспекция Viscom iX7059 PCB



Комбинированная конвейерная система оптической и рентгеновской инспекции Viscom X7056-II

задача массовой проверки пайки микросхем BGA, QFN и т. д.

Рассмотрим возможности автоматических рентгеновских систем на примере оборудования последнего поколения компании Viscom, в номенклатуре которой сразу несколько моделей со своими особенностями для решения различных производственных задач.

Начнем с общих принципов работы потоковой рентгеновской инспекции. С точки зрения логики использования в производственном процессе данный класс оборудования можно сравнить с автоматической оптической инспекцией:

- пишется программа инспекции, проверяется весь поток плат, проходящий через систему по конвейеру;
- осуществляется автоматическая разбраковка, и из потока выделяются платы с подозрениями на дефект;
- осуществляется верификация забракованных плат и вынесение окончательного диагноза «брак-не брак».

Все очень похоже, кроме одного. Если в оптической инспекции используется система камер и подсветки, то в рентгеновской системе – рентгеновская трубка, которая служит источником рентгеновского излучения, и цифровой рентгеновский детектор, который формирует изображения.

Как и в случае с оптической инспекцией, системы рентгеновской инспекции оцениваются по нескольким ключевым параметрам и возможностям:

- изделия, которые может проверять оборудование;
- возможности и инструменты для обнаружения дефектов;
- производительность оборудования;
- удобство пользователя;
- средства автоматизации и цифровизации, что особенно важно с учетом развития тенденций Индустрии 4.0.

По всем этим параметрам системы рентгеновской инспекции Viscom могут впечатлить даже самого искушенного специалиста. В номенклатуре систем автоматической рентгеновской инспекции Viscom есть оборудование, позволяющее работать с печатными узлами размером до 600 × 1600 мм и весом до 40 кг. Фактически, можно подобрать конфигурацию системы под любое изделие, которое надо проверить.

Здесь системы Viscom вне конкуренции. Самая главная задача инспекционного оборудования – обнаружение дефектов. Как правило, важно не пропустить ни один дефект. И здесь у систем есть целый арсенал возможностей. Во-первых, это высокое разрешение рентгеновского детектора 8 микрон на пиксель, что позволяет получать изображение высокого качества и выявлять самые мелкие и трудно обнаруживаемые дефекты. Во-вторых, все рентгеновские системы Viscom позволяют с помощью функции планарной томографии реализовать трехмерную реконструкцию нужной области платы, провести послойный анализ и оценить потенциальный дефект, расположенный в глубине платы или паяного со-

единения. Например, система может оценить объем пустот при пайке BGA, проанализировать расположение пустоты и принять решение с учетом результатов анализа. При двухмерном рентгеновском снимке такой анализ сделать крайне сложно даже на ручной инспекции. В-третьих, в рентгеновских системах Viscom реализован хорошо знакомый пользователям оптических систем этого производителя инструмент создания собственных алгоритмов инспекции, что позволяет решать самые нестандартные инспекционные задачи.

Так как все системы автоматической рентгеновской инспекции ориентированы на использование в условиях серийного производства и встраивание в конвейер, инженеры компании-производителя уделили особое внимание обеспечению максимальной производительности системы без ущерба для уровня контроля качества. Высокую производительность обеспечивают скоростные линейные приводы перемещения узлов, мощные вычислительные средства, сверхчувствительный детектор и еще целый ряд технических решений.

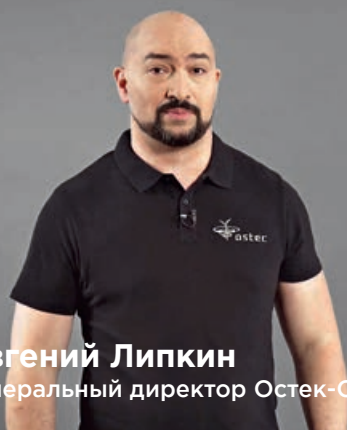
Когда-то считалось, что настройка и программирование контрольно-инспекционного оборудования является трудной задачей из-за огромного количества параметров и сложности программного обеспечения. Несколько лет назад компания Viscom совершила революцию в этой области, выпустив программное обеспечение vVision, которое сделало программирование оборудования наглядным, удобным и интуитивно понятным и облегчило жизнь профильных специалистов. Если еще недавно данный софт устанавливали исключительно на системы оптической инспекции, то сегодня все рентгеновские системы Viscom оснащены программным обеспечением vVision.

В эпоху четвертой промышленной революции компания Viscom уделяет особое внимание повышению уровня автоматизации работы своего оборудования и снижению зависимости от человеческого фактора в вопросах обеспечения качества. Самая важная осо-

бенность оборудования Viscom заключается в том, что все инспекционное оборудование может быть объединено в единую сеть и работать как единая система управления качеством. Все данные стекаются на один сервер, предоставляется сводная статистика со всех контрольных точек, и формируется сквозная история инспекции изделия на разных этапах производства.

Как использовать автоматическую рентгеновскую инспекцию на производстве? Если опираться на существующий мировой опыт, то есть два основных варианта. Первый – это встраивание в линию поверхностного монтажа рядом с автоматической оптической инспекцией и проверка качества пайки непосредственно в линии. В этом случае обеспечивается максимальное время отклика на отклонение, так как если несколько раз подряд система обнаружила аналогичный дефект, то можно остановить линию и все оперативно исправить, исключив массовый брак. Для такого варианта есть одно интересное решение – комбинированная система. В такой установке в одном корпусе совмещены автоматическая оптическая и рентгеновская инспекции. Установка «два в одном» хотя и имеет некоторые ограничения, но позволяет сэкономить средства. Второй вариант – установка автоматической рентгеновской инспекции вне линии, но со своим загрузчиком и разгрузчиком с разбраковкой. При таком варианте можно за один проход осуществить проверку полностью спаянного печатного узла, проверяя не только SMD-компоненты, но и выводные компоненты после волновой или селективной пайки. В этом варианте одна установка рентгеновской инспекции может обслуживать сразу несколько линий, что позволяет обеспечить более высокую эффективность инвестиций.

Специалисты Остек-СМТ готовы более подробно рассказать вам о современных системах автоматической рентгеновской инспекции компании Viscom и помочь с подбором оптимальной конфигурации для решения ваших производственных задач.



**Евгений Липкин**  
Генеральный директор Остек-СМТ

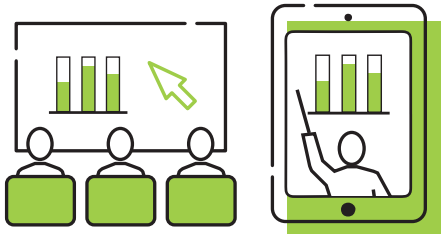


**смотреть видеобзор**

# АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ



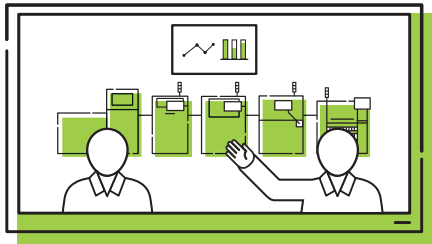
[ostec-smart.ru/media](http://ostec-smart.ru/media)



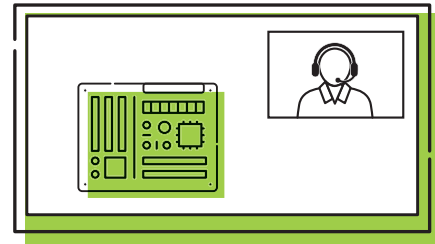
СЕМИНАРЫ  
ОНЛАЙН И ОФЛАЙН



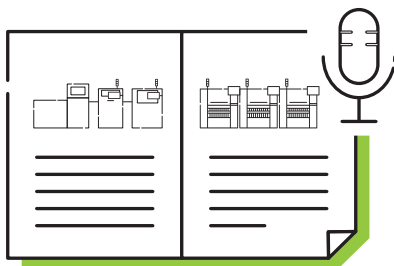
ВИДЕООБОЗОРЫ  
РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ



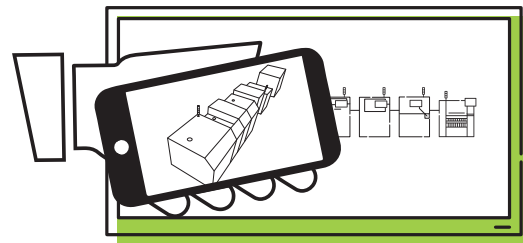
РЕПОРТАЖИ И КЕЙСЫ  
С ПРОИЗВОДСТВ



ВИДЕОПРЕЗЕНТАЦИИ  
И ЗАПИСИ ВЕБИНАРОВ

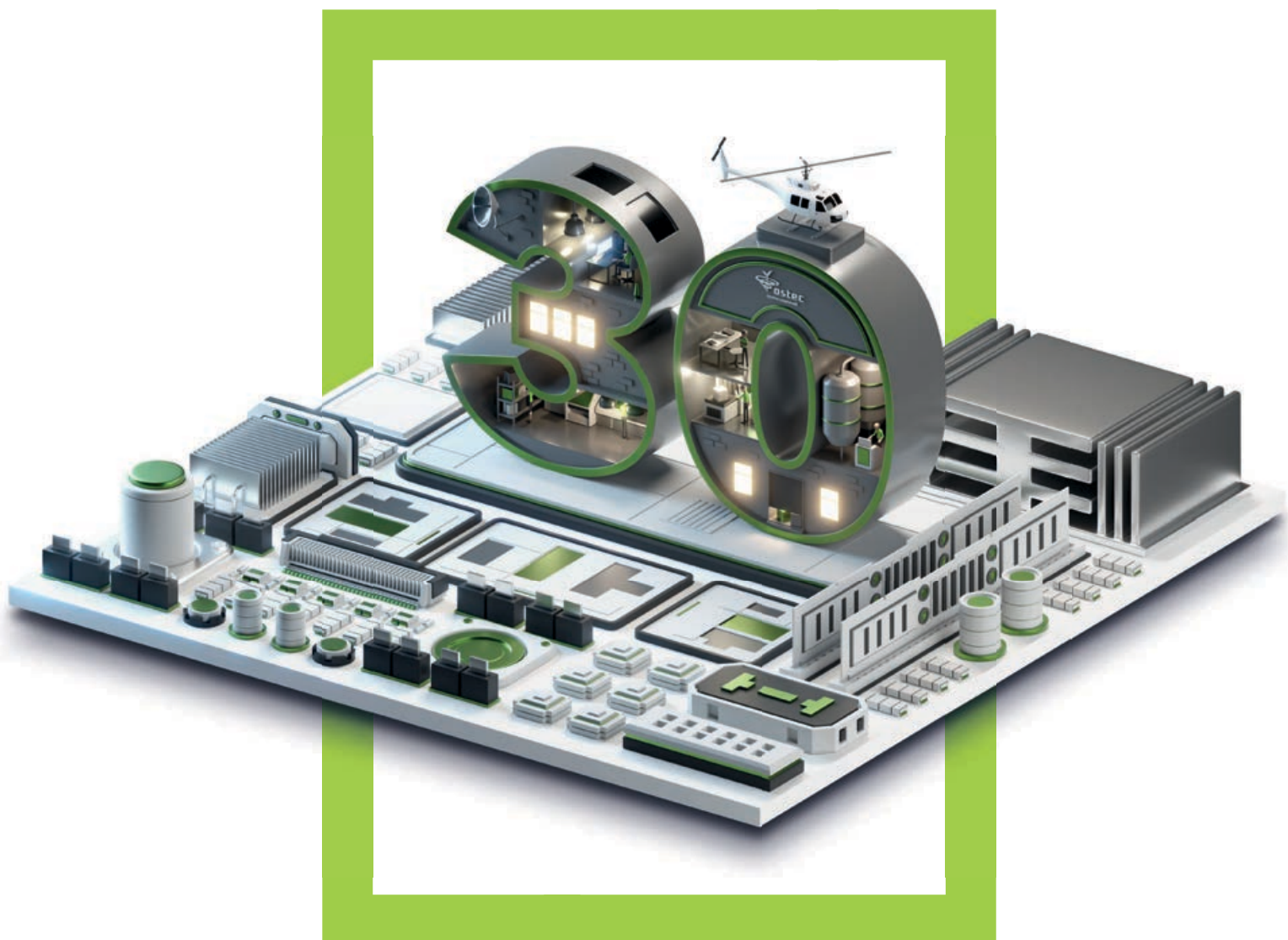


ЭКСПЕРТНЫЕ  
СТАТЬИ И ИНТЕРВЬЮ



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ  
ПРИЛОЖЕНИЯ

# 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!