

01 (56) март 2022

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал



ОТРАСЛЕВАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТЕХНОЛОГИИ

Дмитрий Суханов

18 ГРАФЕН – ПРОДОЛЖЕНИЕ
«ЖИЗНИ» ЗАКОНА МУРА

ОПТИМИЗАЦИЯ

Артем Кручинов

28 СОВРЕМЕННОЕ ХРАНЕНИЕ:
КУЛЬТУРА ПРОИЗВОДСТВА
В МАШИНОСТРОЕНИИ

АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ

36 ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ
ЦИФРОВОГО СБОРОЧНО-
МОНТАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Санкт-Петербург
Великий Новгород

Нижний Новгород

Пенза Казань

Воронеж

Саратов

Славянск-на-Дону



ВОЗДУШНЫЕ ЗАМКИ — ЭТО ВЫДУМКА, А ДОЛГОСРОЧНОЕ ПАРТНЕРСТВО — РЕАЛЬНОСТЬ

Наша задача не ограничивается тем, чтобы вовремя поставить вам качественные технологические материалы. Для нас не менее важно создать с вами отношения, наполненные взаимным уважением, доброжелательностью и пониманием. Мы уверены, что именно за таким взаимодействием — будущее. Наши клиенты — это партнеры, которым мы доверяем как себе и для которых стараемся сделать все так же хорошо, как сделали бы для себя.

Потому что есть вещи, которые покупаются и продаются, а есть то, что не купишь ни за какие деньги.

> 96 %

клиентов с нами
уже более 5 лет

> 15 лет

срок сотрудничества
со многими постоянными
клиентами

4,98 из 5,00

средняя оценка удовлетворенности
наших клиентов за последние 3 года

**Уважаемые читатели!**

” Отраслевая научно-техническая конференция Департамента радиоэлектронной промышленности, прошедшая в Воронеже в 2009 году, была первой, в которой я принял личное участие. Поэтому я испытываю особенно тёплые чувства к юбилейной XX отраслевой конференции, которая снова пройдёт в этом городе 16-18 марта 2022 года.

За эти годы прошло множество конференций, форумов и встреч, но неизменным остаётся одно – поиск в рамках конференции ответов на вызовы по актуальным проблемам отрасли.

Конечно, мне приходится встречать людей, скептически относящихся к таким мероприятиям. Но лично

мой опыт участия в отраслевых конференциях говорит об обратном – обсуждения на уровне экспертов самого высокого уровня дают результат. И пусть это не находит немедленного отражения в том, как живёт и развивается радиоэлектронная промышленность, но если упорно и последовательно идти к цели, то результат обязательно приходит!

Желаю участникам конференции и читателям нашего журнала открытого обмена опытом и конструктивных дискуссий!

С уважением,
Антон Большаков

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- 4 **ОСТЕК ПРИГЛАШАЕТ НА ELECTRONTECHEXPO 2022**
- 6 **КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭЛЕКТРО РАЗРАБОТАЛА И ВЫПУСТИЛА НОВЫЙ АДАПТЕР SMD-КОМПОНЕНТОВ**
- 6 **КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭЛЕКТРО РАЗРАБОТАЛА РЕСУРС WWW.JTAG. EXPERT**
- 7 **RENISHAW ЗАПУСТИЛА НОВУЮ ЛИНЕЙКУ 3D-ПРИНТЕРОВ**
- 8 **КОМПАНИЯ DR. TRESKY AG ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВЫЕ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ T-5300 И T-5300-W**



ВЫСТАВКИ стр. 8

ВЫСТАВКИ

PRODUCTRONICA 2021: СОБЫТИЯ, ВПЕЧАТЛЕНИЯ, НОВИНКИ . . . 10

ТЕХНОЛОГИИ

ГРАФЕН – ПРОДОЛЖЕНИЕ «ЖИЗНИ» ЗАКОНА МУРА. 18

Автор: Дмитрий Суханов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ
ВНЕШНЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ. ЕСТЬ ЛИ СМЫСЛ В МЕТРОЛОГИИ?. . . . 24

Автор: Антон Шейхо

ОПТИМИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННОЕ ХРАНЕНИЕ:
КУЛЬТУРА ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ 28

Автор: Артем Кручинов



АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-SMT стр. 36



АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-SMT стр. 42

АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-SMT

ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОГО
СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА 36

ОБЗОР КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ «УМНАЯ ЛИНИЯ». 40

ОБЗОР КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ «УМНОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО» . . . 42

ТЕХПОДДЕРЖКА

КОНВЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА ПАЙКИ ERSA EXOS 10/26:
КАК ИЗБЕЖАТЬ ПУСТОТ 44

АВТОРЫ НОМЕРА

■ **Денис Поцелуев**
Директор по продажам и маркетингу
ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru

■ **Александр Вотинцев**
Начальник группы технического
сопровождения
Направления оснащения рабочих мест
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru

■ **Владимир Иванов**
Главный специалист группы пресейл-
инженеров Технического управления
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru

■ **Денис Кулицкий**
Руководитель региональной группы
ООО «Остек-SMT»
smt@ostec-group.ru

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

■ **Антон Шейхо**
заместитель генерального директора по
производству
ООО «Остек-Электро»
osteelectro@ostec-group.ru

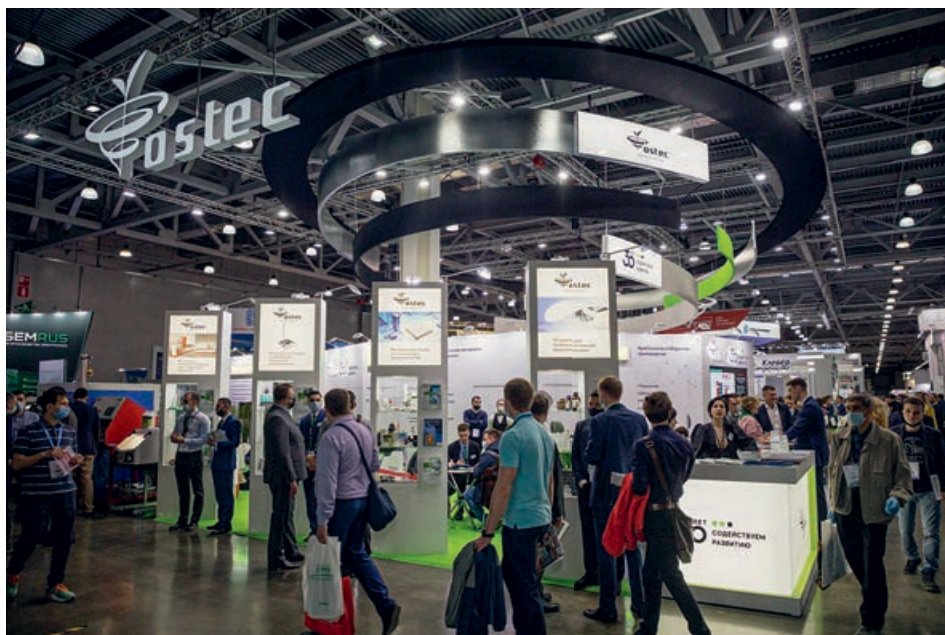
■ **Артем Кручинов**
Главный специалист отдела
автоматизированных систем хранения
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru

ОСТЕК ПРИГЛАШАЕТ НА ELECTRONTECHEXPO 2022

С 12 по 14 апреля Группа компаний Остек приглашает вас на международную выставку технологий, оборудования и материалов для производства полупроводников, электронных компонентов и систем ElectronTechExpo 2022, которая пройдет в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо».

Новые знания об актуальных технологиях и технологиях будущего, собственные разработки, демонстрация работы новейшего оборудования, а также инновационные решения по всем направлениям отрасли – все это вы найдете на нашем стенде А3027.

Специалисты Остек-СМТ представят цифровое сборочно-монтажное производство радиоэлектронной аппаратуры мирового уровня. Комплексное решение учитывает новые технологические требования и тенденции конструирования передовой техники, а также позволяет добиться максимальной эффективности предприятия благодаря цифровым технологиям. Кроме того, на стенде компании можно будет познакомиться с такими



элементами цифрового производства, как Академия технологий – уникальный обучающий проект, созданный командой Остек-СМТ, и мобильное сервисное приложение Ostec Service.

Специалисты компании Остек-ЭК поделится информацией о новых решениях в области полупроводникового производства и современных технологий: быстрый термический отжиг и электронно-лучевая литография. Будут представлены решения для процессов контактной фотолитографии, НИЛ, бондинга и обработки фоторезистов, для

процессов вакуумного напыления, травления и осаждения тонких пленок.

Мы расскажем о 3D-монтаже кристаллов и компонентов, сборке многокристальных модулей, производстве элементов силовой электроники с применением технологии синтеринга и нанесении экранирующих покрытий для обеспечения внутренней ЭМС компонентов СВЧ-модулей.

Остек-Электро представит образцы специального технологического оборудования собственного производства, разработанные в рамках мер поддержки по 109 ПП.



В ближайшее время под брендами Детерминал и Семизонд в Единый Реестр Российской Радиоэлектронной Продукции (ЕРРРП) будут внесены:

- Четырехзондовая установка для измерения поверхностного сопротивления пластин.
- Микрометр с диапазоном от 10 мкОм до 200 мОм.
- Вакуумная термоэлектрическая платформа для ПСИ и входного контроля ЭКБ.

Помимо всего спектра поставляемого оборудования для технологического контроля продукции по электрическим параметрам, на стенде можно будет впервые увидеть широкий ассортимент инструментов для локализации дефектов в области

ЭМС компании Langer и впервые демонстрируемую для российских заказчиков систему микро- и наноманипуляторов компании Imina Technologies.

Всю актуальную информацию о выставке вы найдете на нашем сайте www.ostec-group.ru, а также в официальных пабликах Остека в Facebook, ВКонтакте и Instagram.

Для получения бесплатного входного билета введите промокод **ete22eTTIN** на сайте выставки.

Без промокода стоимость билета составляет:

- в кассе — 1000 рублей;
- на сайте — 500 рублей.

Будем рады видеть вас на нашем стенде!

Как проехать на выставку:

Станция метро «Мякинино», выходы к павильонам выставочного центра.

На автомобиле: пересечение МКАД (внешняя сторона, 66 км) и Волоколамского шоссе.

Как нас найти на выставке:

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

КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭЛЕКТРО РАЗРАБОТАЛА И ВЫПУСТИЛА НОВЫЙ АДАПТЕР SMD- КОМПОНЕНТОВ

Специалисты ООО «Остек Электро» разработали универсальную платформу со сменными адаптерами для SMD-компонентов различных типоразмеров для измерения электрических параметров резисторов и конденсаторов.

Адаптер обеспечивает четырехпроводное (Кельвиновское) подключение к проверяемому компоненту и позволяет осуществлять температурное воздействие на испытываемый компонент (резистор или конденсатор) в диапазоне температур от +20...+85 °С.

Кельвиновское подключение в адаптере гарантирует высокую точность измерений и позволяет проводить их с высокой достоверностью.

Прижимное усилие одного пробника: 1,0 Н. Материал пробников, контактирующих с резистором: бериллиевая бронза.

Программное обеспечение для управления температурой управляет адаптером с ПК и подключается через RS232 или USB, позволяет автоматически рассчитывать ТКС и ТКЕ.

Габаритные размеры адаптера (Д × Ш × В) 400 × 300 × 100 мм позволяют использовать его на столе вместе с измерительным оборудованием.

Получить консультацию по оборудованию или задать вопросы можно по электронной почте: ostecelectro@ostec-group.ru.

КОМПАНИЯ ОСТЕК-ЭЛЕКТРО РАЗРАБОТАЛА РЕСУРС WWW.JTAG.EXPERT

На сайте www.jtag.expert доступны функции поиска BSDL-моделей через контекст и с помощью загрузки BOM-файла.

Большинство микросхем этих производителей поддерживает стандарт IEEE 1149.1, который позволяет тестировать платы, имеющие в своем составе тестопригодные микросхемы, и быстро локализовывать дефекты монтажа. Особенностью технологии является наличие у компонента JTAG-интерфейса, который имеют большинство современных компонентов, таких как микропроцессоры, DSP, ASIC, ПЛИС (FPGA).

С помощью технологии периферийного сканирования можно проверять собранные печатные узлы, а также проверять входной контроль ИМС с поддержкой стандарта JTAG.

Применение системы для входного контроля позволяет выявить следующие дефекты:

- дефекты производства ПП;
- дефекты монтажа компонентов;
- дефекты разварки кристалла;
- дефекты связей в микросборке (SiP);
- дефекты монтажа BGA.

Задать вопросы можно по электронной почте: ostecelectro@ostec-group.ru.



RENISHAW ЗАПУСТИЛА НОВУЮ ЛИНЕЙКУ

3D-ПРИНТЕРОВ

Для повышения гибкости при использовании систем аддитивного производства компания Renishaw запустила новую линейку 3D-принтеров.

Однолазерный 3D-принтер RenAM 500S Flex и четырехлазерный 3D-принтер RenAM 500Q Flex представляют собой модификации серии RenAM 500. Имеют упрощенную систему подачи порошка без рециркуляции, что позволяет использовать их в условиях частой смены материала – в исследованиях и разработке, опытно и единичном производстве.

Упрощенная система подачи порошка без рециркуляции обеспечивает легкий переход с одного материала на другой без ухудшения качества изделий и снижения производительности.

Очистка принтера производится путем замены элементов системы подачи порошка, которые сложно очистить. Эти элементы можно использовать повторно, если необходимо снова работать с тем же материалом.



Принтеры линейки Flex имеют ту же оптическую систему, конструкцию камеры и организацию газовых потоков, что и принтеры серии RenAM 500. Благодаря этому по завершении стадии первоначальной отработки технологии все технологические параметры могут передаваться на RenAM 500Q с системой рециркуляции порошка для серийного производства без необходимости дополнительного тестирования.

Если пользователю больше не требуется гибкий принтер, то Flex можно модернизировать в принтер с системой рециркуляции порошка – уникальная особенность новой линейки от Renishaw.

Остек-СМТ является эксклюзивным дистрибьютором систем аддитивного производства Renishaw в России и ряде стран СНГ. Специалисты Остек-СМТ проконсультируют и помогут с выбором наиболее подходящего решения.

КОМПАНИЯ DR. TRESKY AG ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВЫЕ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ T-5300 И T-5300-W

Более 40 лет компания Dr. Tresky AG совершенствует свои системы монтажа и сортировки кристаллов на топовом техническом уровне.

К концу 2021 года специалисты компании создали серию систем T-5300 – с новой конструкцией корпуса. Первые готовые системы официально были представлены на выставке Productronica 2021, которая прошла осенью в Мюнхене.

Системы T-5300 отвечают строгим требованиям для решения широкого спектра задач в области НИОКР и мелкосерийного сборочного производства микроэлектроники.

Новые особенности и функции:

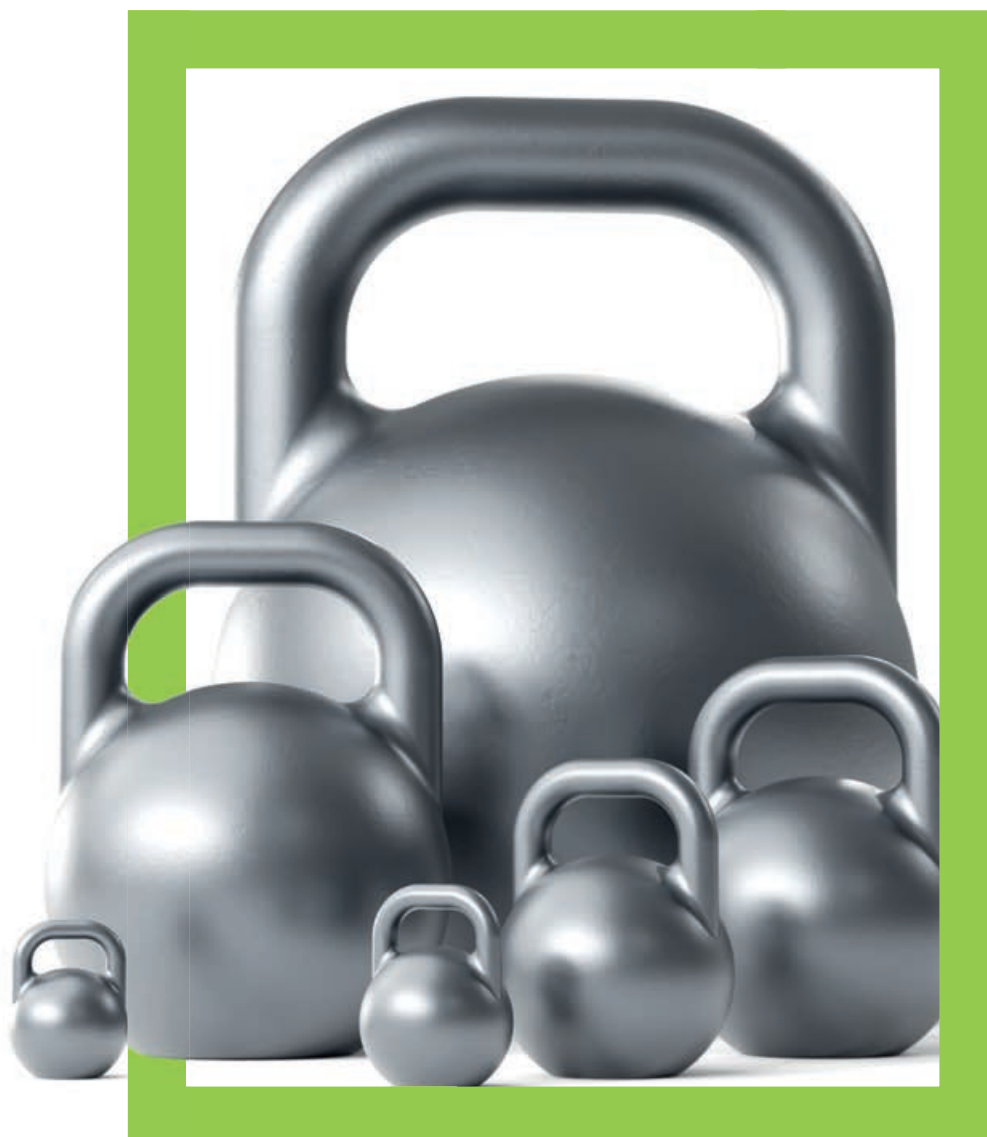
- корпус в 10 раз прочнее по сравнению с серией T-3000, что позволяет работать с более высокими усилиями монтажа, обеспечивает лучшую термостойчивость и повторяемость процессов;



- повышенная точность позиционирования по осям X-Y благодаря параллельному расположению направляющих и активному электрическому зажиму для фиксации положения;
- режим повышенной точности в специализированном программном обеспечении и камера обзора тыльной стороны кристалла с двукратной оптикой;
- новая конструкция шпинделя с активным контролем усилия (Active Force Control - AFC) и центровкой по оси Z;
- увеличенный диапазон усилия монтажа: от 20 до 4000 г;
- увеличенный диапазон перемещения по оси Z до 120 мм;
- малая занимаемая площадь, контроллеры для опций flip-chip, нагрева инструмента и столиков интегрированы в корпус;
- программные расширения для автоматизации и контроля процессов монтажа (например, сразу по ряду параметров: температура-давление-время), что, в свою очередь, также повышает точность и повторяемость, исключая человеческий фактор.

Системы представлены на нашем сайте в разделе Сборочное производство / Монтаж и сортировка кристаллов.

Нам по силам ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ ●●●



Решения любого масштаба

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

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

Честно, открыто, профессионально.

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

ВЫСТАВКИ

Productronica 2021:

события, впечатления,
НОВИНКИ



В ноябре 2021 года в Мюнхене, Германия, прошла выставка электроники, технологий, оборудования, материалов, компонентов для производства электроники – Productronica. Главной темой деловой программы выставки стали технологии будущего, тенденции отрасли и рынков в условиях пандемии Covid-19.

Эта выставка стала первой после почти двухлетнего перерыва международной отраслевой выставочной оффлайн-площадкой, в которой приняли участие около 900 экспонентов из 36 стран.

Несмотря на строгие санитарно-эпидемиологические требования к посещению выставки и Германии в целом мы не смогли пропустить это крупнейшее отраслевое событие, охватывающее весь спектр современных и будущих продуктов, технологий и системных решений. Своими впечатлениями и эмоциями от посещения выставки поделились эксперты Группы компаний Остек: Денис Поцелуев, Александр Вотинцев, Владимир Иванов и Денис Кулицкий.



Денис Поцелуев,

директор по продажам
и маркетингу
ООО «Оstek-Интегра»

Когда мы планировали визит на выставку Productronica 2021, помимо деловых целей мы ставили перед собой еще одну цель, на мой взгляд, не менее важную – под- держать личный контакт с нашими

партнерами, многие из которых за долгие годы сотрудни- чества стали уже друзьями.

Визит в условиях пандемии не был чем-то особен- ным – по всему миру люди уже привыкли к определен- ным ограничениям. Поэтому коммуникация на выставке проходила в обычном режиме, естественно, с соблюде- нием всех эпидемиологических норм.

Конечно, по количеству участников выставка 2021 года уступала выставке 2019 года. Но от этого встре- чи с существующими и потенциальными партнерами не стали менее продуктивными – график был очень плот- ным. В ходе встреч помимо обсуждения текущих задач было интересно знакомиться с новыми продуктами и тех- нологиями.

Среди них:

- Полиуретановые компаунды от компании STOCKMEIER Urethanes:
 - › полиуретановый заливочный компаунд Stobicast® L792. Его отличительной особенностью является высокая температурная стой- кость до 155 °С и теплопроводность 0,91 Вт/мК;
 - › инновационный теплопроводный полиурета- новый компаунд Stobicast® L 807 с теплопро- водностью 1,6 Вт/мК;
 - › полиуретановый компаунд Stobicast® серии XP 0046 для применения в производстве аккумуляторов для электромобилей. Этот компа- унд с теплопроводностью до 3,5 Вт/мК можно использовать для различных задач: заливка в корпус, приклеивание, в качестве «gap filler».
- Экспозиция современных технологичных уста- новок для отмывки печатных узлов от мирового лидера в производстве жидкостей для отмывки электроники компании Zestron. Эксперты компа- нии подробно рассказали о совместимости от- мывочных жидкостей с оборудованием и платами, а также о нюансах технологических процессов отмывки электроники.
- Новая серия влагозащитных покрытий ультра- фиолетового отверждения от компании HumiSeal, ведущего производителя влагозащитных покрытий для защиты электроники от неблагоприятных воз- действий окружающей среды:
 - › UV40 LED – УФ-покрытие, для полимеризации которого могут использоваться светодиодные лампы вместо ртутных;

- › UVA300 – покрытие ультрафиолетового отвер- ждения с улучшенной химической стойкостью и механическими характеристиками;
- › UV500-2 – УФ-покрытие с термостойко- стью 150 °С и высокой устойчивостью к термоциклированию;
- › УФ-гели UV92 и UV20 – для маскирования об- ластей печатного узла (UV92) и для дополни- тельного удержания компонентов в условиях повышенной вибрации (UV20).

С компанией Tamura Elsold, неизменным лидером в об- ласти производства высокочистых припоев для электрони- ки, была достигнута договоренность о разработке припоя с уникальным составом, предназначенным специально для установок селективной пайки.

Также мы провели результативные переговоры с ком- панией Namics, мировым лидером в области производства клеев для микроэлектроники и паст для производства солнечных батарей и пассивных компонентов. Компания показала новые поколения серебряных паст для создания металлизации пластин солнечных модулей.

С компанией MicroResit Technology, одним из ведущих мировых производителей материалов для литографии, мы обсудили перспективы развития технологий кристалльного производства в России, ознакомились с их новинками в об- ласти электронной литографии.

Также были проведены переговоры с компанией Technic France, одним из ведущих европейских производителей химии для кристалльного производства микроэлектроники. Мы согласовали совместные шаги по организации стабиль- ных поставок химии российским потребителям, ознакоми- лись с новыми разработками высококачественных травите- лей для полупроводниковых пластин.

Посещение выставки Productronica 2021 укрепило наши дружеские связи с партнерами, мы смогли обменять опытом, обсудить планы на будущее и стратегию развития, наметить общие бизнес-цели.



Александр Вотинцев,

начальник группы технического
сопровождения Направления
оснащения рабочих мест
ООО «Оstek-АртТул»

Компания JBC, имеющая более чем 90-летний опыт разработки и производства инструментов и обо- рудования для пайки, ремонта и до- работки электронных модулей, по- стоянно создаёт самые инновационные технологии пайки,

которые с гордостью демонстрируются во время выставок. Не стала исключением и выставка Productronica 2021.

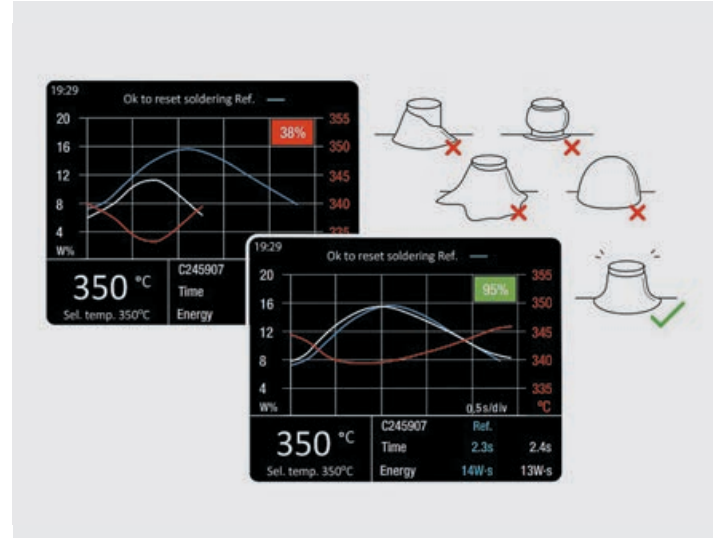
Итак, какие же новинки были представлены? Начнём по порядку. Самая популярная в мире линейка паяльных станций JBC серии «Компакт» прошла очередную мо- дернизацию: интерфейс стал еще более интуитивным, в корпус станции теперь встроен держатель на четы-



Экспозиция компании JBC на Productronica 2021

ре картридж-наконечника. Также имеется экстрактор, позволяющий быстро и безопасно менять наконечник на «ходу», не отключая паяльную станцию. А еще станции серии «Компакт» теперь можно интегрировать с системами дымоудаления и фильтрации воздуха JBC FAE1/FAE2, запуск которых выполняется автоматически после начала паяльных работ. Дымоудаление будет происходить как в зоне пайки, так и после окончания работ в подставке, после размещения термоинструмента в держатель.

В семействе паяльных станций серии «Компакт» появилась новая линейка оборудования с системой «Помощник в пайке» – это станции CDE-2S и CDE-2B. Встроенная система позволяет узнать энергию, подаваемую на паяное соединение, контролировать и получать информацию для оптимизации процесса пайки. Теперь оператор получает от станции обратную связь в виде процента идентичности нового и эталонного графика энергии, заданного экспертом.



Система "Помощник в пайке"

По энергии, выделяемой в процессе пайки можно определить эквивалентность паяных соединений.

Таким образом система "помощи в пайке" позволяет тренироваться, улучшая качество пайки, одновременно совершенствуя навыки работы монтажников. Еще одна новинка – это B-iRON, новое поколение беспроводных паяльников, позволяющее улучшать и оптимизировать процесс пайки с помощью мобильного устройства и технологии Bluetooth. Вес паяльника составляет всего 35 грамм, а его пиковая мощность при этом может достигать 24 Вт. Разогрев паяльника до рабочей температуры в диапазоне 200-450 °C составляет менее 4 секунд. В паяльнике используется усовершенствованный Li-Ion-аккумулятор, позволяющий выполнить около 100 паяк на одном заряде. Для полной зарядки аккумулятора требуется около 40 минут.

Большой интерес вызвала и экспозиция с решениями для термической зачистки изоляции проводов. Предложен-



Одноканальная цифровая паяльная станция CDE 2B с системой "Помощник в пайке"



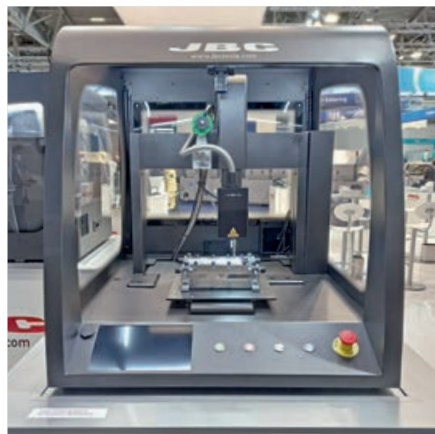
Одноканальная цифровая паяльная станция CD-2BQF



Беспроводные паяльники B-iRON



Станция WSB-2A высокотемпературной зачистки проводов



Решения для автоматизации процессов пайки



ные решения в виде термострипперов WSB-2A и WSS-2A позволяют работать как с термопластичными, так и термостойкими типами изоляции. Наши специалисты проверили работоспособность данных решений с проводами отечественного производства, такими, как МГТФ, ПВКВ, ПРКА, МП, МГШВ, ПТЛ, МС, МПО, БИФ – системы показали превосходный результат при зачистке изоляции..

Нельзя не отметить решения для автоматизации процессов пайки для производств, требующих увеличения производительности. Уже разработано несколько решений, которые могут быть оформлены в виде отдельных роботизированных ячеек, например, на базе коллаборативных роботов различных производителей. Для этого уже есть все необходимые элементы: паяльная голова с паяльником с автоматической сменой картридж-наконечников, дозатор проволочного припоя с функцией или без перфорирования проволоки, устройство автоматической очистки и устройство автоматической смены картридж-наконечников, блок управления, ну и, конечно, сам робот.

Разработанные настольные роботизированные установки имеют порталную систему перемещения. На выставке

были представлены две настольные установки: для контактной пайки при помощи паяльника и для бесконтактной пайки при помощи лазера. Оба решения довольно просты в использовании, а благодаря сенсорному экрану и интуитивно понятному программному обеспечению, предоставляемому компанией JBC, управление роботом может быть выполнено пользователем без предварительной подготовки.



Владимир Иванов,
главный специалист группы пресейл-инженеров Технического управления ООО «Остек-ЭК»

Специалисты нашей компании совместно с коллегами из российских предприятий во время выставки посетили партнеров, ознакомились с оборудованием и его возможностями, обсудили ряд

текущих проектов, новые перспективные технологии и их применимость для решения конкретных задач.



Демонстрация возможностей оборудования



Монтаж кристаллов с ленты на рамке и элементов сборки из вибробункера на пластину



Установка монтажа кристаллов и компонентов T-8000-G от компании Tresky GmbH

Нашей темой было оборудование для различных применений и задач полупроводникового и сборочного производств, которое определяет текущие мировые тенденции развития не только электронной, но и других сфер, в частности энергетики, фотоники, автомобилестроения и медицины.

- Производитель Tresky GmbH продемонстрировал свои системы монтажа кристаллов и компонентов. Интерес вызвала опция для работы с компонентами, поступающими на сборку россыпью, из вибробункера. Было объявлено, что к концу 2022 года компания разработает новый конструктив, который позволит осуществлять позиционирование и монтаж с субмикронной точностью.
- Компания Dr. Tresky AG показала новый модельный ряд настольных установок монтажа кристаллов серий T-5100 и T-5300. Базовая рама стала жестче и компактнее, большая часть контроллеров интегрирована в корпус, некоторые модули вошли в базовую конфигурацию, за счет чего при сохранении технологической гибкости занимаемая оборудованием площадь значительно уменьшилась.
- Компания AMX Automatrix srl представила свои решения по синтерингу. Сегодня эта технология является драйвером целого ряда отраслей, в особенности автомобилестроения, и трендом, которому следуют практически все производители передовых силовых элементов и модулей.

Также в рамках выставки мы посетили инновационный форум и прослушали ряд докладов, посвященных основным изменениям в отрасли: автоматизации производства, Индустрии 4.0 и искусственному интеллекту, производству гибридных компонентов, технологии чистых помещений и экологическим аспектам. В выступлениях была представлена актуальная информация широкого спектра: от оборудования для производства полупроводников и решений для контроля до электромобилей и квантовых технологий.



Обсуждение технологии синтеринга на стенде AMX Automatrix srl



Денис Кулицкий,

руководитель региональной группы ООО «Остек-СМТ»

Выставка Productronica всегда была важным событием для отрасли, но в этот год она была особенной из-за пандемии COVID-19. До последнего момента ни у гостей, ни у участников, ни у организаторов не было уверенности, что выставка состоится. Однако в назначенный день, 16 ноября, выставочные павильоны Messe Munchen распахнули свои двери для посетителей.

Гостей и участников было, конечно, меньше, чем обычно. Мировая ситуация с пандемией отразилась на всей отрасли и не обошла стороной производителей высокотехнологичного оборудования. Усилия направляются на развитие промышленного интернета вещей, умных фабрик, различного рода автоматизации. В условиях ограниченности кадров работу на производстве все больше доверяют роботам.

Я расскажу о новинках наших партнеров, которые были представлены на выставке Productronica 2021.

Компания Essegі, мировой лидер в сфере складской автоматизации, традиционно большое внимание уделяла удобству работы с компонентами для складского персонала, оптимизации хранения, выдачи и учета компонентной базы. Программно-аппаратный комплекс Incoming Material Station теперь позволяет сканировать не только данные с упаковки ПКІ, но и сопроводительную документацию, гибко программировать распознавание информации и вносить данные в систему управления производством предприятия прямо из товарных накладных. Также была представлена автоматизированная система подсчета компонентов на базе рентгеновского счетчика DAGE Assure, которая теперь может работать

автономно и сокращает время инвентаризации в несколько раз.

Не было ни одной выставки, где компания ASYS не впечатлила бы посетителей своими решениями в области автоматизации технологических процессов. И не удивительно, ведь компания является одним из основоположников концепции Индустрии 4.0 и SmartFactory.

Стенд компании ASYS напоминал сцену из футуристического блокбастера: роботизированные транспортные тележки AGV, которые подвозят на производственную линию компоненты, материалы, частично собранные изделия и увозят обратно на склад продукцию.

Можно было увидеть и коллаборативных роботов, которые меняют трафареты в промышленном принтере EKRA SERIO 6000.

Компания NUTEK, известный в мире производитель конвейерных систем и оборудования для маркировки печатных плат, сконцентрировалась на развитии программного комплекса управления конвейерами.

Hanwha Precision Machinery, представляющая универсальные установщики средней серии SM и DECAN, также делает ставку на развитие программного комплекса управления производством. В данном случае это комплексное решение T-SMART.

Программный комплекс направлен на решение вопросов и задач по сокращению времени переналадки, сокращению складских запасов, оптимизации программирования и балансировки сборочных линий, сокращению простоев и управлению обслуживанием оборудования. Внедрение полного комплекса ПО, по утверждению разработчика, позволит повысить эффективность использования сборочных линий до 40 %.

Наиболее интересной, с точки зрения новинок, стала компания Ersa, которая на выставке отметила свой 100-летний юбилей. Каждый год производитель оборудования для оплавления представлял какие-либо новинки: гибридные ремонтные центры для огромных



Станция регистрации компонентов

плат HR600 XL, системы контроля установки компонентов перед селективной пайкой VersaGuide.

Однако в 2021 году они представили два наиболее крупных концепта: конвекционные печи пайки оплавлением HOTFLOW THREE и системы селективной пайки VERSAFLOW ONE.

VERSAFLOW ONE будет позиционироваться как коробочное решение с определенным набором опций, таких как: ИК-подогрев, автоматическая подача припоя в ванну, автоматическая активация насадки, и получит те же основные узлы и агрегаты, которые успешно зарекомендовали себя на производствах всего мира, обновленное программное обеспечение Ersa Soft 5.

Конвекционные печи HOTFLOW THREE также спроектированы с учетом запросов рынка и мнений пользователей по всему миру. Их отличительными особенностями стали эргономичность и доступ ко всем узлам, улучшенная конструкция воздушных моторов и системы нагнетания конвекционного потока. Теперь



Программный комплекс T-Smart



Установка селективной пайки Versaflow



Рентген Viscom AXI X7059

заказчикам доступны различные опции для построения оптимального температурного профиля и сокращения времени обслуживания печи.

- SMART CONVECTION POWER UNIT
- SMART CONDENSATION UNIT
- SMART PYROLYSIS UNIT

Производитель назвал эти решения общим термином SMART ELEMENTS. Они позволяют сократить потребление электроэнергии, увеличить интервал обслуживания, тем самым повысить эффективность установки

Viscom AG, известный европейский производитель систем автоматической оптической инспекции, отличился двумя новшествами. Во-первых, они переделали,

усовершенствовали и унифицировали конструкцию оптических систем для инспекции паяльной пасты и паяных соединений. Теперь системы будут выпускаться в одинаковом корпусе, получают одинаковый инспекционный модуль XM. Отличие будет только в количестве угловых камер. Для инспекции пасты их будет четыре, для контроля спаянных плат система будет оснащена восемью угловыми камерами.

Главной звездой стенда стал встраиваемый в линию рентген AXI X7059. Заказчикам доступны различные исполнения, с разной по мощности рентгеновской трубкой от 130 до 180 кВ, различными детекторами до 3,2 МП и вариантами исполнения системы позиционирования: с перемещаемой трубкой, с перемещаемым детектором. Все это необходимо для получения максимально эффективного использования для различных задач, таких как: инспекция печатных плат, собранных в корпус приборов, литиевых батарей и так далее. А уникальная концепция сквозного программного обеспечения Viscom Quality Uplink, которая также позволяет интегрировать данную установку в единую систему контроля качества, делает X7059 поистине незаменимым для всех производителей сложной электроники: телекоммуникационная и компьютерная техника, техника специального назначения. ▽



Установка АОИ Viscom S3088 Ultra Chrome

Несмотря на все сложности эпидемиологической ситуации в мире выставка Productronica 2021 состоялась и прошла успешно. Вендоры сумели привезти и презентовать новые интересные решения, а также обсудить актуальные вопросы отрасли. Было еще много новинок, которые сложно уместить в рамки одной обзорной статьи. Всем, кто по каким-либо причинам не смог посетить выставку в этом году, – до встречи на Productronica 2023!

Начните работать в новом качестве

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

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

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

Тренинги IPC от Остека это:

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

Тренинги IPC от Остека позволят вам:

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

ТЕХНОЛОГИИ

Графен – продолжение «ЖИЗНИ» закона Мура

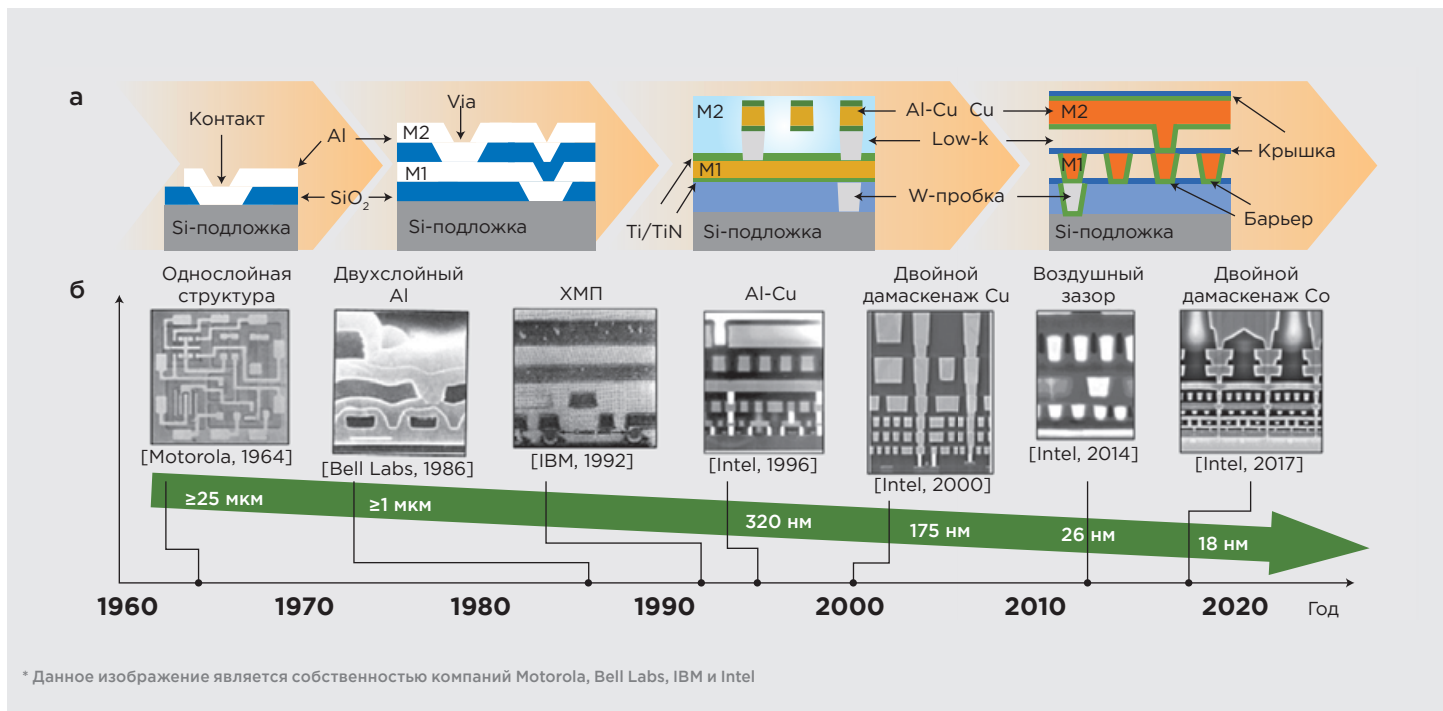


Текст: Дмитрий Суханов

»

С момента изобретения интегральных схем на основе структуры металл-оксид-полупроводник (МОП) в начале 60-х годов прошлого столетия скорость, производительность и сложность микросхем резко возросли. Данный рост практически соответствовал росту, обозначенному в законе Мура, благодаря различным технологическим прорывам, которые удваивали количество транзисторов на площадь чипа каждые два-три года. Наряду с развитием транзисторных технологий проводники-межсоединения, которые соединяют эти миллиарды транзисторов, также претерпели огромные изменения.

Давайте разберемся в этих изменениях и посмотрим, на что они повлияли в производстве интегральных микросхем.



1

Эволюция технологии межсоединений и межслойных диэлектриков. Источник: Chip Scale Review November–December 2021, Sustaining Moore’s Law with graphene By Kunjesh Agashiwala, Junkai Jiang, Ankit Kumar, Chao-Hui Yeh, Kaustav Banerjee

Схема эволюции технологии межсоединений и межслойных диэлектриков (inter-layer dielectric – ILD), также известной как технология back-end-of-line (BEOL), представлена на рис 1. Алюминиевые (Al) проводники, использовавшиеся в 1960-1980 годах, были заменены более качественными алюминиево-медными (AlCu), за которыми в 1997 году последовала используемая в настоящее время схема проводников с двойным дамаскеном (dual-damascene – DD) с применением меди с гальваническим покрытием. Это позволило создавать более плотные, более «быстрые» и надежные проводники и решения на их основе.

С какими ограничениями пришлось столкнуться микроэлектронному производству?

Ответ на данный вопрос крайне прост – это применение традиционных материалов при создании межсоединений меньшего размера и дальнейшего их непрерывного масштабирования. Традиционные материалы нужно было заменить, так как они стали причиной, угрожающей «жизни» закона Мура.

Несмотря на то, что кобальт (Co) недавно был представлен в качестве возможной замены материала для самых «узких» проводников из меди (Cu), чтобы продлить «жизнь» закону Мура, эти технологии, в конечном итоге, исчерпали себя, когда размеры проводников перешагнули предел в 20 нм. При таких критических размерах традиционные технологии – Cu и Co, а также использование благородных металлов, таких как руте-

ний (Ru), страдают от значительных размерных эффектов в основном из-за нелинейного увеличения удельного сопротивления и результирующего сопротивления проводников и переходных отверстий. Это увеличивает задержку RC-цепей и способствует самонагреву элементов, снижает надежность электромиграции и тем самым ограничивает их токопроводящую способность и, конечно же, производительность. Кроме того, образование пустот во время заполнения металлом траншей с большим соотношением сторон (aspect ratio – AR) и сквозных отверстий во время процесса DD усугубляет проблемы с надежностью, затрудняя дальнейшее увеличение отношения размеров.

Традиционные решения не смогли соответствовать требованиям к плотности тока для нужной производительности, установленным Международной дорожной картой для устройств и систем (International Roadmap for Devices and Systems – IRDS), за пределами размеров проводников в 15 нм, что требует определения альтернативных стратегий развития слоев металлизации, чтобы «оставить в живых» закон Мура.

Что удалось открыть при использовании межсоединений из графена?

С момента своего открытия в 2004 году графен был предложен в качестве потенциального материала для будущей электроники благодаря его уникальным электрическим, оптическим и механическим свойствам. Первоначально полученный из трехмерного слоисто-

го аллотропного графита графен представляет собой единый слой атомов углерода толщиной в атомный слой. Гексагональная сотовая кристаллическая структура графена формируется за счет sp^2 -гибридной связи в плоскости, возникающей в результате совместного использования электронов каждым атомом углерода с тремя ближайшими атомами углерода с исключительно высокой механической прочностью. Это приводит к уникальной электронной зонной структуре, что делает графен полуметаллом с нулевой запрещенной зоной.

Многослойный графен (multilayer graphene – MLG) предпочтительнее для проектирования межсоединений и систем по сравнению с однослойным. В первую очередь, это связано с его более низким контактным сопротивлением и более высокой плотностью состояний по сравнению с однослойным графеном. В отличие от однослойного графена MLG имеет параболическую зонную структуру, которая не только устраняет нелинейности, но и значительно модулирует его проводимость. Кроме того, сильные sp^2 -гибридные связи в графене/MLG обеспечивают значительно более высокую температуру плавления, чем обычные металлы, и значительно более высокую механическую прочность (сильнее, чем у стали) и плоскостную теплопроводность. Графен обладает необычайной электропроводностью в сочетании с меньшим рассеянием электронов на поверхностях и границах зерен при сверхмасштабных размерах и, следовательно, уменьшенным удельным сопротивлением на больших размерах, высокой подвижностью носителей. Высокое содержание углерода делает графен или, точнее, легированный многослойный графен – doped multi-layer graphene – DMLG, идеальным кандидатом для межсоединений на кристалле следующего поколения.

Помимо Cu, Co и Ru, некоторые другие благородные металлы (Pt, Ag, Au) и слоистые материалы (MoS₂, WTe₂) рассматривались как потенциальные кандидаты на межсоединения, однако они либо не могут соот-

ветствовать плотности тока, либо страдают от плохой концентрации носителей, что ограничивает их использование в будущих технологических узлах BEOL.

Что даст интеграция графеновых межсоединений в КМОП?

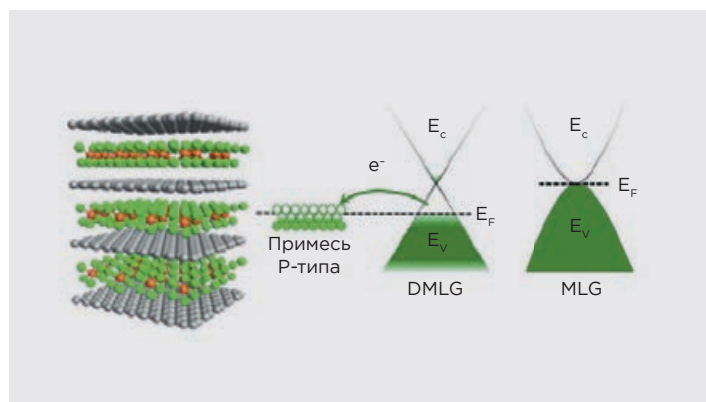
Микромеханическое (или жидкостное) расслоение графена из объемного графита дает относительно небольшие, микронного размера, чешуйки, которые не подходят для процесса комплементарного металл-оксид-полупроводник (КМОП).

Наиболее распространенным подходом для выращивания графена с относительно большой площадью является использование химического осаждения из паровой фазы (chemical vapor deposition – CVD), которое основано на термическом разложении его предшественников на газовой основе на металлической подложке катализатора, такой как Cu или Ni. Хотя этот подход дает высококачественный графен/MLG, он не только требует температур, намного превышающих тепловой баланс BEOL (<450 °C), но и переноса с металлической подложки для выращивания на желаемую подложку, что делает его непригодным для прямого применения в процессе BEOL для технологии КМОП.

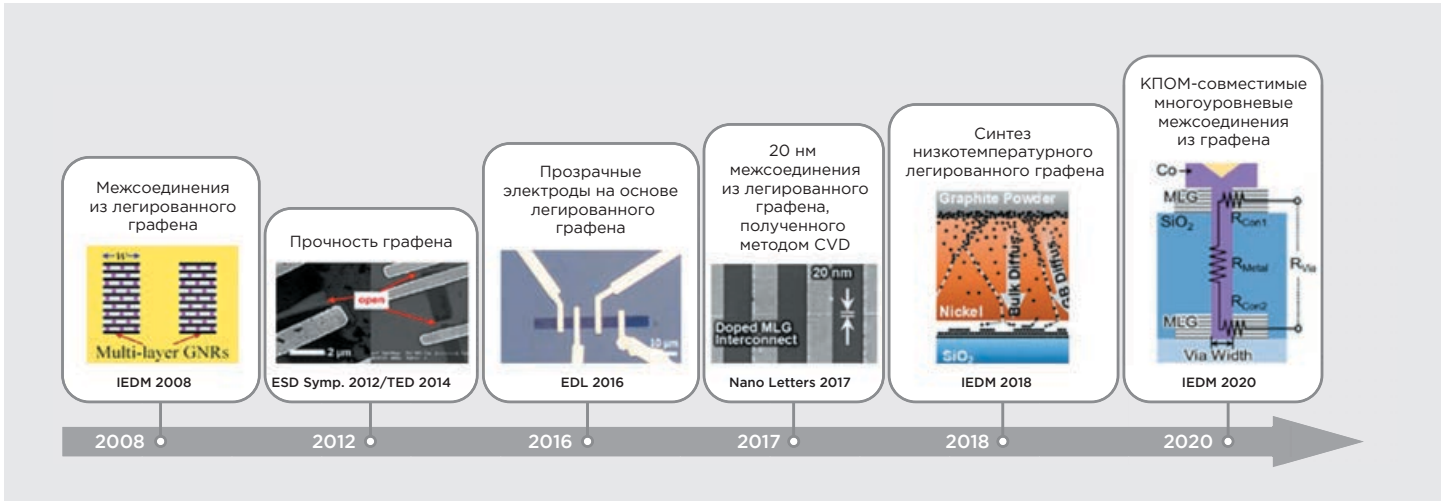
Другие методы выращивания графена, например, эпитаксиальный или твердофазный рост, также требуют гораздо более высоких температур, чем допустимый тепловой баланс, и полученное качество MLG недостаточно для межсоединений.

Совсем недавно Исследовательская лаборатория нанoeлектроники (the Nanoelectronics Research Lab – NRL) Калифорнийского университета в Санта-Барбаре разработала новый подход к выращиванию высококачественного многослойного графена при значительно более низких температурах (~300 °C) с помощью твердофазной диффузии атомов углерода под давлением через объем и границы зерен расходуемого металла-катализатора (Ni). MLG толщиной примерно 20 нм можно вырастить, используя механическое давление ~ 65-80 фунт/дюйм². Время роста такой пленки составит ~ 30-60 минут.

Данный метод универсален и может быть разработан для прямого выращивания высококачественного низкотемпературного графена/MLG с различной толщиной на подложках из произвольного материала. Качество графена/MLG, разработанного с использованием этого метода, эквивалентно качеству, полученному с использованием традиционных методов, что делает его жизнеспособным вариантом для интеграции в BEOL. Кроме того, введение подходящих легирующих примесей между слоями MLG (рис 2) может привести к улучшению удельного сопротивления в ~5 раз, уменьшению задержки RC в ~4 раза и увеличению энергии переключения на ~80 % на локальном уровне и на ~72 % на глобальном уровне по сравнению с обычными материалами для межсоединений.



2
Схематическое изображение MLG и DMLG. Источник: Chip Scale Review November-December 2021, Sustaining Moore's Law with graphene By Kunjesh Agashiwala, Junkai Jiang, Ankit Kumar, Chao-Hui Yeh, Kaustav Banerjee



3

Эволюция достижений в технологии межсоединений на основе графена/MLG в NRL. Источник: Chip Scale Review November-December 2021, Sustaining Moore's Law with graphene By Kunjesh Agashiwala, Junkai Jiang, Ankit Kumar, Chao-Hui Yeh, Kaustav Banerjee

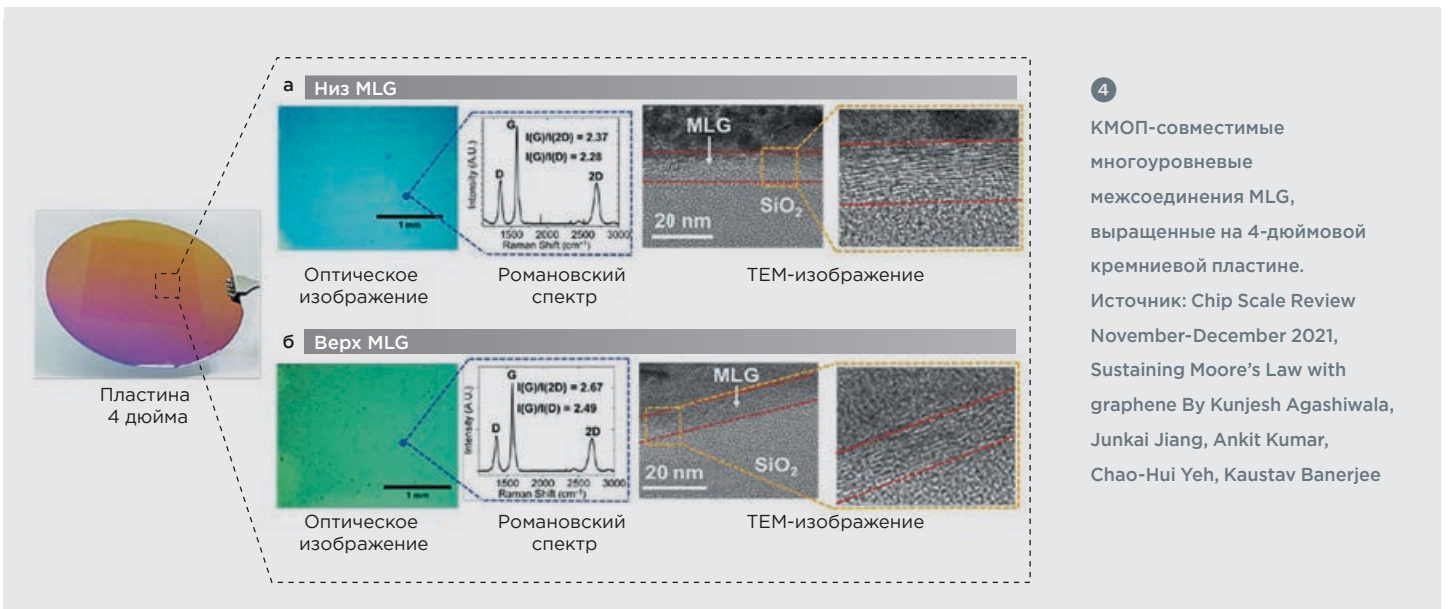
Кроме того, межсоединения DMLG обеспечивают в 100 раз более высокую пропускную способность по току по сравнению с обычными металлами. Это делает их идеальным материалом для технологий межсоединений следующего поколения.

Все вышеописанное открыло понятный путь для интеграции графена/MLG в КМОП-технологии, а за идеей использовать DMLG последовали другие важные технологические инновации, относящиеся к межсоединениям из графена/MLG.

На рис 3 показана эволюция ключевых достижений в технологии межсоединений на основе графена/MLG в NRL, включая ее устойчивость к протеканию тока большой величины и электростатическому разряду, что является решением одной из серьезнейших проблем для обеспечения надежности.

Несмотря на то, что надежность и производительность одноуровневых проводников MLG были подробно изучены, ключевым требованием при применении MLG в качестве межсоединений в современных полупроводниковых технологиях является демонстрация многоуровневой системы проводников и переходных отверстий MLG, включающей контакты с низким сопротивлением. Это имеет решающее значение для демонстрации преимуществ проводников MLG при контакте с транзисторами на локальном уровне.

Первым шагом для достижения этого является надежное выращивание высококачественного MLG на нескольких уровнях. На рис 4 а-б показаны изображения многоуровневого графена на большой пластине с использованием КМОП-совместимого метода выращивания.



4

КМОП-совместимые многоуровневые межсоединения MLG, выращенные на 4-дюймовой кремниевой пластине. Источник: Chip Scale Review November-December 2021, Sustaining Moore's Law with graphene By Kunjesh Agashiwala, Junkai Jiang, Ankit Kumar, Chao-Hui Yeh, Kaustav Banerjee

Получены практически идентичные характеристики как у MLG с нижней стороны, так и у MLG с верхней стороны, о чем свидетельствуют различные структурные и оптические характеристики как верхнего, так и нижнего уровней (рис 4 а-б). Слоистые структуры на верхнем и нижнем уровнях подтверждают универсальность метода роста для произвольных топологий поверхности.

Процесс роста, совместимый с КМОП-технологией, может быть расширен для выращивания MLG на произвольных подложках, если условия роста не приводят к термической деградации подложки. Из-за невозможности уменьшения масштаба обычных материалов барьерного и защитного слоев (TaN/Si₃N₄) ниже ~0,5 нм, поскольку в противном случае это могло бы привести к диффузии меди в окружающий диэлектрик, использовалось покрытие на основе графена для обычных металлических межсоединений. Оценивается и было продемонстрировано снижение общего сопротивления на 15 %. Благодаря этому совсем недавно NRL продемонстрировала BEOL-совместимый рост высококачественного MLG непосредственно на Cu, вставив слой аморфного углерода толщиной ~ 2 нм между Ni и Cu.

В принципе, при разумном выборе общих условий роста и знании относительных коэффициентов диффузии углерода в катализаторе роста и ростовой подложке этот метод может быть разработан для выращивания MLG на различных металлических (Co, Ru, W, Pt и др.) поверхностях и даже на поверхности диэлектриков.

Также текущий метод может быть адаптирован и применен для непосредственного выращивания высококачественных MLG на 300 мм стандартных пластинах, что делает его чрезвычайно универсальным и удобным для микроэлектронной промышленности.

Предел 200-летней давности преодолён! Индуктивности на основе DMLG – будущее интегральных схем

Встроенные катушки индуктивности являются важными компонентами почти всех современных электронных гаджетов – смартфонов и компьютеров и могут занимать до 50 % общей площади микросхемы. Однако в отличие от других компонентов ИС, которые уменьшаются с каждым технологическим узлом, катушки индуктивности трудно уменьшить, поскольку они зависят исключительно от магнитной индуктивности. Поэтому конструкция индукторов практически не изменилась с момента их изобретения почти два века назад.

NRL преодолела эту фундаментальную проблему масштабирования, получив значительную «кинетическую индуктивность» (КИ) в индукторах на основе MLG с легированием при комнатной температуре, что привело к получению материалов с самой высокой плотностью индуктивности из когда-либо созданных за всю историю микроэлектроники.

В отличие от обычной магнитной индуктивности кинетическая индуктивность возникает из-за внутренней инерции носителей заряда и последовательно с магнитной индуктивностью, что увеличивает общую индуктивность для данного индуктора. Легирование обеспечивает высокую добротность (до 12), в то время как КИ увеличивает общую плотность индуктивности примерно в 1,5 раза и, таким образом, впервые позволяет масштабировать индуктор.

Эта разработка имеет решающее значение для индустрии Интернета вещей (IoT) и была справедливо названа журналом Forbes «прорывом на триллион долларов».

Легирование существенно увеличивает разделение слоев в MLG, что приводит к восстановлению линейной зонной структуры многослойного графена, обладающего самым высоким КИ. Дальнейшая оптимизация процесса создания MLG и процесса легирования может обеспечить увеличение плотности индуктивности до 10 раз и открыть путь для IoT и беспроводных приложений следующего поколения.

С какими проблемами придется столкнуться микроэлектронике при интеграции и производстве графена в масштабе пластины?

Одной из основных проблем крупномасштабной интеграции MLG/DMLG в КМОП-процессы является отсутствие инструмента роста MLG в масштабе целой пластины, удовлетворяющего тепловым требованиям BEOL и требованиям процесса. Технология синтеза графена, разработанная NRL, представляет собой комплексное решение различных задач интеграции MLG в крупномасштабное производство не только межсоединений и индукторов, но и прозрачных электродов на основе графена, RFID и солнечных элементов. И, следовательно, требует более сложной регуляции температуры и давления для точного нанесения желаемой толщины графена/MLG на заданную подложку большой площади.

Помимо обычного масштабирования транзисторов и межсоединений, требования к огромным вычислительным возможностям для будущих поколений ИС требуют альтернативных архитектур. Одним из решений является 3D-интеграция или последовательное наложение микросхем, включая материалы, устройства и межсоединения FEOL и BEOL, в вертикальном направлении, что может не только уменьшить задержку распространения электрического сигнала в межсоединениях, но и улучшить производительность, пропускную способность и энергоэффективность всего чипа.

Различные подходы, такие как сквозное соединение через кремний (Through Silicon Via – TSV), flip-chip или проволочные соединения, уже давно используются для соединения нескольких уровней в 3D-ИС. Однако

их большие паразитные емкости и серьезные проблемы с электрической, тепловой, механической надежностью и адгезией, а также рост стоимости и сложности с каждым поколением серьезно ограничивают их использование для будущих технологических узлов.

Монолитная 3D-интеграция (М3D) – это другой тип схемы 3D-интеграции, в которой несколько сложенных друг в друга уровней изготавливаются последовательно на одной и той же пластине путем осаждения и рекристаллизации верхних слоев.


Теоретические исследования показали, что межсоединения, индуктивности и экранирующие слои на основе графена в сочетании с двумерными транзисторами на основе полупроводниковых материалов могут повысить плотность интеграции более чем в 10 раз по сравнению с плотностью трехмерной интеграции на основе TSV и более чем в 1,5 раза по сравнению с традиционной монолитной 3D-интеграцией. Кроме того, интеграция уровней логики и памяти с использованием М3D-интеграции может облегчить проблему вечной нехватки памяти для современной вычислительной архитектуры, открывая путь для высокоскоростной передачи данных и вычислений.

Совсем недавно была продемонстрирована сверхкомпактная гибридная ячейка памяти. Она впервые в истории, с момента начала производства резистивной памяти с произвольным доступом (Resistive Random-Access Memory – RRAM), позволила сократить количество устройств на чипе вдвое. Кроме того, она одновременно дала возможность обеспечить более высокую горизонтальную и вертикальную плотность интеграции – 3D-интеграцию, по сравнению с традиционной архитектурой, применяемой ранее. Данная гибридная ячейка может быть монолитно объединена в 3D-стеки для создания максимально высокой плот-

ности на энергозависимых массивах памяти и нейроморфных вычислительных системах. Достигается более высокая плотность по вертикали, чем при использовании традиционной архитектуры, RRAM устанавливается поверх транзистора. Все это обеспечивает беспрецедентную производительность и энергоэффективность для имитации работы человеческого мозга в ближайшем будущем.

Таким образом, эффективные методы интеграции графена/MLG и/или других 2D-материалов со стандартными для КМОП-технологий материалами могут привести к созданию революционно новых устройств, схем и архитектур за пределами закона Мура, что откроет дверь для электроники следующего поколения.

Пассивные устройства BEOL, включая металлические межсоединения и катушки индуктивности, сталкиваются с фундаментальными ограничениями масштабирования, которые угрожают нарушить закон Мура. Новаторские изобретения ученых показали, что «правильно» спроектированный и синтезированный графен может не только помочь преодолеть самые узкие места в КМОП-технологиях, но и обеспечить беспрецедентную энергоэффективность и прирост производительности. Все это позволит продуктам нового поколения ИС выйти на новый уровень.

Таким образом, создается революционно новая технологическая платформа BEOL для будущих интегральных схем и открывается путь к проникновению графена в массовую электронику, что продлит «жизнь» закону Мура. 

В статье использованы материалы:

1. Chip Scale Review November – December – 2021, Sustaining Moore's Law with graphene By Kunjesh Agashiwala, Junkai Jiang, Ankit Kumar, Chao-Hui Yeh, Kaustav Banerjee

ТЕХНОЛОГИИ

Измерение электрических характеристик при внешнем воздействии.

Есть ли смысл в метрологии?



Текст: Антон Шейхо



В статье рассмотрены основные методы измерений электрических характеристик ЭКБ под воздействием тепла и холода. Оценены преимущества и недостатки испытаний в климатических камерах и с помощью систем с нагнетанием воздуха, а также предложен новый метод воспроизведения температуры на базе новых установок.



1
Климатическая камера и «термострим»

В настоящее время измерение электрических характеристик ЭКБ под воздействием температуры проводится в климатических камерах или системах с нагнетанием воздуха (temperature forcing systems), также называемых «термостримы» (рис 1). Если рассматривать в общем, то оба способа основаны на принципе передачи температуры от воздушной среды к испытываемому объекту. Основные отличия заключаются в скорости создания заданной температуры и конструктивных особенностях подключения ЭКБ к измерительной системе. Каждый из стандартных способов воспроизведения температуры обладает своими недостатками. Рассмотрим каждый из способов.

Проведение измерений в климатических камерах является наиболее распространенным способом измерения электрических характеристик под воздействием внешних факторов. На рис 2 представлено типовое решение, когда внутренний объем климатической камеры разделен на зоны для загрузки кассет с ЭКБ, которые при помощи соединительных жгутов подключаются к внешней стойке с измерительными приборами. Наличие внутренних дефлекторов воздушного потока позволяет получить хороший градиент температуры в зонах кассет при полной загрузке. За счет установки кассет с большим количеством испытываемой ЭКБ можно получить высокую производительность и, таким образом, снизить стоимость испытаний. Однако если на проверяемую ЭКБ необходимо воздействовать большим током или измерять динамические характеристики, то за счет паразитных связей это становится труднореализуемым.

Причина паразитных связей связана с подключением измерительных систем при помощи соединительных жгутов через боковые вводы климатических камер. Из-за их существенной длины влияние емкости и индуктивности провода становится значительным и невозможным к компенсации.



2
Типовое решение испытаний в кассете

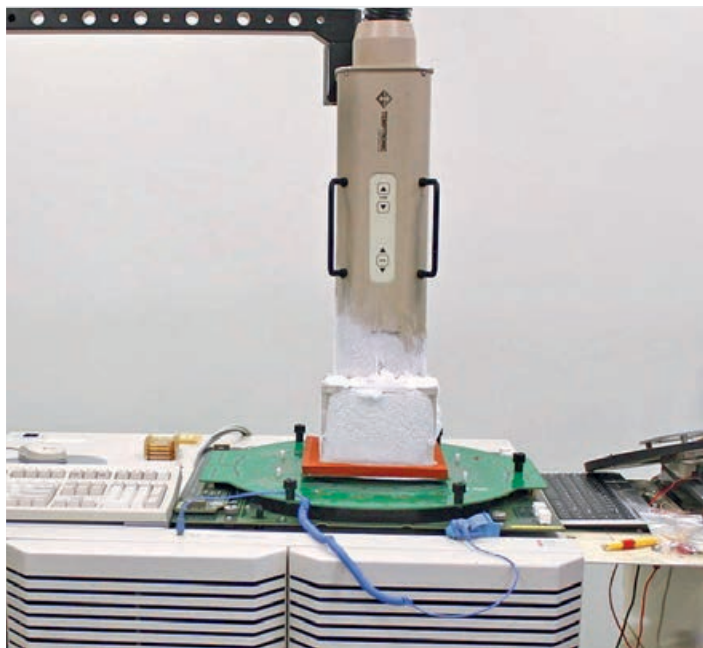
Снизить влияние паразитных связей можно с помощью ряда технических решений, таких как:

- отказ от боковых вводов в камерах в пользу заднего отсека с объединительной платой;
- создание специализированных измерительных приборов, которые устанавливаются в кроссплату.

Все это помогает существенно продвинуться в снижении паразитных связей, однако повышает стоимость самой камеры, измерительной системы и негативно влияет на стоимость испытания.

Другим способом устранения паразитных связей является применение систем с нагнетанием воздуха (рис 3). В данных системах осушенный воздух охлаждается/нагревается во внутренних элементах установки и под большим напором выдувается на проверяемую ЭКБ. Подвести выходное сопло можно непосредственно на нагрузочную плату измерительной системы, что практически полностью исключает паразитные связи. Однако данный метод также имеет ряд недостатков:

- Скорость потока может достигать нескольких десятков метров в секунду, что позволяет получить высокую охлаждающую мощность потока. С другой стороны, это требует применения теплоизоляционных материалов для исключения «промерзания» нагрузочной платы и элементов измерительной системы. Тем не менее, все равно останутся щели, через которые измерительный тракт будет «промерзать».
- Воздух, попадающий в систему, очищается фильтрами. Однако если качество фильтрации



3

Типовое решение применения систем нагнетания воздуха

недостаточное, то движение частиц при большой скорости может приводить к образованию электростатических разрядов на тестируемом элементе.

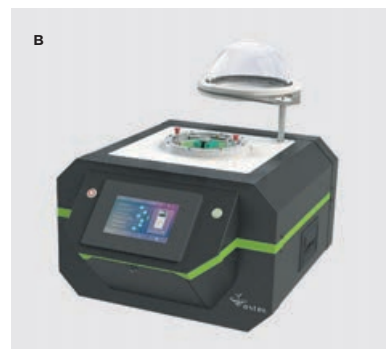
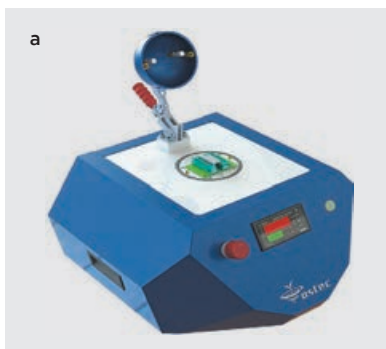
Общими недостатками рассмотренных выше способов является воздействие температуры через воздушную среду. Помимо самой ЭКБ, на нагрузочной плате имеются компоненты, и, соответственно, они тоже изменяют свои электрические характеристики под влиянием температуры.

К сожалению, производители измерительных приборов не всегда знают, как потребитель будет использовать прибор. Когда проводятся предварительные испытания измерительного прибора и анализируется погрешность – по факту создается программа испытания средства измерения в целях утверждения типа, описываются диапазоны и погрешности, выбранные разработчиком. Далее эти результаты попадают в описание типа и методику поверки прибора и фиксируются

там на пять лет. Таким образом, если перед потребителем в будущем встает задача чуть изменить диапазон, или появляются новые эталоны, позволяющие лучше оценить погрешность, то разработчику СИ ничего не остается, как начать процедуру заново. Процесс утверждения регламентирован Федеральным законом № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», практически не может занимать менее шести месяцев и требует существенных затрат на проведение утверждения, что в конечном итоге влияет на стоимость СИ. Другая серьезная проблема заключается в том, что измерительные системы в основном нормированы на выходе собственных соединителей, что в совокупности с паразитными связями оснастки (в случае испытаний в камере температура влияет и на соединительные жгуты) и температурным воздействием на вспомогательные компоненты на нагрузочной плате негативно влияет на точность и достоверность измерений.

Для повышения достоверности измерений нашим предприятием было принято решение разработать вакуумную термоэлектрическую платформу (ВТП), которая представляет собой комплекс мероприятий, позволяющих устранить противоречия как в самом испытании, так и в метрологии. В настоящий момент завершается этап разработки серии установок (рис 4), предназначенных для создания температурного воздействия, в которых применяется иной метод воспроизведения температуры. Далее будут разрабатываться специализированные средства измерений и эталоны.

Рассмотрим принцип работы установок на примере модуля тепла/холода старшей модели – ВТП-α (рис 5). Испытываемый компонент устанавливается в контактирующее устройство (далее КУ), находящееся на нагрузочной плате. Нагрузочная плата фиксируется в рабочей зоне установки при помощи специального крепления, позволяющего не использовать винты и другие крепежные элементы. Соединение нагрузочной платы с измерительной системой осуществляется при помощи подпружиненных тестовых пробников, провода которых выходят на заднюю стенку установки. КУ имеет отверстие под нижней крышкой корпуса компонента, через которое осуществляется контакт ЭКБ с теплопере-



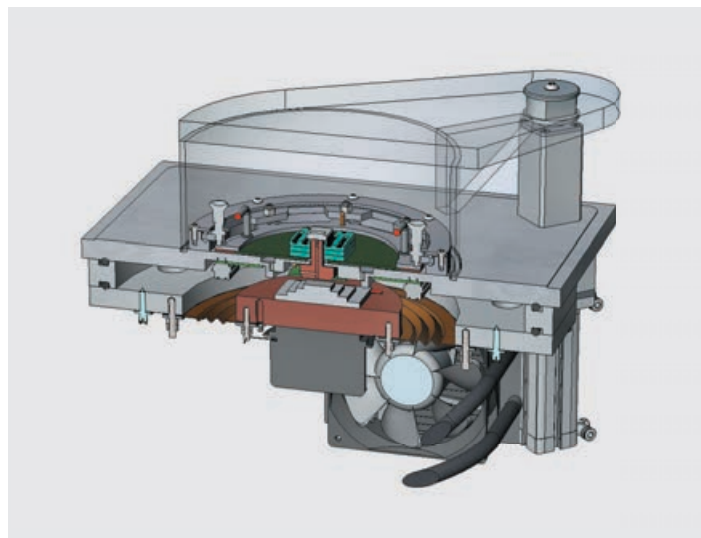
4

Внешний вид установки ВТП-α (а), ВТП-β (б), ВТП-γ (в)

датчиком. Теплопередатчик контактирует с элементом Пельтье, через который осуществляется охлаждение или нагрев компонента через нижнюю крышку корпуса. При испытаниях температурой свыше +85 °С при помощи внутренней мембраны элемент Пельтье отключается от теплопередатчика, и нагрев осуществляется встроенным в теплопередатчик нагревательным элементом. При испытаниях в диапазоне отрицательных температур внутри рабочей зоны откачивается воздух, что позволяет предотвратить выпадения инея на контактах измеряемого компонента. Уровень разряжения, как и температура, задается пользователем.

Разработанный метод позволяет создавать температурное воздействие на электронный компонент в широком диапазоне температур: от -65 до 180 °С и обладает рядом ключевых преимуществ по сравнению со стандартными способами:

- не используются дополнительные хладагенты – охлаждение обеспечивается многокаскадным элементом Пельтье;
- нет необходимости в укладке теплоизолирующих материалов для исключения влияния воздушного потока на нагрузочную плату – проблема обледенения внутренней стороны нагрузочной платы при использовании систем типа «термострим»;
- передача температуры происходит в сам компонент через нижнюю крышку компонента или через выводы, что снижает влияние температуры на вспомогательные компоненты, установленные на нагрузочной плате;
- при измерениях в диапазоне отрицательных температур производится откачка воздуха из внутреннего объема рабочей зоны, что позволяет избежать выпадения инея на контактах компонента, а также дает возможность исследовать



5 Внешний вид модуля тепла/холода ВТП-а

электрические характеристики ЭКБ, в том числе при пониженном давлении;

- в термопередатчик встроен датчик температуры, что позволяет контролировать температуру компонента и поддерживать точность установки температуры лучше, чем ±0,1 °С;
- теплопередатчики являются быстроръемными и могут быть изготовлены в разном размере для обеспечения эффективного теплового контакта с ЭКБ.

Разработанная серия установок (Т1) дает возможность с высокой точностью поддерживать температуру испытываемого объекта, комбинировать испытания при пониженной (повышенной) температуре с пониженным давлением, чтобы решать задачи испытания ЭКБ на новом уровне. □

Т 1

Основные характеристики установок ВТП

НАИМЕНОВАНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ	ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДИАПАЗОН, °С	СОЗДАНИЕ ВАКУУМА	КОЛИЧЕСТВО ВЫВОДОВ	ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ РАЗЪЕМЫ SMA
ВТП-а	Для ИМС средней степени интеграции	От -65 до +180	Да	144	8
ВТП-β	Дискретные компоненты и малые ИМС	От -65 до +85	Да	38	Нет
ВТП-γ	Пассивные компоненты	От -20 до +85	Нет	4	4*

* Тип выходного контакта определяется во время заказа

ОПТИМИЗАЦИЯ

Современное хранение: культура производства в машиностроении



Текст: Артем Кручинов



В России современное обрабатывающее предприятие на фоне мирового роста цен на материалы уже не может позволить себе обходить вопрос внедрения культуры производства на всех этапах выпуска продукции. Если театр начинается с вешалки, то бережное отношение к заготовкам – с порядка при их хранении.



1

При хранении заготовок на обычных стеллажах значительная часть площади уходит на технические проходы между рядами

В машиностроительной отрасли есть материалы, которые представляют реальную проблему при их складировании. Это, в первую очередь, относится к металлическим листам, пруткам, панелям и пластинам. Из-за их особенностей – небольшая толщина при больших габаритах (например, 1,5 мм при сторонах листа 1250 × 2500 мм по ГОСТ 19903-2015) и требованиях к сохранению качества поверхности – им необходимы специальные индивидуальные решения. Они должны обеспечивать порядок, оптимизацию пространства и быстрый доступ для выдачи в производство без ущерба для безопасности персонала при отсутствии ошибок, вызванных, например, пересортицей или человеческим фактором.

В статье мы рассмотрим современные решения, которые помогут более эффективно по сравнению с традиционными методами организовать систему хранения крупных заготовок, чаще всего используемых в металлообработке (рис 1).

Вертикальная (башенная) автоматизированная система хранения листового и пруткового материала

Листовой металл, мраморные и прочие каменные плиты, деревянные и фанерные панели из-за своих размеров и веса требуют особых способов для их удобного хранения, учёта и выдачи. Например, размеры листов, даже если мы говорим только о стандартизованных, составляют до 6000 мм на 2000 мм с разными толщинами и могут быть из разных марок стали, поэтому вопрос свободных площадей для их хранения немаловажен. Также необходимо наличие погрузочно-разгрузочных систем желательно с максимально высокой безопасностью и эффективностью при работе с такими заготовками. Добавим к этому и необходимость хранения прутковых заготовок разных форм, размеров и разных сплавов.

Поэтому при разработке автоматической системы хранения листового металла, прутков, пластин и профилей должны быть учтены все потребности заказчика, которые можно сформулировать следующим образом:

- максимальная вместимость хранилища с особым упором на необходимость хранения материалов при минимальной занимаемой площади и с наибольшей плотностью хранения;
- унификация типа склада для хранения материалов, поступающих после промежуточной обработки, что обеспечит единую систему хранения, которая должна быть одновременно экономичной и гибкой для учета в любой момент времени.

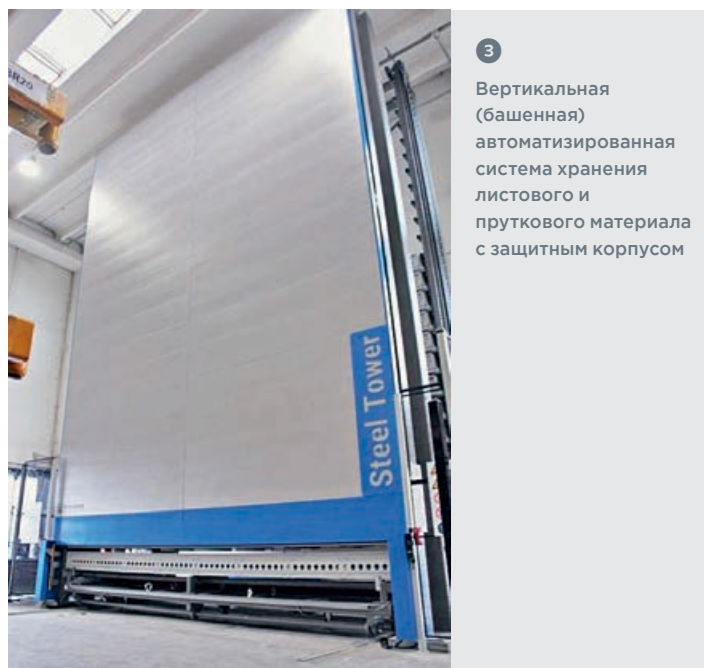
Вертикальная (башенная) автоматизированная система отвечает всем перечисленным выше требованиям (рис 2, 3).

Такая система предназначена для хранения листов, прутков, различных профилей и подобных заготовок с высокой плотностью благодаря минимальному расстоянию между полками (от 190 мм) и размещению «под потолок» (обычно до 10 м). Существуют модели с одной и двумя башнями, которые обслуживаются при помо-



2

Вертикальная (башенная) автоматизированная система хранения листового и пруткового материала без защитного корпуса



3
Вертикальная (башенная) автоматизированная система хранения листового и пруткового материала с защитным корпусом



- 1 Дверь для технического обслуживания
- 2 Привод подъемного механизма
- 3 Привод экстрактора
- 4 Система обеспечения безопасности
- 5 Полки хранения
- 6 Направляющие для полки
- 7 Подъёмник
- 8 Выталкиватели листового материала

4
Основные части конструкции башенной автоматизированной системы хранения



5
Поворотная кран-балка для работы с заготовками на полке

щи подъемного механизма (рис 4). Для металлических листов предусмотрена рама с выталкивателями для удобства снятия с полки.

Технические характеристики вертикальных автоматизированных систем можно оценить по стандартным моделям (Т 1). При необходимости под потребности заказчика могут быть изготовлены и специальные версии систем хранения.

К другим отличительным особенностям систем можно отнести: небольшую площадь застройки под систему хранения, исключение человеческого фактора при выдаче запрашиваемой заготовки благодаря контролю со стороны системы управления складом (WMS-системы), облегчение труда персонала склада, увеличение эффективности за счёт автоматизации загрузки/выдачи материала, удобный доступ к полке. Работа и техническое обслуживание проходят в полной безопасности благодаря защитным ограждениям, фотоэлектрическим барьерам и встроенной системе безопасности.

В Т 1 представлены модели наиболее популярных автоматизированных башенных систем хранения. Возможно исполнение систем хранения с другими габаритами под конкретные помещения на территории производства, с требуемыми размерами полок и грузоподъемностью до 20 т на каждую с учётом необходимой высоты груза.

Для удобства загрузки/выгрузки заготовок система может быть оснащена поворотной кран-балкой (рис 5).

Стеллажная автоматизированная система хранения листа (AS/RS-система)

Система представляет собой эволюционное развитие башенных систем хранения, когда несколько башен располагаются в ряд, а грузы обрабатываются краном-штабелёром, который перемещается вдоль по рельсовому

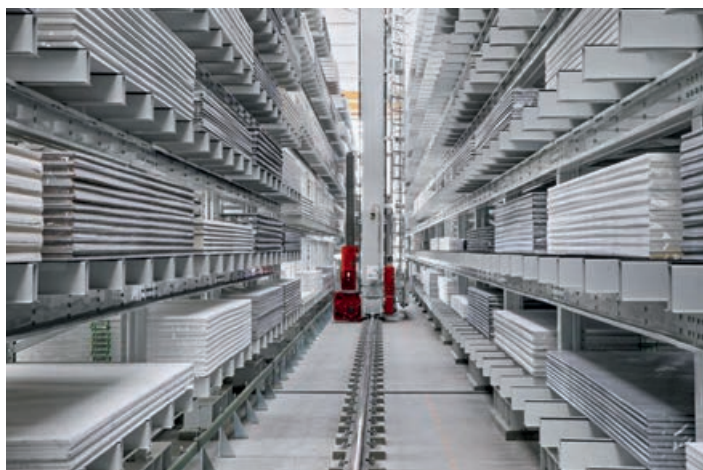
T 1

Технические характеристики вертикальных (башенных) автоматизированных систем производства «Ferretto Group» (Италия)

МОДЕЛЬ	MMS3000	MMS4000	MMHS3000	MMHS4000	MBMB6000
	MBS3000	MBS4000	MBHS3000	MBHS4000	
Тип хранимого груза	Пластины, листы, полосы				Прутки и профили
Максимальная высота системы, мм	5075	5475	7880	7880	9880
Количество башен хранения, шт.	1 (для моделей MM) 2 (для моделей MB)				2
Максимальное количество уровней размещения, шт.	20		32	25	
Максимальный размер полки, мм	3048 × 1524	4064 × 1524	3048 × 1524	4064 × 1524	6260 × 720
Максимальная масса груза, кг	3 000				
Максимальная высота груза, мм	90				300
Шаг между уровнями размещения, мм	190	210			360

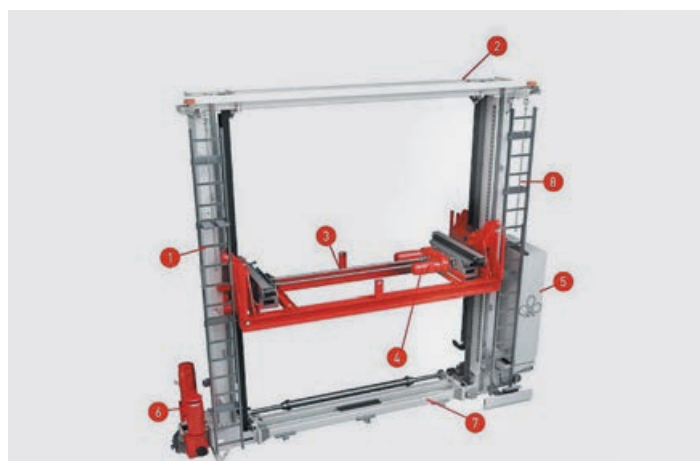
пути (рис 6). В зависимости от необходимой производительности и типа груза кран-штабелёр оснащён вилочным приспособлением для захвата и подъёма полки/палеты или цепным экстрактором (рис 7).

Как и в случае с башенной системой хранения, системы с краном-штабелером могут быть спроектированы под конкретные задачи заказчика в соответствии с его техническим заданием (рис 8).



6

Автоматизированная система хранения с краном-штабелером типа AS/RS



- 1 Мостовая рама
- 2 Верхняя балка
- 3 Экстрактор
- 4 Привод подъёмного механизма
- 5 Шкаф управления
- 6 Привод продольного перемещения
- 7 Нижняя балка
- 8 Лестница для обслуживания крана-штабелёра

7

Основные части конструкции крана-штабелёра

Т 2

Технические характеристики стеллажных автоматизированных систем производства «Ferretto Group» (Италия)

МОДЕЛЬ	SSF	SSD
Максимальная высота, мм	10 290	10 680
Минимальный шаг между уровнями хранения, мм	280	190
Максимальный размер полки, мм	4064 × 1524	
Минимальный размер полки, мм	600 × 300	
Максимальная нагрузка на полку, кг	3000...5000	
Горизонтальная скорость, м/с	2,5	
Горизонтальное ускорение, м/с ²	0,5	
Вертикальная скорость, м/с	0,5	
Вертикальное ускорение, м/с ²	0,5	
Тип захвата	телескопические вилы	цепной экстрактор
Расстояние между полками	фиксированное или переменное	

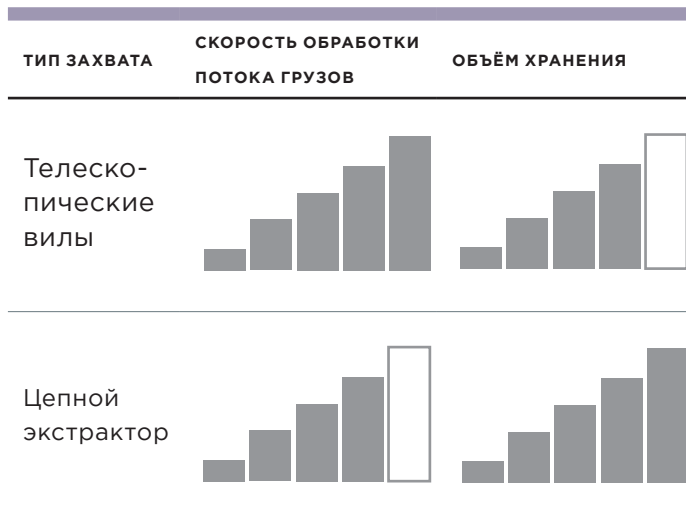


8

В специальном исполнении стеллажная система может применяться для хранения рулонных материалов

Т 3

Сравнение стеллажных систем в зависимости от типа захвата



Палетная автоматизированная система хранения материалов

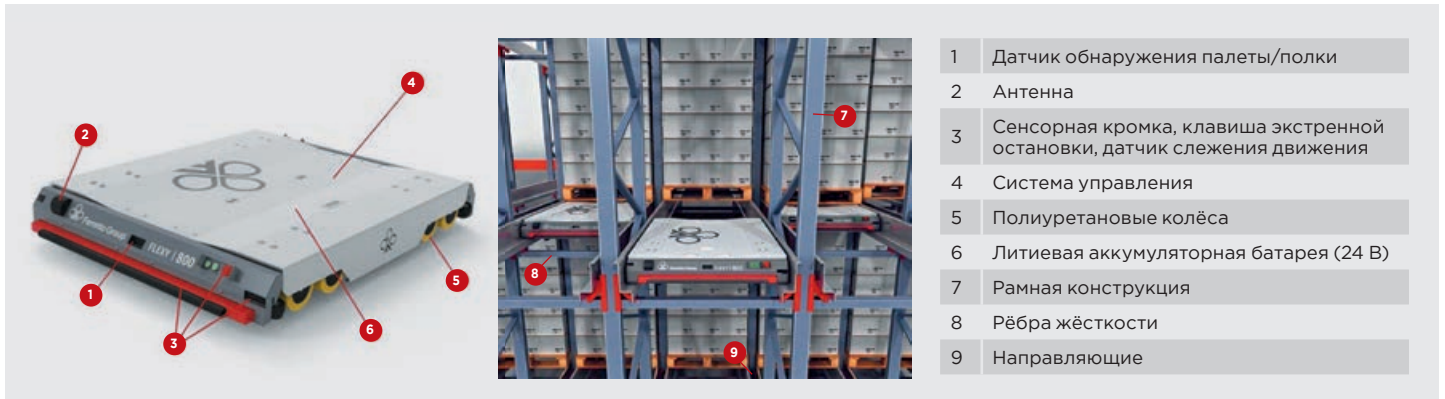
Крупные и тяжелые заготовки на металлообрабатывающем производстве не ограничиваются только листовой и прутковой формой. На предприятиях, которые производят детали и узлы для автомобильного или железнодорожного транспорта, для крупной сельскохозяйственной техники, для дальнейшей обработки используются большие отливки или поковки. Для хранения таких заготовок подойдёт палетная автоматизированная система хранения, в которой для обслуживания ячеек применяют тележки – шаттлы, управляемые в автоматическом режиме WMS-системой (рис 9). Шаттлы комплектуются индивидуальными аккумуляторными батареями, а специальные серии дают возможность работать при температуре до -30 °С, тем самым позволяя разместить основное хранилище в неотапливаемом помещении. В зависимости от частоты обращений к материальным ценностям рассчитывается требуемое количество шаттлов для безостановочной работы с учётом времени для подзарядки шаттлов.

Конструкция данной системы позволяет организовать хранение в несколько рядов по принципам: «последний вошёл – первым вышел» и «первым вошёл – первым вышел» (рис 10, 11).

Благодаря WMS-системе таким образом можно хранить не только исходные заготовки, но и частично обработанные, а также готовые детали и узлы без риска возникновения путаницы. Возможно специальное исполнение в зависимости от формы заготовки (рис 8).

О внедрении автоматизированных систем в производственную цепочку

Как мы уже говорили, представленные типы систем могут хранить не только заготовки, но и полуфабрикаты и полностью готовые детали, а при необходимости и крупногабаритную технологическую оснастку. Однако гибкость их использования этим не ограничивается. Системы могут

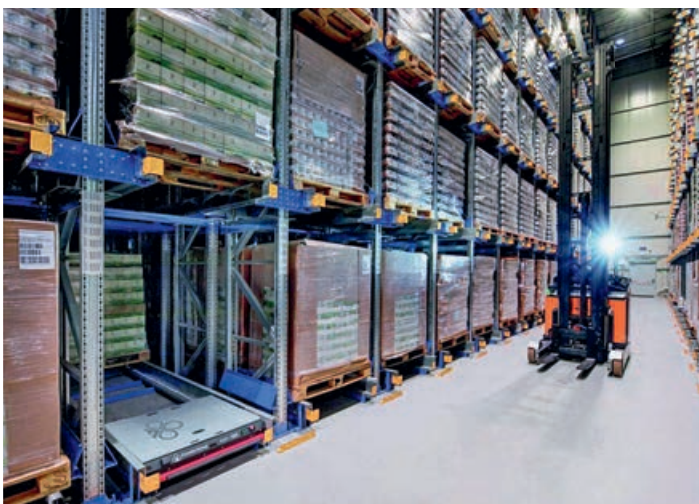


- 1 Датчик обнаружения палеты/полки
- 2 Антенна
- 3 Сенсорная кромка, клавиша экстренной остановки, датчик слежения движения
- 4 Система управления
- 5 Полиуретановые колёса
- 6 Литиевая аккумуляторная батарея (24 В)
- 7 Рамная конструкция
- 8 Рёбра жёсткости
- 9 Направляющие

9 Основные элементы палетной автоматизированной системы хранения материалов

T 4 Технические характеристики тележек-шаттлов производства «Ferretto Group» (Италия)

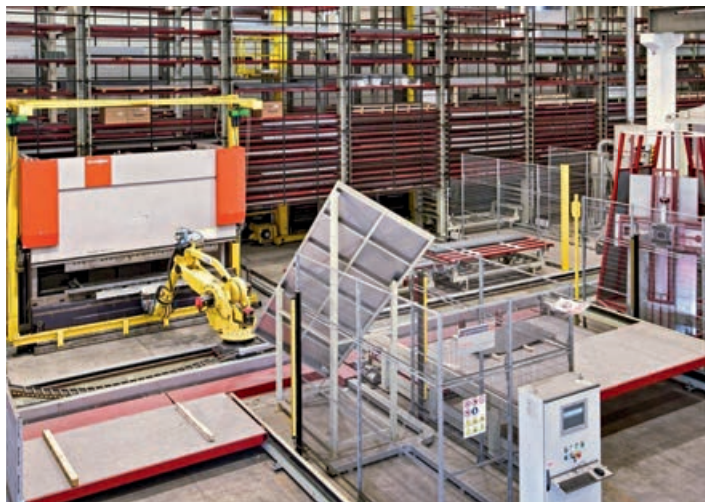
Модель	Flexy 800	Flexy 1000	Flexy 1200
Размеры, мм	970 × 1086	970 × 1286	970 × 1486
Размеры груза, мм	800 × 1200	1000 × 1200	1200 × 1200
Максимальная масса груза, кг	1500		
Рабочие температуры окружающей среды	+5 / +40 °С (стандартная версия) -30 / +5 °С (для низких температур)		
Время подъёма, с	3		
Скорость без груза, м/с	1,1		
Скорость при полной загрузке, м/с	0,65		
Время работы батареи, ч	8		
Время зарядки батареи, ч	3		



1 0 Палетная автоматизированная система с глубиной в несколько рядов в версии без крана-штабелёра



1 1 Палетная автоматизированная система с глубиной в несколько рядов в версии с краном-штабелёром.



1 2

Интеграция складского комплекса на участке листообработки непосредственно в производственную цепочку

быть внедрены непосредственно в производственные линии, когда после выдачи заготовка попадает сразу на обрабатывающий станок (рис 1 2). Например, возможна интеграция с листообрабатывающим оборудованием, где в качестве связующего звена между хранилищем и установкой лазерной резки выступает робот-манипулятор, задача которого переложить заготовку на подающий стол станка, а затем другой робот переместит ее на листогибочный пресс (рис 1 3).

В этом случае автоматизированная система хранения становится не просто местом складирования и учёта заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции, но и диспетчерско-логистическим центром, объединяющим обрабатывающие станки, что дает возможность автоматизировать не только складское хозяйство, но и всё производство, повысив его эффективность. Автоматизированные складские системы – это не только порядок при хранении, но и чётко отслеживаемое производство. Они относятся к числу логистических решений, которые наилучшим образом отвечают потребностям компаний, занятых в металлообработке в условиях серийного производства.



1 3

Объединение складской системы с установками лазерной резки

ООО «Остек-АртТул» выполняет расчёт и проектирование автоматизированных систем хранения любой сложности. Мы рассмотрели три основные категории автоматических решений для хранения крупногабаритных заготовок и готовой продукции:

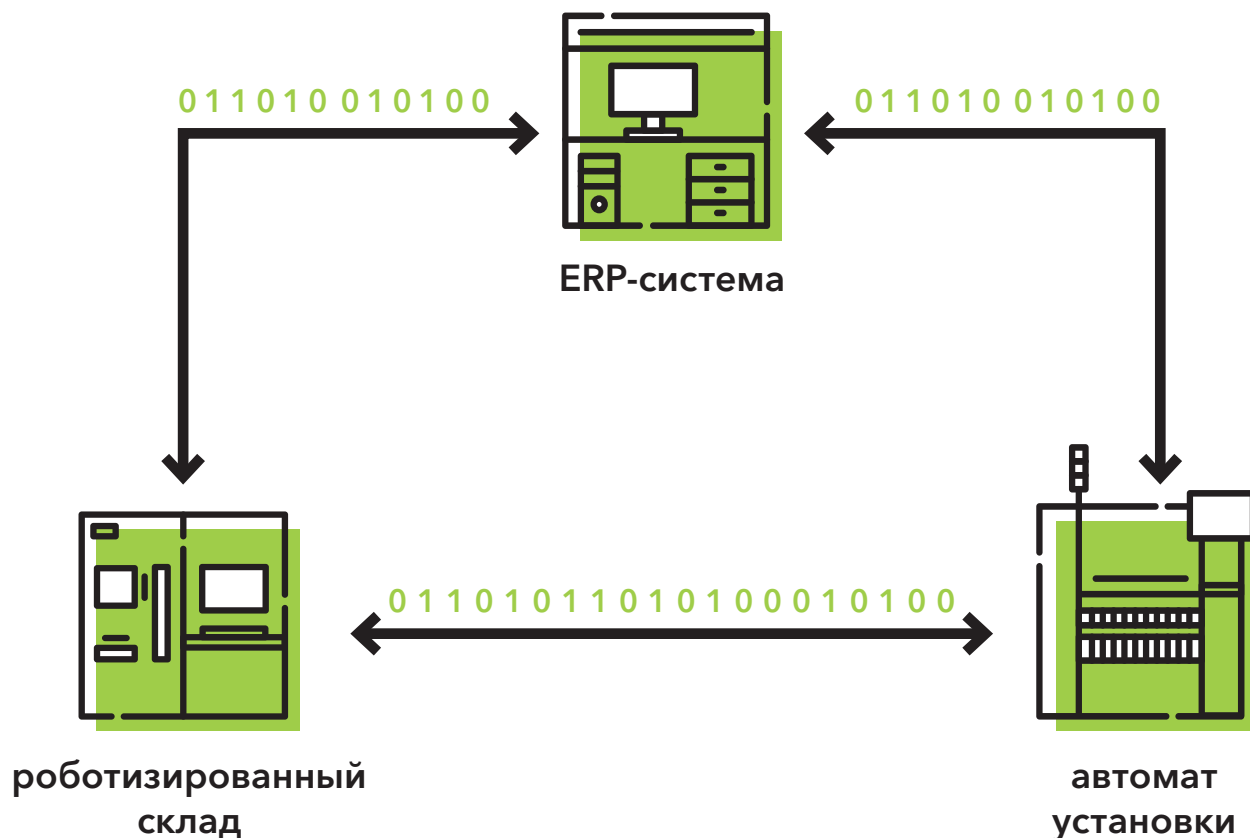
- Вертикальная (башенная) автоматизированная система хранения листового и пруткового материала.
- Стеллажная автоматизированная система хранения листа (AS/RS-система).
- Палетная автоматизированная система хранения материалов.

Эти системы отличаются друг от друга по вместимости, типу хранения, количеству мест приёма-выдачи и методам объединения с производством.

Если перед вашим производством стоят вопросы автоматизации хранения и внутрипроизводственной логистики, наша компания предложит решение и поможет в переходе на новый уровень производства.

Склад 4.0

Комплексное решение
для цифрового сборочного производства



Узнать больше

Соответствие концепции «Индустрия 4.0»

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

ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОГО СБОРОЧНО- МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Концепция цифрового сборочно-монтажного производства – это комплексное решение, которое изменит ваше понимание того, как построить эффективное производство радиоэлектронной аппаратуры.

Остек-СМТ реализовал сотни проектов оснащения и модернизации производств с последующей сервисной поддержкой. За время многолетней работы мы видели, что разные предприятия, оснащенные аналогичными комплексами оборудования, показывают принципиально разный уровень эффективности производства и качества продукции. Дело в том, что оборудование, каким бы современным и совершенным оно ни было, является всего лишь инструментом. Для его эффективной работы требуется хорошо подготовленная инфраструктура.

Мы поставили себе задачу помочь нашим заказчикам выйти на мировой уровень эффективности и разработали набор инструментов и решений, составляющих единый комплекс – Цифровое сборочно-монтажное производство. Решение состоит из семи составляющих: автоматизации хранения, управления эффективностью оборудования, автоматизации ручных операций, управления качеством, управления знаниями, умного сервиса, а также мониторинга всех показателей производства в режиме реального времени.

Любое производство начинается со склада комплектующих и материалов. Порядок на складе позво-

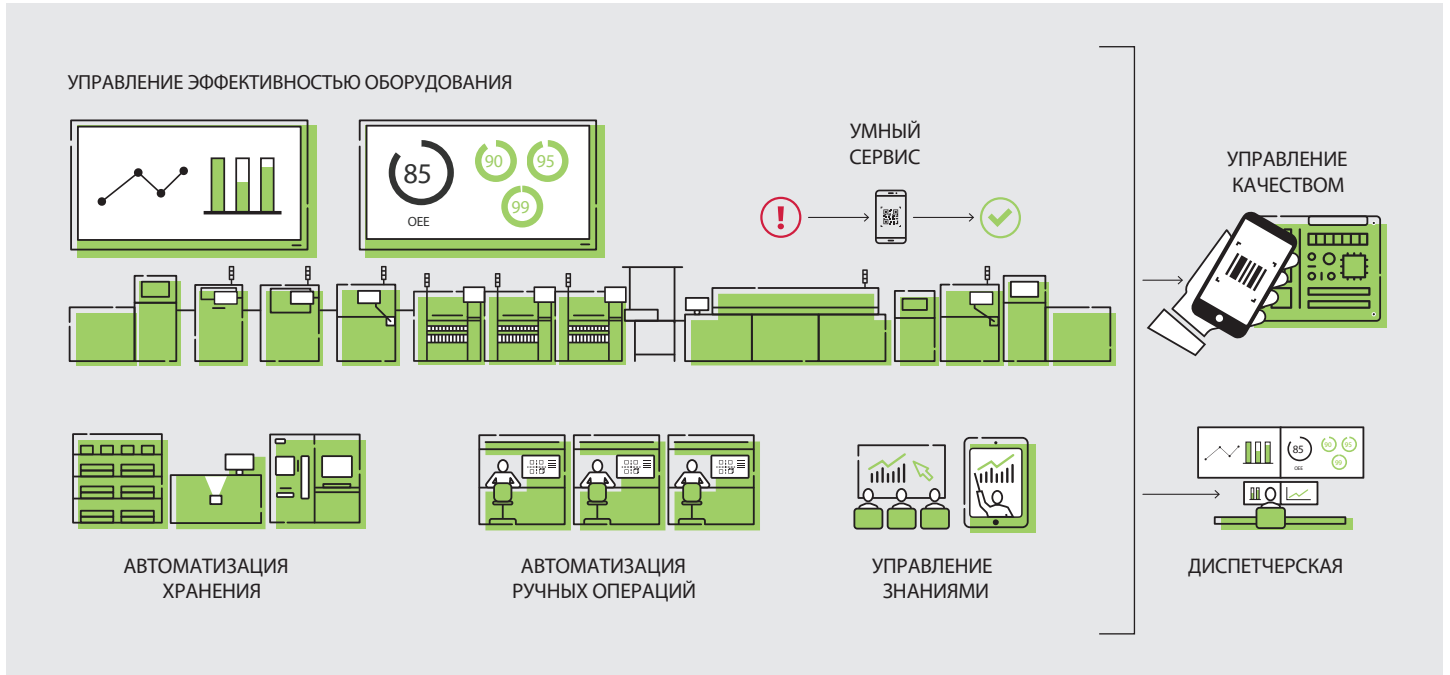
ляет исключить брак из-за неправильного хранения компонентов, сократить простои оборудования из-за некорректного учета и планирования закупок и, по сути, определяет, будет ли производство похоже на отлаженный механизм или на творческий беспорядок.

Чтобы обеспечить постоянный порядок на складах наших заказчиков, мы разработали решение Склад 4.0, позволяющее связать в единое целое работу роботизированного складского комплекса, оборудования и ERP-системы предприятия. Решение уже успешно применяется на действующих производствах.

С точки зрения инвестиций в производство наиболее значимым является оборудование, в том числе для поверхностного монтажа, пайки выводных компонентов, контроля качества и вспомогательных операций. Чтобы это оборудование работало эффективно и без простоев, необходимо иметь инструменты, позволяющие отслеживать его работу, анализировать любые отклонения и своевременно предпринимать корректирующие действия.

Эту задачу можно решить с помощью комплекса Умная линия, который позволяет получать и анализировать развернутую информацию о работе оборудования в режиме реального времени.

На многих производствах имеются рабочие места для ручных операций. Люди – не роботы, и ручные



Концепция цифрового сборочно-монтажного производства

операции несут в себе риски, связанные с человеческим фактором. Чтобы повысить уровень эффективности ручных операций и снизить риск человеческой ошибки, мы разработали и успешно внедряем комплекс Умное рабочее место.

Решение позволяет перевести всю документацию в электронный формат, распределить задачи между сотрудниками и контролировать выполнение производственной программы в режиме реального времени.

Таким образом, с помощью решений Умная линия и Умное рабочее место все производственные операции, как автоматизированные, так и ручные, будут отслеживаться в режиме реального времени с сопутствующим анализом эффективности.

Для бесперебойной работы производства важно обеспечить качественный и, главное, оперативный

сервис. Чтобы скорость реакции на обращение была максимально быстрой, а заказчику на оформление обращения не требовалось много времени, мы разработали мобильное сервисное приложение. Как это работает: на каждом станке размещен уникальный QR-код, у оператора на смартфоне установлено приложение Ostec Service; оператору станка достаточно отсканировать QR-код и заполнить заявку в несколько кликов, приложив при необходимости фото и видео. Через несколько секунд заявка в работе!

Не менее важной составляющей эффективности производства является квалификация персонала. В идеале нужно, чтобы сотрудники понимали технологию, владели основами использования оборудования и его обслуживания, а также были в курсе возможностей последней версии программного обеспечения станков. Но в реальной жизни существует



Мониторинг производственного процесса



Работа с приложением Умный сервис



Комплекс Умное рабочее место



Комплекс Умная линия

текучка кадров, есть дефицит средств и времени на повторное обучение персонала и повышение квалификации.

Для оптимизации времени и затрат на повышение квалификации специалистов заказчиков мы разработали систему онлайн-обучения Академия технологий Остек-СМТ. Наши заказчики могут получать знания дистанционно, без отрыва от производства.

Для любого предприятия важно, чтобы производимая им продукция была качественной. Для обеспечения качества недостаточно просто поставить средства контроля – важно иметь целый комплекс инструментов управления качеством. Мы их предусмотрели. Цифровое сборочно-монтажное производство включает в себя широкий спектр инструментов и технических решений, позволяющих предупреждать возникновение дефектов, анализировать статистику их возникновения, выявлять причинно-следственные связи, паспортизировать и анализировать историю производства конкретного изделия, предупреждать последствия человеческой ошибки и автоматически корректировать параметры технологического процесса. Эффективное

управление производством требует одновременного и оперативного контроля множества разрозненных показателей. Наш комплекс сводит всю значимую информация воедино в диспетчерском центре, делая процесс мониторинга максимально удобным. В режиме реального времени можно отслеживать ситуацию в области качества, технологии, выполнения производственной программы и технического состояния оборудования, а также оперативно реагировать на отклонения.

Большинство из перечисленных решений уже знакомы или внедрены на многих предприятиях. Однако максимально полный эффект может обеспечить только внедрение всего комплекса Цифрового производства, а не его отдельных составляющих. Это позволит существенно повысить прозрачность, эффективность и управляемость всех производственных процессов.

Концепция цифрового производства может быть реализована на вашем предприятии уже сегодня. Специалисты Остек-СМТ готовы рассказать вам подробнее о комплексе и помочь с подбором оптимальной конфигурации для решения ваших производственных задач.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РУЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ

ДИСПЕТЧЕРСКАЯ

ostec-smart.ru

Евгений Липкин
Генеральный директор Остек-СМТ



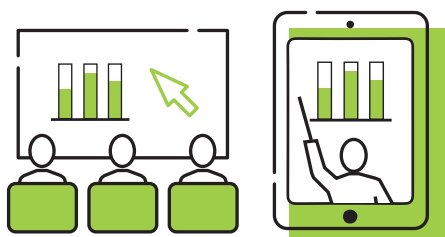
ostec-smart.ru/media

смотреть видеобзор

АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ



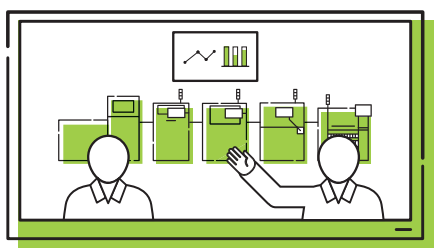
ostec-smart.ru/media



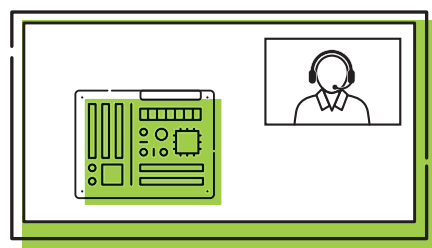
СЕМИНАРЫ
ОНЛАЙН И ОФЛАЙН



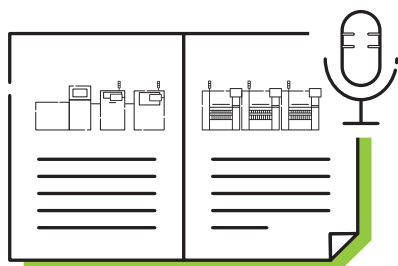
ВИДЕООБЗОРЫ
РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ



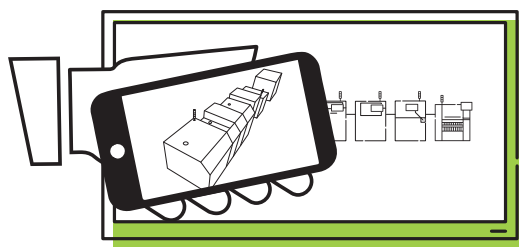
РЕПОРТАЖИ И КЕЙСЫ
С ПРОИЗВОДСТВ



ВИДЕОПРЕЗЕНТАЦИИ
И ЗАПИСИ ВЕБИНАРОВ



ЭКСПЕРТНЫЕ
СТАТЬИ И ИНТЕРВЬЮ



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ПРИЛОЖЕНИЯ

ОБЗОР КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ «УМНАЯ ЛИНИЯ»

За годы работы в радиоэлектронном сегменте мы видели множество производств, оснащенных, казалось бы, одинаково, но при этом работающих с разным уровнем производственной эффективности и качества. Одни производят продукцию в спокойном распланированном режиме и отгружают ее без задержек, у других – постоянный адреналин: авралы, неритмичная работа и срывы сроков отгрузки.

В результате исследований на нескольких десятках предприятий, мы обнаружили интересный факт – руководителям для принятия правильных и своевременных управленческих решений часто не хватает информации о реальном состоянии производства. Мы решили исправить ситуацию и разработали комплексное решение «Умная линия», которое состоит из лучшего в своем классе технологического оборудования и программного обеспечения, объединяющего станки и производственный персонал в общий информационный контур.

«Умная линия» является частью цифрового сборочно-монтажного производства. Она включает в себя широкий спектр инструментов для оптимизации качества выпускаемой продукции, мониторинга состояния технологического оборудования, автоматического учета операций и паспортизации производственного процесса.

Рассмотрим основные возможности «Умной линии», которые помогают максимально использовать потенциал оборудования для сборки и монтажа радиоэлектронной

аппаратуры и существенно повысить эффективность производственного процесса.

«Умная линия» позволяет связать оборудование в единый информационный контур. Перечень подключаемых объектов состоит, в первую очередь, из оборудования для поверхностного и выводного монтажа, а также системы инспекции и контроля качества. Все данные о работе оборудования стекаются в единый центр – на сервер. Наличие такого массива данных, обновляемого в реальном времени, позволяет осуществлять мониторинг множества технологических и производственных показателей и своевременно реагировать на отклонения.

Для удобства наших заказчиков все данные представлены в обработанном наглядном виде – не нужно тратить время на изучение огромных таблиц. Вся статистическая и аналитическая информация в «Умной линии» показана в наглядной графической форме в виде трендов и диаграмм, а также в виде различных отчетов. Мониторинг и контроль производственного процесса могут осуществляться как на экранах на участке или в кабинетах, так и удаленно через мобильное приложение, установленное на смартфоне или умных часах.

Процесс импортозамещения в нашей стране сформировал у современных заказчиков, в том числе и государственных, новые требования к процессу производства высокотехнологичной продукции. Среди них – обеспече-



Комплекс Умная линия



Комплекс Умная линия

ние прослеживаемости. То, что в мире уже давно стало стандартным для ряда отраслей, теперь пришло и к нам.

Сегодня необходимость формирования цифрового паспорта изделия с детальной историей его производства, перечнем использованных компонентов и информацией о контроле качества из возможных опций превратилась в обязательное условие. «Умная линия» позволяет сформировать такой цифровой паспорт и при необходимости проанализировать историю конкретного изделия. Более того, «Умная линия» имеет возможность интеграции с программным обеспечением «Умное рабочее место». Это позволяет организовать паспортизацию и прослеживаемость процесса производства продукции и на ручных операциях.

Благодаря тому, что комплекс «Умная линия» собирает данные одновременно с контрольно-инспекционного и технологического оборудования, у пользователя системы появляются дополнительные инструменты управления качеством продукции:

- можно в режиме реального времени отслеживать показатели качества, например, уровень выхода годных и статистику дефектов;
- можно анализировать причинно-следственные связи, которые привели к возникновению дефектов. Например, можно сопоставить отклонения в па-

раметрах работы оборудования и рост количества дефектов;

- можно формировать развернутые статистические отчеты по качеству продукции с детализацией статистики дефектов до каждого компонента на плате.

Программное обеспечение «Умная линия» полностью разработано командой программистов Остек-СМТ. Кроме правового статуса отечественного программного обеспечения, это дает нашим заказчикам ряд удобств. Так, интерфейс пользователя полностью на русском языке, в том числе и полезная база знаний по технологии. Продукт учитывает отечественную специфику и ограничения, что делает процесс его внедрения легче и быстрее, в том числе на предприятиях с ограничениями в области ИТ. Также мы стараемся оперативно реагировать на пожелания пользователей «Умной линии» и регулярно внедряем новые полезные функции.

На сегодняшний день комплексное решение «Умная линия» уже реализовано на десятках российских радиоэлектронных предприятий, где активно помогает нашим заказчикам эффективно и в срок выполнять производственные задачи.

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



Денис Чернов
Заместитель генерального директора Остек-СМТ



смотреть видеобзор

ostec-smart.ru/media

ОБЗОР КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ «УМНОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО»

Известно, что российское приборостроение имеет свою четко выраженную специфику, которая обусловлена большим количеством ручных технологических операций. Это связано с несколькими факторами: компонентной базой, технологическими процессами производства, утвержденными государственными и отраслевыми стандартами и так далее. При этом некоторые предприятия отрасли имеют в своем штате сотни и даже тысячи сотрудников, выполняющих ручные операции монтажа, сборки, настройки, контроля.

Оперативное управление таким производством – это функционал MES-системы предприятия. Но действительность такова, что на предприятии либо еще не внедрена система управления производством, либо она не дотягивается до уровня рабочего места. И в том, и в другом случае участок выполнения ручных операций – это информационная «черная дыра», данные из которой поступают крайне скудно, медленно и точно не в режиме реального времени.

Рассмотрим простой пример одного из производств. Задания на участке распределяются вручную, учет выполненных операций ведется на бумаге в виде отметки о выполнении: дата, ФИО, подпись. Иногда ставится штамп для особо ответственных сотрудников. При этом автоматизированная система управления предприятием имеет возможность, а руководство предприятия – потребность, вести пооперационный учет производимой продукции. Но монтажники на местах с этой системой не работают. Заносить в систему информацию о выполнении в конце смены должен мастер участка.

А теперь представим, что на участке 20 человек, каждый ежедневно работает с 10 изделиями и выполняет по пять операций с каждым изделием. Нехитрый подсчет показывает, что мастер вечером должен занести в систему информацию о 1 000 выполненных операций. Очевидно, что это нереально. При этом современные требования заказчиков к прослеживаемости и паспортизации заставляют предприятия вести полную историю производства продукции и ее качества.

Мы взяли за решение этой задачи и разработали комплекс «Умное рабочее место». Это уникальное решение – оно позволяет организовать прослеживаемость и паспортизацию на производствах радиоэлектроники и существенно повысить производительность ручного труда.

«Умное рабочее место» охватывает все ручные операции: монтаж, сборку, настройку, контроль, ремонт и ведет пооперационный учет, контролируя последовательность выполнения этих операций. Рассмотрим основные возможности комплекса «Умное рабочее место».

Комплекс призван минимизировать наличие на производстве бумажных носителей информации, поэтому конструкторская и технологическая документация для выполнения операций используется только в электронном виде. А интеграция «Умного рабочего места» с PDM- и PLM-системами обеспечивает доставку только актуальной информации напрямую от конструкторов и технологов. Это позволяет исключить брак, связанный с некорректной документацией на рабочих местах, а также сократить



Комплекс
Умное рабочее место

задержки на сбор старой, копирование и раздачу новой документации. Вся документация выводится на сенсорные мониторы на рабочих местах, что обеспечивает удобство сотрудников при работе с чертежами и экономию места на рабочей поверхности стола.

Каждый сотрудник после завершения операции делает отметку в системе. Сразу же после нажатия кнопки информация передается на сервер «Умного рабочего места» и поступает в учетную систему предприятия в режиме реального времени. Это значит, что в любое время можно узнать, сколько изделий и с каким качеством произведено на текущий момент, а также оценить объем незавершенного производства. Актуальная информация об объеме выполненных операций и собранных изделий выводится в наглядной форме на экраны, что позволяет наблюдать за динамикой производства и оперативно реагировать на отклонения в выполнении плановых показателей.

Комплекс «Умное рабочее место» может быть интегрирован с учетной информационной системой предприятия, а также с другими составляющими цифрового сборочно-монтажного производства.

Одной из тенденций Индустрии 4.0 является формирование цифрового паспорта изделия, который содержит всю информацию об истории его производства. «Умное рабочее место» позволяет сформировать цифровой паспорт, который будет отражать, какие сотрудники и когда выполняли операции с данным изделием. Более того, если на предприятии помимо ручного труда используется автоматическое оборудование для поверхностного монтажа с программ-

ным комплексом «Умная линия», то будет формироваться единый цифровой паспорт, включающий и ручные, и автоматические операции. Конечно же, в любой момент цифровой паспорт можно распечатать, и он превратится в бумажный.

Паспортизация производства позволяет предприятию организовать сквозную систему прослеживаемости, которая сегодня становится обязательным требованием для многих отраслей.

Программное обеспечение «Умное рабочее место» – это российская разработка, которая полностью учитывает отечественную специфику и ограничения в части ручных операций.

Например, в случае дефицита компонентов выполнение конкретной ручной операции может быть приостановлено, а после прихода нужных компонентов – продолжено. При этом производство всегда будет знать, работа с какими изделиями приостановлена.

«Умное рабочее место» – это полностью готовое к внедрению решение с возможностью расширения функционала по требованию заказчика. Комплекс установлен и успешно эксплуатируется на ряде российских производств, а также интегрирован с MES- и ERP-системами этих предприятий.

Контроль соблюдения технологии, анализ эффективности персонала, управление качеством производимой продукции – это лишь малая часть того, что мы уже реализовали. И мы не стоим на месте!

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



Денис Чернов
Заместитель генерального директора Остек-СМТ



смотреть видеобзор

ТЕХПОДДЕРЖКА

Конвекционная система пайки Ersa EXOS 10/26: как избежать пустот

По материалам издания EPP Europe

Сегодня конвекционная пайка оплавлением является предпочтительным методом при поверхностном монтаже электронных сборок во всем мире. В сочетании с разработкой компонентов эта технология может гарантировать непреодолимую и растущую плотность интеграции в мобильных устройствах. Но даже классические области, такие как силовая электроника, компоненты, монтируемые в отверстия, все больше трансформируются в мир технологии поверхностного монтажа (SMT).

Одной из проблем паяных соединений SMT являются пустоты – газовые включения, которые образуются в паяных соединениях при повторном оплавлении паяльной пасты. В зависимости от их размера и положения они уменьшают поперечное сечение соединения, что приводит к значительному снижению рассеивания тепла, например, в случае силовых полупроводников или светодиодов с нижним расположением монтажных площадок. В результате возникает риск термической перегрузки компонента, что в худшем случае приведет к его выходу из строя.

Даже явно низкая пористость в 3-5 % влияет на рассеяние тепла и увеличивает термическое сопротивление, провоцируя возникновение «горячих точек». Чтобы предотвратить это, необходимо уменьшить количество пустот в паяных соединениях до абсолютного минимума и, таким образом, обеспечить низкий уровень повторяемости образования пустот при серийном производстве.

Производство электроники: повышенный спрос на паяные соединения с малой пористостью

Ответом компании Ersa на растущий спрос паяных соединения с малой пористостью в производстве электроники, прежде всего в силовой, стала EXOS 10/26 – система вакуумной пайки оплавлением с 11 обычными зонами нагрева (сверху и снизу), тремя контурами нагрева вакуумной камеры и четырьмя зонами охлаждения (сверху и снизу). Вакуумная камера является частью пикового технологического участка, с её помощью можно уменьшить

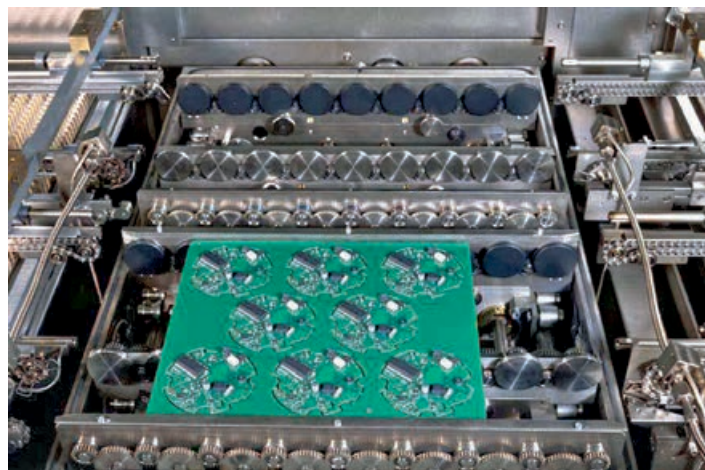


1 Ersa EXOS 10/26 – система пайки оплавлением с вакуумным модулем

количество пустот почти на 100 % (в зависимости от пасты, компонента и печатной платы). В системе EXOS компания применяет хорошо зарекомендовавшие себя технологии, такие как зоны нагрева и охлаждения и интуитивно понятный интерфейс ERASOFT 5, которые используются в моделях Ersa семейства HOTFLOW. Системы пайки оплавлением были представлены на рынке более 30 лет назад и с тех пор установили отраслевой стандарт. «Для нас EXOS 10/26 является последовательным и логичным дополнением к нашим успешным системам пайки оплавлением HOTFLOW: EXOS на 100 % основан на успешных принципах Ersa, но обладает преимуществами нового поколения. Таким образом, в нашей системе пайки оплавлением используется хорошо зарекомендовавшая себя технология, и наши клиенты по-прежнему получают знакомое качество Ersa», – заверяет Юрген Фридрих, руководитель технологического отдела Ersa.

Благодаря интеллектуальным функциям с помощью этой системы можно изготавливать продукцию без пустот, обеспечивая особую экономичность. Например, при изготовлении светодиодного модуля на Ersa EXOS 10/26 процент пустот может быть уменьшен с 8,5 % (самая большая одиночная полость 2,2 %) до впечатляющих 0,5 % (самая большая одиночная полость 0,3 %). Помимо исключительной надежности процесса система обладает непревзойденной простотой обслуживания и доступностью отдельных узлов, что наглядно демонстрирует заказчику рассчитываемую экономическую обоснованность. Хорошо продуманная система транспортировки печатных плат в зоне подачи и выдачи из вакуумной камеры выгодно выделяет систему EXOS среди конкурентов в этом сегменте.

Для энергоэффективного охлаждения EXOS доступны три варианта комплектования системы (максимум четыре зоны охлаждения сверху и снизу).



2 Вакуумный модуль системы EXOS, оснащенный не требующим смазки конвейером

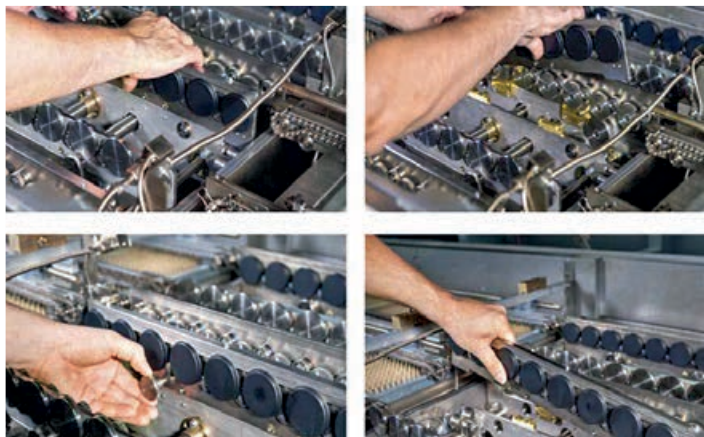
Таким образом, для каждого случая можно установить оптимальные режимы охлаждения, соответствующие любым требованиям.

Оптимальный температурный профиль при использовании вакуума

Нагрев вакуумной камеры осуществляется за счет контуров управления нагревом в крышке и в основании камеры. Контуров можно настраивать индивидуально в определенных допустимых диапазонах температур. Кроме того, вакуумная камера оснащена автономным средневолновым нагревателем, который также имеет свои преимущества. Как правило, вакуумная камера обладает очень большой теплоемкостью, которая, с одной стороны, гарантирует термическую стабильность во время пайки и вакуумирования, но с другой стороны, затрудняет регулировку температуры в этой области. Например, с помощью контуров управления нагревом в основании и крышке камеры можно установить базовый уровень энергии, а температурный профиль будет реализован с помощью средневолнового нагревателя.

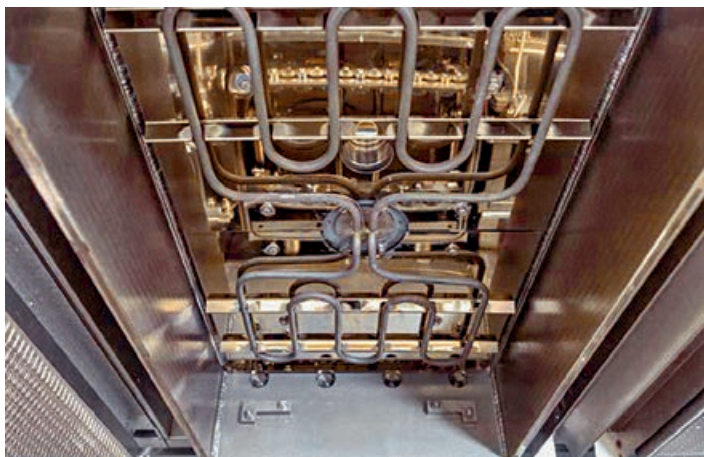
Таким образом, для изменения профиля можно регулировать только средневолновый нагреватель, что значительно сокращает время переналадки. Кроме того, можно установить более низкую температуру в крышке и в основании камеры, что значительно увеличит срок службы всех компонентов этого узла – подшипников, уплотнений и сварных швов. Описанное решение обеспечивает максимальную гибкость при отладке профиля.

Инженеры Ersa разработали систему нагрева по аналогии с другими недавно разработанными компонентами с учетом наилучшего сочетания функциональности, стабильности процесса и срока службы. Для клиента обеспечение преимуществ и дополнительной экономической выгоды всегда имеет первостепенное значение.



3

Система пайки волной припоя POWERFLOW N2



4

Инфракрасная средневолновая система нагрева в вакуумном модуле

Максимальная безопасность и простота обслуживания вакуумного модуля

Параметры вакуума, такие как заданный уровень давления и время выдержки при заданном уровне давления, можно регулировать отдельно, поэтому системы Ersa EXOS можно адаптировать в процесс пайки для конкретных изделий. Световые датчики контролируют входные и выходные зоны вакуумной камеры и, таким образом, обеспечивают максимальную надежность процесса. Благодаря этому процессу можно убедиться, что изделие не находится в зоне перемещения крышки камеры. Для вакуумной системы Ersa EXOS были разработаны специальные датчики. Приводы для открытия и закрытия камеры встроены в верхнюю часть технологического туннеля, что обеспечивает легкий доступ для проведения работ по техническому обслуживанию.

Вся вакуумная установка с компрессором, фильтрами и клапанами в основном интегрирована в каркас системы EXOS, поэтому занимает очень малую площадь – менее 2 м². Работы по техническому

обслуживанию можно проводить за пределами участка производства электроники, поскольку весь блок установлен на отдельном мобильном модуле, который легко снимается с системы за счет быстроразъемных креплений. Таким образом, время простоя сводится к абсолютному минимуму, а эксплуатационная готовность машины значительно увеличивается благодаря быстрому и удобному доступу ко всем узлам.


Безопасные процессы, максимальная производительность, минимальное воздействие на экологию

Еще одна особенность модульной системы EXOS – это система транспортировки, разделенная на четыре сегмента. Зона подачи, зона предварительного нагрева с пиковой зоной, вакуумный модуль и зона охлаждения оснащены собственной системой транспортировки. Благодаря отдельной системе транспортировки в зоне подачи нет необходимости во внешнем модуле ввода. Дополнительный двухрядный конвейер (для печатных плат форматом до 400 × 280 мм) обеспечивает максимальную пропускную способность наряду с оптимальным контролем печатных узлов, идеальной синхронизацией и превосходными возможностями перехода. Интегрированный модуль подачи выполняет одновременную загрузку сборок на оба конвейера системы EXOS, поэтому они одновременно попадают в вакуумную камеру.

Благодаря динамичной скорости транспортировки в охлаждающем модуле печатные узлы выходят из системы с пониженной температурой, что исключает время ожидания для дальнейшего перемещения на последующую операцию. Для транспортировки применяются разные типы конвейеров, поэтому могут быть реализованы различные требования к технологическим полям и весу изделий.

Высокое качество сборки и доступность машины благодаря роликовой системе транспортировки

Вакуумная камера оснащена устойчивой быстросменной роликовой системой транспортировки, которая не требует смазки. Таким образом, с одной стороны, был выбран метод транспортировки, не требующий технического обслуживания, с другой – отсутствует опасность осаждения смазки на печатном узле во время процесса вакуумирования.

Ersa EXOS предлагает идеальное решение, позволяющее существенно повысить надежность паяных соединений вакуумной пайкой, обеспечивающей минимальное количество пустот в паяных соединениях в сочетании с большей гибкостью системы. 

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

Любовь с техникой взаимна...



4,9 / 5

оценка клиентской
удовлетворенности*

*По данным пользовательских оценок в Service Desk
на 01.01.2022

...когда есть надежные руки

50+

квалифицированных
сервис-инженеров

24 / 7

обработка заявок
в Service Desk

Nº1

самый крупный РФ центр
технологий и обучения

25 000+

единиц инсталлированного
оборудования

4000+

наименований комплектующих
на складе