

01 (59) апрель 2024

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал

**ТЕХНОЛОГИИ**  
Алексей Симонов

**12** ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛНОВОДЫ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКСИНИТРИДА  
КРЕМНИЯ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
ФОТОНИКИ

**ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА**  
Денис Поцелуев

**28** ФЛЮС-ГЕЛЬ  
«СОЛИУС ФГ-018»:  
ЧЕМ ПАЯЮТ РОССИЙСКИЕ  
СПЕЦИАЛИСТЫ

**Академия  
технологий  
Остек-СМТ**

**52** ПРОИЗВОДСТВО В СТИЛЕ SMART:  
КОНЦЕПЦИЯ И ТЕХНИКА

РЕШЕНИЯ FLEX: ОПТИЧЕСКИЙ  
И РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ



**HIGH END решения  
для самых амбициозных задач**

Строим производства электроники мирового уровня



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



### *Дорогие читатели!*



Перед вами специальный выпуск нашего журнала, приуроченный к выставке «ЭкспоЭлектроника 2024». Сравнивая предстоящую выставку с мероприятием прошлого года, я могу предположить, что она снова выйдет на новый уровень не только по масштабам, но и по качеству.

Новое качество выставки в моем понимании – это активный интерес экспонентов и посетителей, широко представленные новые отечественные решения, оборудование, ЭКБ и ПО. Конечно, у всех свои критерии, но хочется, чтобы у каждого из нас осталось чувство, что отрасль адаптируется, перестраивается, что она «живая» и поступательно развивается.

И эти слова мы точно можем сказать о нас, об Остек. В этом номере журнала наши авторы представляют новые идеи, концепции, решения, оборудование и технологии. И их столько, что в этом году мы запланировали выпуск нескольких номеров. Получая от вас обратную связь, мы видим, что вы по-прежнему ждёте печатные номера журнала «Вектор высоких технологий» наравне с электронной версией. Поэтому мы их обязательно напечатаем и отправим всем подписчикам.

До встречи на страницах наших журналов и в наших социальных сетях!

С уважением,  
Антон Большаков



Телеграм

[https://t.me/ostec\\_news](https://t.me/ostec_news)



ВКонтакте

[https://vk.com/ostec\\_group](https://vk.com/ostec_group)

# В НОМЕРЕ

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

КОНЦЕПЦИЯ SMART: КАК СТРОИТЬ ПРОИЗВОДСТВА  
МИРОВОГО УРОВНЯ В РОССИИ. . . . . 4

## ТЕХНОЛОГИИ

ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛНОВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ОКСИНИТРИДА КРЕМНИЯ:  
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОНИКИ . . . . . 12

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
ПРИ СОЗДАНИИ ЧИПЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МОСТОВЫХ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ . . . . . 20

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

ФЛЮС-ГЕЛЬ «СОЛИУС ФГ-018»:  
ЧЕМ ПАЯЮТ РОССИЙСКИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ . . . . . 28

## КАЧЕСТВО

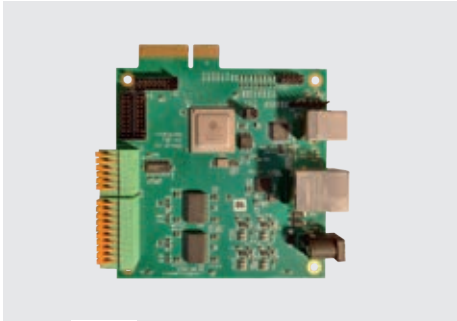
ТЕСТОПРИГОДНОСТЬ ЭКБ ИЗ КНР . . . . . 34

СЕРВЕРНЫЕ БЛОКИ ПИТАНИЯ?  
ИСПЫТАЕМ И РАССКАЖЕМ, КАК! . . . . . 38

ИЗМЕРИТЕЛЬ Е7-35: ЗАЧЕМ ОН НУЖЕН? . . . . . 42



ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА стр. 28



КАЧЕСТВО стр. 34



КАЧЕСТВО стр. 42





ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 46

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**СИСТЕМА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПАЙКИ –  
НАДЕЖНЫЙ ПОМОЩНИК ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССАХ ПАЙКИ . . . . 46**

Автор: Егор Колесников

## АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ

**ПРОИЗВОДСТВО В СТИЛЕ SMART: КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА . . . . . 52**

**ПРОИЗВОДСТВО В СТИЛЕ SMART: ТЕХНИКА РЕШЕНИЯ . . . . . 55**

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ . . . . . 60**

**ОБЗОР РЕШЕНИЯ FLEX:РЕНТГЕН . . . . . 62**

**ОБЗОР РЕШЕНИЯ FLEX:РОБОТОИНСПЕКЦИЯ . . . . . 64**

**ОБЗОР РЕШЕНИЯ FLEX:СМАРТ-АОИ . . . . . 66**

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

**FLEX ПОЛТОРА ГОДА СПУСТЯ: ПРАКТИКА ПОДТВЕРЖДАЕТ  
ВОСТРЕБОВАННОСТЬ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО  
ПОСТРОЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ . . . . . 70**

## АВТОРЫ НОМЕРА

**Юрий Ковалевский**  
Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

**Алексей Симонов**  
Главный специалист Технического  
управления  
ООО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru

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

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

**Алексей Иванов**  
Продукт-менеджер  
ООО «Остек Электро»  
ostelectro@ostec-group.ru

**Тимофей Максимов**  
ООО «Остек Электро»  
ostelectro@ostec-group.ru

**Дмитрий Еремин**  
инженер-схемотехник отдела  
разработки радиоэлектронных средств  
ООО «Остек Электро»  
ostelectro@ostec-group.ru

**Егор Колесников**  
ведущий специалист Направления  
оснащения рабочих мест  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

# Концепция SMART:

как строить производства  
мирового уровня в России

Беседовал Юрий Ковалевский

”

Команда Остек-СМТ уже более трех десятков лет помогает создавать в России производства электронной аппаратуры, не уступающие по своему технологическому уровню, эффективности и качеству продукции мировым производителям. В 2022 году на рынке производства электроники в нашей стране произошли существенные изменения, и Остек-СМТ ответил на эти вызовы, предложив своим заказчикам не просто новые решения, а полноценные концепции, позволяющие строить производства мирового уровня в России в новых условиях. Технический директор ООО «Остек-СМТ» Александр Владимирович Завалко рассказал о концепции SMART, о том, что лежит в ее основе, что является ее составляющими, на каких заказчиков она ориентирована и чем отличается от концепции FLEX – еще одного решения Остека для создания производств в текущих условиях. А также поделился своим взглядом на состояние отрасли, стоящие перед ней задачи и наиболее перспективные направления ее развития.

**Александр Владимирович, почти два года прошло с того момента, когда на нашем рынке произошли серьезные и, главное, очень стремительные изменения. Как бы вы оценили рынок сборочных производств электроники в России сейчас? Оправился ли он от этого шока, если это можно так назвать?**

На мой взгляд, не оправился. Дело в том, что типичный цикл принятия решений и логистическое плечо на нашем рынке составляют не менее года. Так было раньше, так есть и сейчас. Более того, из-за логистики и ряда других вопросов в настоящее время длительность цикла выросла. Конечно, я сейчас говорю о серьезных проектах. Они зачастую связаны со строительством производственных помещений, наймом персонала и прочими весьма небыстрыми процессами. Немало времени занимает поставка оборудования и даже компонентов сложной техники. Сроки здесь порой достигают года-двух, в особенности, если решения заказные. Все эти процессы – медленные на фоне скорости развития тех событий, о которых вы говорите. Чтобы «колебания улеглись», как известно из технических наук, должно пройти как минимум три характерных периода, а прошло лишь менее двух лет.

Кроме того, нельзя сказать, что ситуация изменилась один раз, скачком. При землетрясении есть основной толчок, но за ним могут последовать афтершоки. В отрасли происходят похожие процессы: за первыми, наиболее существенными, изменениями следуют менее значимые, но они всё же происходят. Воздействия на рынок продолжают, и на них приходится реагировать.

Поэтому я не сказал бы, что отрасль выучила «новые правила игры» и теперь живет по ним, просто потому что «новых правил» еще не существует, правила продолжают меняться. Участники рынка ищут способы, как реагировать на эти изменения, адаптироваться к меняющимся условиям и, конечно, как обратить ситуацию в свою пользу.

Но вместе с тем ситуация, конечно, смягчается. Если говорить именно о сегменте оборудования для приборных производств, я вспоминаю выставку ExproElectronica, которая проходила в апреле 2022 года – то есть когда ситуация была совсем «свежая». В первый день практически всех посетителей интересовали исключительно компоненты. Им нужно было решать острые, сиюминутные проблемы с комплектацией, когда разрушились привычные цепочки поставок. Но уже на второй день многие из них, увидев возможные способы решения этих насущных проблем, стали интересоваться оборудованием. А на выставке 2023 года в целом уже присутствовало понимание, как работать в новых условиях и куда двигаться дальше; чувствовалось, что участники рынка решают уже более стратегические вопросы.



Технический директор ООО «Остек-СМТ» А. В. Завалко

**Вы описываете условия, в которых работает отрасль, как весьма турбулентные. Как в таких условиях удастся не только действовать ситуативно, но и думать о будущем?**

У человека, который не думает о будущем, своего будущего нет: его будущее придумают за него. Поэтому, конечно, о будущем нужно думать в любом случае.

Турбулентность ситуации означает только одно: те задачи, которые раньше решались, условно говоря, за пять лет, теперь нужно решать за три года. И, соответственно, нужно искать подходы, которые позволяют это делать. Понимая это, мы разработали концепцию SMART, которая направлена именно на то, чтобы помочь строить в России производства электроники мирового уровня в гораздо более сжатые сроки.

**Как это работает на практике? За счет чего можно сжать сроки создания производств?**

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно сначала обрисовать «классический» подход, то есть то, как строились производства традиционно. Это выглядело примерно так: приезжает начальник производства, и он хочет погрузиться во все детали по предлагаемому оборудованию, всё досконально проработать с технологическим запасом на несколько лет, потому что у него есть выделенное

финансирование, и оно, по сути, разовое: в следующий раз бюджет будет выделен нескоро. Он не торопится, потому что решает задачу на много лет вперед. Мы можем целый день обсуждать с ним только одну позицию, например установку трафаретной печати, и даже не дойти до реальных экспериментов. И так, шаг за шагом, прорабатывается весь проект.

С одной стороны, это хорошо, потому что заказчик подходит к вопросу осознанно, всё тщательно изучает, мы прорабатываем с ним все детали. Но с другой стороны, это очень долго и трудоемко. Даже плановая проработка проекта может быть рассчитана на целый год. Я работаю в Остеке с 2007 года, и вплоть до 2022 года такой подход был основным.

### Те задачи, которые раньше решались, условно говоря, за пять лет, теперь нужно решать за три года

Могу привести конкретный пример, чтобы было понятно, насколько это длительный процесс. В 2018 году один из наших заказчиков начал прорабатывать идею локализации в России производства систем хранения данных (СХД) и серверных плат. Тогда еще не было такого жесткого давления по локализации производств, как сейчас, но бизнес-идея у предприятия возникла, и они обратились к нам – с предварительным и очень, скажем так, аккуратным запросом. В 2019 году заказчиком были получены от нас первые коммерческие предложения. Выход на договоры по заказу оборудования состоялся в 2020 году. В 2021 году было запущено первое, сравнительно небольшое производство, и была проведена отладка технологии. А уже в 2022–2023 годах было выполнено масштабирование, в результате которого заработало крупное серийное производство. Проект является весьма успешным, он был хорошо проработан, но несложно посчитать, что его реализация заняла пять с лишним лет.

В нынешних условиях очень скрупулезная поэтапная проработка невозможна: если два года заниматься только подбором решения для производства продукта, то за это время изменятся компоненты этого решения, а вполне вероятно, что поменяется и ситуация на рынке, для которого данный продукт предназначен. Замечу, что это характерно не только для России: активные изменения происходят на глобальном уровне. Поэтому мы задумались, что мы можем сделать,

чтобы сжать этот процесс во времени, при этом не потеряв в качестве проработки проекта. Ответом на этот вызов стала концепция SMART. Этот бренд появился у нас недавно, но база для данной концепции, по сути, сформировалась много раньше.

Первое, на чем базируется наше решение, – это накопленный за многие годы опыт. Когда продукты и параметры производства похожи, то похожи и организация производства, и «детские болезни», без которых не обходится ни один проект, создаваемый с нуля, даже если он очень тщательно проработан. Никогда не бывает такого, чтобы привезли оборудование, запустили и сразу вышли на проектную мощность и плановые показатели по качеству.

Мы строим крупные производства с 2008 года, выполнили большое количество проектов. Например, один из проектов – по созданию производства в Калининградской области – был крупнейшим в России, если не во всей Восточной Европе. Поскольку производство одних, допустим, материнских плат для ПК похоже на производство других материнских плат для ПК, можно существенно сократить время и на подбор оборудования, и на отработку технологии, если опираться на опыт, полученный при выполнении подобных проектов.

Вторая основа SMART – концепция «Цифровое сборочно-монтажное производство», которую наша компания развивает с 2016 года, как ответ на развитие применения цифровых и роботизированных решений в промышленности. Это наш ответ на «Индустрию 4.0». Кстати, тогда же и появился первый собственный продукт в рамках данной концепции – программно-аналитический комплекс «Умная линия».

Сегодня результатом реализации проекта SMART является сбалансированная цифровая экосистема производства, включающая и оборудование, и цифровые решения. Таким образом, слагаемые концепции SMART появились у нас достаточно давно, а сейчас мы просто используем имеющиеся инструменты для того, чтобы быстрее подобрать оборудование, адаптировать решение под конкретную задачу и тем самым помочь заказчику в максимально сжатые сроки создать производство мирового уровня.

### Что вы понимаете под производством мирового уровня? По каким критериям можно оценить, удалось ли его создать?

Это важный вопрос, потому что существует стереотип, что производство мирового уровня – это обязательно огромное производство, в которое вложены миллиарды. Однако с нашей точки зрения, это понятие означает прежде всего эффек-



тивность и конкурентоспособность на мировом рынке. В идеале такое производство должно успешно экспортировать свою продукцию, а по меньшей мере – быть конкурентоспособным на внутреннем рынке в том числе на фоне зарубежных производителей. Иными словами, то, что производство соответствует мировому уровню, должен доказать покупатель – рублем, долларом, юанем...

В России есть примеры таких производств: в области энергетического оборудования, релейной связи и др. Есть множество продуктов, связанных с приборостроением, которые уже давно и успешно экспортируются. К сожалению, этот факт, может быть, не так широко известен. Возможно, здесь не хватает поддержки российской продукции как бренда. Мы видим, как продвигают себя другие страны, и конечно, хотелось бы, чтобы такая поддержка была и у наших производителей.

Почему еще мы можем говорить, что мы строим производства мирового уровня. Начиная примерно с 2018–2019 годов некоторые заказчики при реализации проектов стали привлекать иностранных консультантов – экспертов с большим опытом аудита производств крупных глобальных компаний во всем мире. Мы защищали свои технические решения перед иностранными экспертами – вплоть до демонстрации стабильности технологического процесса и замера производительности сборочных линий по секундомеру. И когда такой специалист высоко оценивает наши результаты, это о многом говорит.

Еще пример. Когда мы запускали одно из производств серверного оборудования, уже на этапе пилотного производства функциональное тестирование с первого раза проходили 90 % изделий, при том, что, когда сборка этих плат выполнялась у российского контрактного производителя, данный показатель составлял примерно 70 %, а при сборке у крупного контрактника в Юго-Восточной Азии – около 80 %. Изделие было то же самое. Такие количественные показатели позволяют уверенно говорить, что мы строим производства мирового уровня.

**Возвращаясь к SMART, в чем заключается сама концепция? Чем это отличается просто от использования вашего опыта как дополнительного преимущества при выполнении комплексных проектов для заказчиков?**

Суть концепции состоит в том, что производство – это не набор станков. Когда мы говорим о создании производства, речь прежде всего идет про результат. Заказчики не хотят оборудование, они хотят выпускать продукцию. Порой руководители предприятий, с которыми я общаюсь, так и говорят: «Если бы мы знали, как обойтись без производства, мы бы обошлись. Но по-другому не получается. Поэтому давайте думать, как это организовать». Просто

иногда без собственного производства не удастся достичь требуемого уровня качества, производительности, времени выхода на рынок и т. п.

С помощью только набора станков желаемого результата не достичь. Ни в России, ни за рубежом я никогда не видел, чтобы предприятие купило самое топовое оборудование, и сразу все проблемы решились. Более того, из личных наблюдений на заводах крупных глобальных контрактных производителей видно, что состав технологического оборудования зачастую весьма неоднородный. И у этого разнообразия есть разумное обоснование.

Поэтому концепция SMART, в отличие от распространенного на нашем рынке подхода комплексного оснащения, ориентирована не на то, чтобы предоставить заказчику некий «полный» набор оборудования, который при ближайшем рассмотрении может оказаться не таким уж и полным. Она ориентирована на то, чтобы на запрос заказчика: «Я хочу выпускать продукт с такими-то параметрами», мы ему предоставляли проработанное решение, позволяющее выпускать необходимый продукт с заданными параметрами.

**С нашей точки зрения, понятие «производство мирового уровня» означает прежде всего эффективность и конкурентоспособность на мировом рынке**

SMART-проекты мы реализуем, используя классический проектный подход, направленный на пошаговое движение в сторону достижения целей заказчика. Как правило, эти цели включают определенные показатели производственной эффективности, объема выпуска продукции, уровня качества и, скажем так, управляемости.

Такое сочетание классического проектного подхода с нашим опытом, экспертизой и есть суть концепции SMART. Мы запустили не одно производство, у нас есть опыт достижения плановых показателей. Мы отлично знаем, как надо строить производство и обеспечивать нужный результат с учетом конкретного продукта и условий бизнеса заказчика.

Это выкристаллизовалось с годами. И каждый наш опытный сотрудник может привести не один пример из практики, когда по истечении, допустим, года после запуска производства заказчик подтверждал, что технические решения проекта, не всегда очевидные в начале, оказались верными. Соблюдение первоначальной концепции создания

производства позволяет выйти на целевые показатели проекта. Это происходит в том числе потому, что неотъемлемой частью реализации проекта нашей командой является отладка процессов и поддержка в достижении целей, предъявляемых заказчиком. С 2021 года у нас сформировано специальное управление по реализации проектов. Эти профессионалы «за руку» проводят нас и заказчика через все вехи проекта, минимизируют риски внедрения. В чем здесь ценность для заказчика. Он может выбрать: пойти с нами по предлагаемой концепции, то есть довериться нам, опытному партнеру, либо идти своим путем и набивать шишки самостоятельно. В подавляющем большинстве случаев выбор в пользу концепции SMART позволяет достичь нужных проектных показателей и при этом ускорить проработку проекта, не теряя в качестве и глубине этой проработки.

И, конечно, мы опираемся не только на свой опыт. Мы в значительной степени используем мировую практику, международные технологические стандарты и практический опыт внедрения современных производственных решений. Благодаря международным партнерам нам удается оставаться на переднем крае технологических знаний и успешно применять эти знания в проектных решениях SMART.

### **Можно ли сравнить SMART с «коробочным решением» для производств электроники?**

В некотором смысле – да. Хотя я и говорил, что близкие по изготавливаемым продуктам производства имеют много общего, каждое из них так или иначе обладает своей индивидуальностью. В особенности это касается системы управления, которая уникальна для каждого предприятия. Единого стандарта нет нигде в мире. Технология чем-то похожа на приготовление того или иного кулинарного блюда: вроде бы ингредиенты одинаковые, рецепт одинаковый, но у одного повара получается вкусно, а у другого – нет. И причина того, почему у одного производителя из тех же компонентов и с той же последовательностью операций получается достичь целевых показателей, а у другого не получается, кроется в основном в двух вещах – в сотрудниках и в системе управления.

Персонал – это отдельная большая тема. Здесь мы помогаем заказчикам так же, как помогали и ранее: путем обучения, консультаций. У нас есть Академия технологий, которая сейчас стала развиваться активнее ввиду возросшего спроса на информацию. Мы стали использовать мессенджеры для консультаций и информирования заказчиков о новых решениях.

Возвращаясь к системе управления – как я уже сказал, здесь универсального решения нет. Те же MES-системы в полной мере коробочными не бывают, к сожалению.

В концепции SMART мы прежде всего стремимся в определенном смысле унифицировать компоненты решения для обеспечения соответствия текущим и перспективным технологическим требованиям. Это одновременно снижает риск ошибки при конфигурировании и сокращает логистическое плечо. Но есть нюансы, которые мы не можем игнорировать. Мы не можем предложить заказчику полностью типовое решение. Для сложных производств это не работает. Могу привести такой пример. В прошлом я бывал на российских производствах двух известных международных компаний. Я проводил для них консультации и тренинги. Казалось бы, обе компании из одной страны, культура похожа, продукцию они выпускали практически идентичную. И тем не менее внутри заводов всё было организовано по-разному.

Поэтому мы не навязываем организационные решения. Концепция SMART – это не бизнес-консалтинг в его жесткой форме, где говорят, как надо всё организовать вплоть до каждого рабочего места и каждой функции на предприятии. Мы понимаем, что серьезный заказчик думает о своем продукте и знает свой рынок лучше нас. С технологической точки зрения изделия могут быть похожи, а сегменты рынка, для которых они предназначены, могут быть сфокусированы на разных вещах. Например, в одном сегменте важнее надежность изделия, а в другом – себестоимость. И это, конечно, влияет на организацию производства.

В рамках концепции SMART речь идет о помощи в организации системы управления, но не о навязывании. Заказчик сам решает, что он хочет: скорость или минимальный расход ресурсов, а мы даем инструменты. В проект SMART включен центр управления производством на базе собственных разработок «Умная линия», «Умное рабочее место» и «Склад 4.0». Это ядро экосистемы предприятия, в котором консолидируется и обрабатывается ключевая информация о состоянии производственного процесса. А право решать, как распорядиться этой информацией, какие решения принимать на ее основе, остается за заказчиком.

### **Какие процессы перекрывает концепция SMART?**

Данная концепция, на наш взгляд, перекрывает базовую технологию приборостроения. Под этим я имею в виду следующие составляющие.

Прежде всего, это поверхностный монтаж – линия SMART SMT. Причем под разные задачи есть разные конфигурации. Есть исполнение, продуманное под

такие изделия, как серверные платы, платы для телекоммуникационного оборудования и т. п., то есть большие, насыщенные, сложные. Есть исполнение под более простые изделия, такие как материнские платы ПК, и оно ориентировано на более высокую производительность.

Далее – монтаж в отверстия. Здесь у нас есть такие решения, как линия для пайки волной SMART THT Wave и линия селективной пайки SMART THT Selective. Несмотря на то, что лет 20–30 назад казалось, что рынок монтажа штыревых компонентов будет сходиться на нет, сейчас видится, что это не так. Более того, примерно с 2014 по 2020 год почти все крупные мировые производители оборудования для монтажа в отверстия обновили свои линейки, представив новые версии автоматизированных установок для монтажа штыревых компонентов, более универсальные и гибкие. Мы также включили в концепцию SMART решения для этой технологии, в том числе автоматизированные.

Следующая немаловажная составляющая – это контроль качества, что включает не только классическое оборудование оптической инспекции и рентгеновского контроля, но и роботы с системой технического зрения, позволяющие автоматизировать визуальный контроль сложных изделий и конечной продукции, а также различные цифровые «помощники», которые помогают сотрудникам избежать ошибок.

Конечно, очень важный момент – решение для финишной сборки, линия SMART FAS. Для многих предприятий производство изделий не заканчивается на сборке печатных узлов. Когда предприятие выполняет финишные операции, ценность их продукции растет, растет добавленная стоимость. Однако на этом этапе много ручного труда, что создает серьезные риски в плане снижения качества и производительности. Поэтому мы уделили большое внимание организации эффективной финишной сборки.

Еще одна составляющая – решение для автоматизированного хранения компонентов и материалов «Склад 4.0». Это тоже важная часть концепции, и мы продолжаем ее развивать, расширяя функциональные возможности. Здесь нам очень сильно помогает обратная связь от заказчиков, которые активно пользуются автоматизированными складскими решениями.

И наконец, уже упомянутые инструменты цифрового производства – центр управления SMART Center. Это, по сути, диспетчерский центр, позволяющий постоянно получать информацию о параметрах производства. Мы эти решения активно развиваем, несмотря на изменившиеся обстоятельства. Например, наши инструменты позволяют получать данные на smart-часы, и в связи с уходом бренда, часы которого у нас использовались ранее, мы теперь применяем часы другого производителя, сохранив весь функционал. То есть мы не снижаем планку в новых условиях.

Перекрывая нашей системой управления всю цепочку от склада, поверхностного монтажа, монтажа в отверстия и до финишной сборки, мы предоставляем заказчикам тот «рычаг», который позволяет ему регулировать себестоимость, качество и производительность в зависимости от его требований.

**Около года назад в интервью нашему журналу генеральный директор компании «Остек-Умные технологии» Евгений Борисович Липкин рассказывал о решении FLEX. По вашему описанию подходы FLEX и SMART выглядят похожими друг на друга. В чем их отличия?**

Действительно, концепция FLEX, как и SMART, является нашим ответом на изменившуюся обстановку на рынке. Но в этих решениях заложены несколько разные подходы, и они предназначены для разных целей и разных заказчиков.

Концепция SMART направлена на создание производств без компромиссов – в том смысле, что если необходимо построить производство, направленное на сборку, например, сложных многопроцессорных серверных плат, то на нем должны в итоге собираться именно такие платы, и нет возможности согласиться на что-то меньшее. То есть нельзя сказать, что с учетом бизнес-ситуации на этой площадке будут собираться только однопроцессорные изделия.

В концепции FLEX фокус другой: она направлена на решение задач, где присутствует сильное ценовое давление. Эта концепция – для стартапов, малых предприятий, производителей сравнительно несложной техники, чувствительной к себестоимости, – иными словами, для компаний, которые существенно ограничены в своих возможностях. Мы знаем, как непросто в России развиваться малому и среднему бизнесу. Кроме того, существуют направления, в которых весьма высока ценовая конкуренция. Например, оборудование для АЗС. Этот рынок не закрыт для тех же китайских производителей, конкуренция там достаточно жесткая, а объемы не столь велики, чтобы отечественные компании могли с легкостью достигать конкурентной себестоимости продукции.

Для помощи таким компаниям и был создан комплекс решений FLEX. Здесь подход заключается в том, чтобы исключить всё лишнее, не жертвуя при этом ключевыми элементами, и тем самым снизить порог входа с точки зрения инвестиций для предприятий, для которых это важно, и получить максимальную отдачу от каждого вложенного рубля.

Конечно, оборудование FLEX имеет определенные ограничения. То, что, в соответствии со слоганом этой концепции, в ней нет ничего лишнего, только нужное, не означает, что в концепции SMART есть что-то лишнее. Просто задачи другие, и если заказчику нужно выпускать сложные изделия, ему, вероятно, потребуется решение SMART.



Наличие линейки проработанных решений также служит дополнительным ориентиром для нас и заказчиков. Если технические показатели в проекте заложены амбициозные, мирового уровня, а ресурсы, бюджет сформированы в минималистическом подходе «ничего лишнего», то мы можем «подсветить» нюансы, помочь выбрать правильную бизнес-модель. Обе концепции – результат нашей долгой и кропотливой работы по выбору решений, определению необходимых параметров оборудования и т. д., и они максимально оптимизированы под две разные бизнес-ситуации.

Таким образом, обе концепции про эффективность, но FLEX – больше про эффективность в сег-

### **Порядка 80 % тех проектов, которые к нам приходили, укладываются в предлагаемые подходы: либо в концепцию FLEX, либо в SMART**

менте, где критична цена продукции, а SMART – про эффективность в сегменте продуктов с высокой добавленной стоимостью, где определяющим является качество продукции. При этом под эффективностью мы понимаем как инвестиционную эффективность проекта, так и операционную эффективность будущего или существующего производства.

**Этих двух концепций достаточно, чтобы перекрыть потребности отечественных производителей, их продуктовые линейки, учесть особенности сегментов рынка, о которых вы упоминали?**

Конечно, FLEX и SMART не перекрывают все возможные варианты, которые можно вообразить, но могу сказать, что порядка 80 % тех проектов, которые к нам приходили, укладываются в предлагаемые подходы: либо в концепцию FLEX, либо в SMART.

Нужно понимать, что так или иначе у отечественной промышленности есть свои сильные стороны, свои перспективные направления, в определенном смысле – свой путь. На мой взгляд, наша отрасль не может и не должна развиваться по тому пути, по которому шел, например, Китай, то есть в направлении массовой бытовой электроники. Мы с вами сейчас находимся на территории, на которой когда-то располагался завод по производству телевизоров. Теперь этого завода нет. Этот путь потерян, и, наверное, в том, чтобы его возродить, особого смысла нет.

Но в России активно развиваются другие направления, прежде всего связанные с критической информационной инфраструктурой (КИИ). Сейчас просто

на глазах растет производство вычислительной техники (ВТ). Виден спрос. Растут баллы для признания изделий ВТ отечественными. Иными словами, в этой области видна динамика, и мы на регулярной основе получаем запросы применительно к производству ВТ самого разного плана – и планшетов, и ноутбуков, и серверных решений.

Надеемся, что будет развиваться и сфера телекоммуникационного оборудования, что появятся решения 5G, а может быть – и 6G. Телеком-направление мы тоже активно прорабатываем.

Можно назвать и некоторые другие области, в которых не исключен рост в ближайшее время, например энергетическое приборостроение. В целом, можно ожидать, что сейчас в основном работа будет сосредоточена на КИИ. Там еще предстоит многое сделать. Это важно, потому что наша страна должна быть самостоятельной в плане таких технологий. И всё, что связано с данной тематикой, полностью поддерживается нашими решениями.

Говоря об особенностях нашей отрасли, я бы отметил еще одну деталь. Хотя у нас население меньше, чем в Китае, и людей на производствах не хватает, мне кажется, что полная автоматизация, производства без персонала – не наш подход. Безусловно, мы работаем в направлении автоматизации, но тем не менее, мы стараемся не уходить, скажем так, от «очеловеченных» производств. В нашем подходе машина – всегда помощник человека. Она берет на себя рутину, тем самым повышая комфорт и делая работу человека интереснее. Мне кажется, что внедряя такие решения как коботы, полуавтоматические установки, можно повысить привлекательность производственных профессий и в то же время сократить инвестиции, поскольку автоматизация многих сложных операций требует очень дорогих решений, а человек может легко с ними справиться. Разумная автоматизация – еще один аспект, который мы учитываем в наших подходах.

**Вы сказали, что производство – это не набор станков. Но всё же оборудование лежит в его основе. Можно ли сравнить оборудование, которое применяется в проектах SMART, с решениями от ведущих мировых брендов, которыми, если можно так выразиться, были избалованы наши производители за предыдущие годы?**

Что касается избалованности, мы, как поставщик, долго работавший с такими брендами, возможно, как никто другой знаем, что все эти решения тоже не идеальные. Любое оборудование ломается, любой станок требует участия инженера. И не всегда очевидно, что лучше: сложная японская машина, которая не прощает ошибок и настраивать которую нужно долго учиться, или что-то менее совершенное, но более легкое в освоении.

Плюс к этому азиатские производители, на оборудовании которых основаны решения SMART и FLEX, интересны тем, что динамика их технологического развития выше, чем в Европе. Они, можно сказать, подвижнее, чем европейцы. Мы это хорошо видим. Нам есть, с чем сравнить. Это одна из причин, почему мы обратили внимание на Восточную и Юго-Восточную Азию. То есть мы руководствовались не только вопросами политической обстановки и минимизации рисков поставки.

Еще одна причина – у этих производителей большой внутренний рынок, а значит они могут проверить свое оборудование на собственном рынке, что, безусловно, большой плюс. Например, сейчас в нашем демозале представлен станок, который вышел на рынок в Китае в 2020 году. До нас он дошел только недавно, потому что 2020 год – это год начала пандемии коронавируса. И сейчас, в 2024, эта установка уже проверена на рынке, который больше европейского и американского вместе взятых.

Замечу, что одна из причин, почему мы не сразу после изменений на нашем рынке представили концепцию SMART, заключается в том, что мы должны были тщательно выбрать оборудование, подробно его изучить. А коронавирусные ограничения в том же Китае сняли только в январе 2023 года.

Мы хотим, насколько это возможно, предлагать проверенные решения, поэтому мы детально прорабатывали различные варианты. И то, что мы предлагаем сейчас, можно сказать, выстрадано.

Более того, в решениях SMART и FLEX присутствует и заказное оборудование, то есть сделанное специально для нас, по нашему техническому заданию.

Были даже ситуации, когда наши партнеры не понимали, почему мы просим сделать именно так. Наши требования казались им необычными. Тем не менее, они это делали, и когда такое оборудование попадало в Россию, оно подтверждало свою эффективность. Это показатель того, насколько важно знать специфику конкретного рынка.

### **Смотрели ли вы в сторону отечественного сборочного оборудования? Развивается ли это направление в России?**

В нашей стране давно предпринимаются попытки создания установок для монтажа компонентов. Многие из них приводили к появлению весьма достойных решений. Но я испытываю искреннее сочувствие российским производителям оборудования. Их идеи подчас очень хорошие, они обладают сильными компетенциями, но для развития им остро не хватает объема рынка.

В свое время я общался с техническим директором российской компании, специализирующейся на досмотровом рентгеновском оборудовании,

предложил им попробовать выйти на рынок производства электроники с микрофокусной рентгеновской установкой, был готов помочь в продвижении такого решения. Но просчитав экономику, мы поняли, что для окупаемости проекта в разумные сроки – скажем, за года три – нужно продавать в два-три раза больше, чем мог потребить внутренний рынок.

Поэтому пока развивать электронное машиностроение в нашей стране очень сложно. Но ситуация может измениться в перспективе. Сейчас наша отрасль развивается, реализуются меры поддержки производителей, и со временем это может привести к тому, что рынок вырастет достаточно, чтобы создавать свое оборудование было целесообразно. Но это – стратегическая задача, быстро это не произойдет.


С производством оборудования для выпуска электроники мог бы помочь выход на внешние рынки, но здесь нужна существенная поддержка производителей. Здесь нам есть чему поучиться у других стран, в том числе у Китая.

### **Раз мы затронули вопросы стратегии, развития в некоторой перспективе, каким вы видите будущее отрасли и какие задачи ставите перед собой на дальнейшие периоды?**

Чтобы заглянуть в будущее, давайте сначала посмотрим в прошлое. Наша страна даже на моей памяти пережила несколько сложных периодов, кризисов. Если углубиться в историю, можно увидеть гораздо более сильные потрясения, когда приходилось многое восстанавливать практически с нуля, в том числе поднимать промышленность и делать ее конкурентоспособной. Через вызовы сохранения собственной электронной отрасли проходили многие страны.

Мы справлялись со сложностями в прошлом, справимся и сейчас. Тем более, что изменения на рынке 2022 года хотя и были для него шоком, не стали критическими.

Просто нужно продолжать работу в более интенсивном режиме, искать способы быстрее реализовывать задуманное и достигать поставленных целей. Мы, как показывает практика, нашли решения, которые помогают оперативно и качественно строить в нашей стране производства мирового уровня в текущих обстоятельствах. Сейчас на различных стадиях реализации находятся более 10 проектов в рамках концепции SMART, которые уже в обозримой перспективе должны выйти на уровень эффективности и качества, близкий к ведущим мировым игрокам.

Наша стратегическая цель – построить в России более двух десятков предприятий мирового уровня в течение нескольких лет, и мы будем продолжать развивать наши решения, чтобы отвечать как растущим техническим требованиям, так и меняющимся условиям рынка. 

## ТЕХНОЛОГИИ

# Оптические волноводы с применением оксинитрида кремния:

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ фотоники

Текст: Алексей Симонов



Интегрированная микроволновая фотоника (IMWP) – это научная область, которая использует оптические устройства и методы для генерации, обработки, управления и распространения высокоскоростных радиочастотных (СВЧ) сигналов. Последние 30 лет это направление находится в центре внимания исследователей и разработчиков устройств. Основными областями применения интегрированной микроволновой фотоники являются системы связи (сотовой, беспроводной и спутниковой), кабельное телевидение, различные антенные системы, а также интернет вещей (IoT). Интегрированная фотоника позволяет не только уменьшить занимаемую площадь, но и уменьшить сложность систем. В последние годы основными материалами, используемыми для изготовления интегральных фотонных устройств на пластинах, были полупроводники группы III-IV (составные) (InP, GaAs), элементарные полупроводники (кремний на изоляторе, SOI) и диэлектрики (диоксид кремния и нитрид кремния).

## Оксинитрид кремния: потенциал применения

Пленки оксинитрида кремния (SiON) имеют переменные параметры, варьирующиеся от диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) до нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Пленки SiON обладают более низким механическим напряжением, более высокой устойчивостью к растрескиванию, чем пленки нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), и лучшими свойствами диффузионного барьера. Универсальные свойства пленок оксинитрида кремния открывают множество возможностей для применения в различных областях – микроэлектроника, оптоэлектроника, интегрированная микроволновая фотоника или микроэлектромеханические системы (MEMS) в качестве пассивирующих слоев, антиотражающих покрытий (ARC) и многослойные интерференционные покрытия.

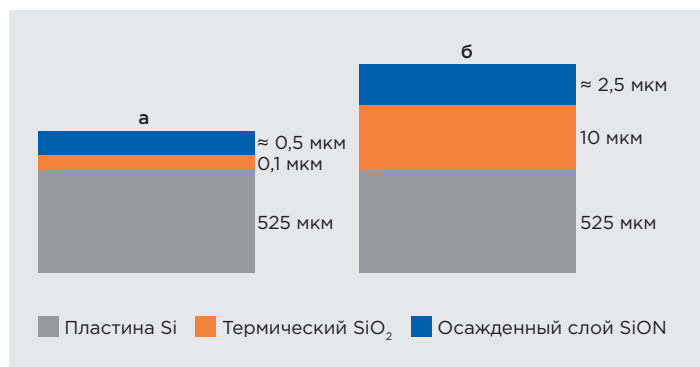
## Свойства оксинитрида кремния

Волноводы на основе SiON обладают значительно более низким контрастом показателя преломления – разницей показателей преломления между внутренним слоем волновода (core layer) и внешним слоем (cladding layer) – чем волноводы на основе кремния (SOI). Слой SiON, используемый в качестве внутреннего слоя волновода, имеет показатель преломления в диапазоне от  $n \approx 1,45$  до  $\approx 2,1$ , в то время как внутренний слой на основе кремния (Si) будет иметь  $n \approx 3,5$ , при этом внешний слой ( $\text{SiO}_2$ ) имеет показатель  $n \approx 1,45$ . Следовательно, волноводы на основе SiON демонстрируют меньшие оптические потери (0,01–0,6 дБ/см) [3–5], что позволяет использовать гораздо более длинные волноводы. Физические свойства пленок оксинитрида кремния могут быть изменены путем изменения концентрации кислорода ( $\text{O}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ) в пленке. Изменяя соотношение кислорода и азота в SiON-волноводе, можно настроить показатель преломления в диапазоне от  $\approx 1,45$  ( $\text{SiO}_2$ ) до  $\approx 2,1$  ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Такая гибкость в значении показателя преломления позволяет создавать планарные волноводы и находить компромисс между компактностью, сопоставимыми размерами с телекоммуникационными оптическими кабелями и возможными вариациями технологических процессов производства. Эта гибкость повышает привлекательность применения слоев SiON для изготовления фотонных интегральных схем (ФИС) и применения в информационно-коммуникационных системах.

## Методы нанесения тонких пленок

Нанесение пленки SiON возможно с помощью широкого спектра различных технологий, включая такие методы, как: плазмохимическое осаждение из газовой фазы (PECVD), химическое осаждение из газовой фазы при низком давлении (LPCVD), импульсное магнетронное распыление (PMS), осаждение с ионным ассистированием (IBAD), физическое осаждение при помощи ВЧ-распыления (RF PVD), ионно-лучевое распыление (IBD) и химическое осаждение из газовой фазы с использованием жидкостных прекурсоров (LSCVD).

В статье мы рассмотрим нанесение пленок SiON методом PECVD с использованием различных технологических



1

а – модель структуры, используемая при анализе пленки SiON;

б – модель структуры с пленкой SiON толщиной 2500 нм

параметров для получения подходящего внутреннего слоя волновода с низким контрастом показателя преломления.

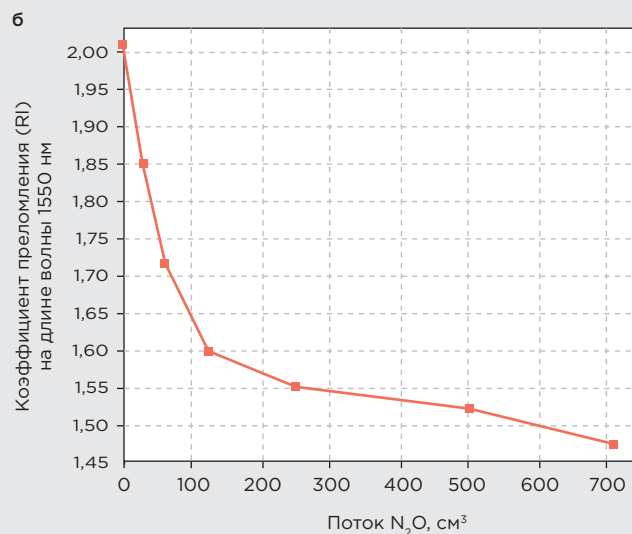
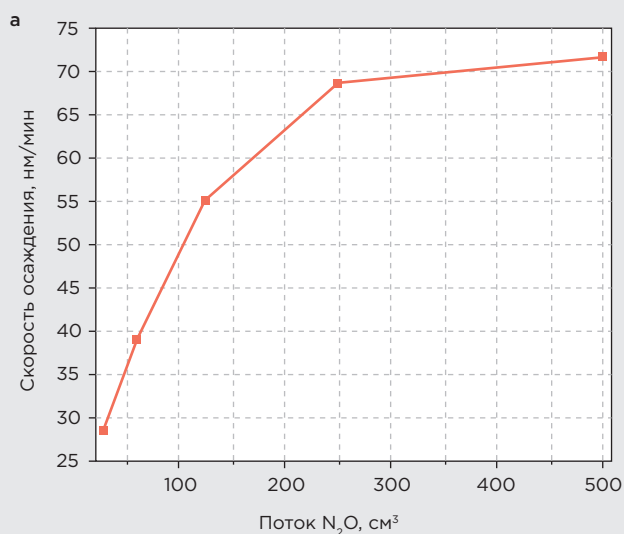
Основываясь на моделировании, проведенном в более ранних работах [6], задача исследования в данной статье заключается в нанесении пленок SiON толщиной порядка 2,5 мкм и показателем преломления 1,6 при длине волны  $\lambda = 1,55$  мкм. Ширина волновода из оксинитрида кремния 2,3 мкм и толщина 2,5 мкм являются самыми большими размерами, которые все еще поддерживают одномодовые SiON-волноводы с использованием упомянутых показателя преломления и длины волны.

Рассмотрим подробнее процесс формирования пленок SiON на кремниевых пластинах.

Пленки оксинитрида кремния были осаждены с использованием реактора с параллельной конфигурацией электродов (установка FS-P-8, Южная Корея). Для нанесения пленок SiON использовались стандартные полированные кремниевые пластины диаметром 100 мм (4 дюйма) с кристаллографической ориентацией  $\langle 100 \rangle$ , толщиной  $525 \pm 20$  мкм и сформированным термическим оксидом толщиной 100 нм на поверхности (рис 1а). Поскольку пленка SiON имеет более низкий показатель преломления, чем кремниевая пластина, необходим достаточно толстый слой  $\text{SiO}_2$ , чтобы предотвратить утечки из волновода. Тем не менее, для первоначального структурного анализа свойств пленки оксинитрида кремния использовался только термический слой оксида кремния толщиной 100 нм. Кремниевые пластины перед осаждением очищали в ультразвуковой ванне с ацетоном, после проводили ультразвуковую очистку в изопропиловом спирте, а затем промывали деионизованной водой.

Исходная газовая смесь для процесса осаждения содержала моносилан ( $\text{SiH}_4$ ) (с концентрацией 10 %, разбавленный в Ar), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) и аммиак ( $\text{NH}_3$ ), разбавленные в  $\text{N}_2$ . Для осаждения использовался ВЧ-генератор частотой 13,56 МГц, а мощность источника была установлена на 20 Вт. Температура подложкодержателя составляла 300 °C, базовое давление 1 Торр. Значения расходов рабочих газов  $\text{SiH}_4(10\%)/\text{Ar}$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{N}_2$  были установлены равными 200, 20 и 600  $\text{cm}^3$  соответственно. Изменение параметров





2

а – скорость осаждения (нм/мин) и б – показатель преломления при длине волны  $\lambda = 1550$  нм для пленки SiON, нанесенной методом PECVD, в зависимости от потока  $N_2O$

пленки оксинитрида кремния достигалось при помощи варьирования расхода  $N_2O$ .

Для точного анализа и сравнения показателя преломления и химического состава пленок SiON также были нанесены пленки  $Si_xN_y$  и  $SiO_x$  методом PECVD. Температура осаждения, частота и мощность генератора, базовое давление были такими же, как и при осаждении слоя оксинитрида.

Для нанесения пленки  $SiO_x$  использовали рецепт со следующими параметрами: расход  $SiH_4$  85  $cm^3$ , расход  $N_2O$  710  $cm^3$ .

Слой  $Si_xN_y$  осаждали при помощи рецепта с расходом  $SiH_4$  200  $cm^3$ , расходом  $NH_3$  20  $cm^3$  и расходом  $N_2$  300  $cm^3$ .

### Измерение характеристик получаемых образцов

Толщина, показатель преломления и неоднородность всех образцов были измерены с помощью спектроскопической рефлектометрии (FRT MicroProf® 200, Германия) и подтверждены при помощи спектроскопического эллипсометра (Sentech SENresearch 4.0, Германия). Показатель преломления, измеренный двумя методами, рассчитали с использованием модели Коши. Скорости осаждения были рассчитаны на основе измеренных параметров пленок. Химический состав всех пленок толщиной  $\approx 500$  нм был также проанализирован методом вторично-ионной масс-спектрометрии (SIMS IV, Ion-TOF, Германия) с использованием жидкометаллической ионной пушки Bi<sup>+</sup>, работающей при 25 кэВ, и ионного распыления Cs<sup>+</sup>, работающего при 2 кэВ, в двухлучевом режиме. Шероховатость поверхности анализировали при помощи установки атомно-силовой микроскопии (ACM, XE-100, Южная Корея) в полуконтактном режиме.

После структурного анализа различных пленок SiON толщиной порядка 500 нм на стандартную полированную кремниевую пластину с термическим оксидом толщиной 10 мкм была нанесена пленка SiON толщиной 2500 нм. Модель этой структуры показана на рис 1б. Перед осаждением слоев данная пластина также проходила процедуру жидкостной очистки. Толщину, показатель преломления и однородность толщины и показателя преломления осажденной пленки SiON анализировали только методом спектроскопической рефлектометрии.

### Достигнутые результаты и параметры

Рассмотрим, как влияет изменение потока  $N_2O$  на различные параметры пленки оксинитрида кремния.

На рис 2а показана зависимость скорости осаждения (нм/мин) пленки SiON от расхода азотной окиси ( $N_2O$ ). Данные были получены в результате измерений методом спектроскопической эллипсометрии.

Как видно из графика, скорость осаждения пленок SiON растет с увеличением расхода  $N_2O$ .

Известно, что при использовании метода PECVD скорость осаждения пленок  $SiO_x$  в несколько раз выше по сравнению со скоростью осаждения пленок  $Si_xN_y$ . Таким образом, следует ожидать, что увеличение расхода  $N_2O$  привело к более высокой скорости осаждения SiON пленки при включении большего количества кислорода в осаждаемую пленку.

На рис 2б показано изменение показателя преломления пленок оксинитрида кремния при длине волны  $\lambda = 1550$  нм в зависимости от потока  $N_2O$ .

Как видно из графика, показатель преломления (RI) уменьшается с увеличением скорости потока  $N_2O$  и имеет близкий к экспоненциальному характер. Это объясняется

тем, что при нанесении пленок SiON методом PECVD наиболее вероятной реакцией является образование связей Si–O. Следовательно, даже незначительное увеличение расхода  $N_2O$  (например, от 0 до  $30 \text{ см}^3$ ) приводит к значительному снижению показателя преломления.

Также график показывает, что показатель преломления, наиболее близкий к целевому значению моделирования ( $n = 1,6$ ), соответствует пленке SiON, нанесенной при расходе  $N_2O = 120 \text{ см}^3$ .

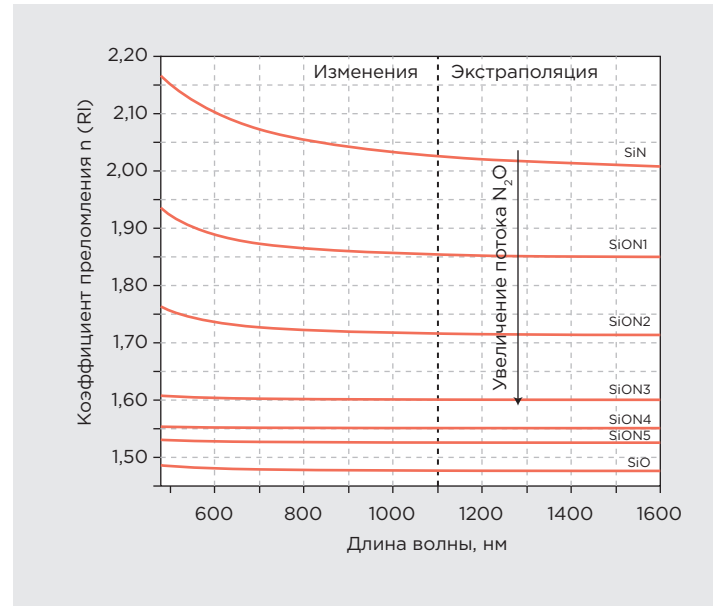
На рис 3 показаны зависимости показателя преломления от длины волны для пленок  $Si_xN_y$ ,  $SiO_x$  и SiON. Функции, обозначенные как SiON1–5, представляют собой пленки SiON, нанесенные при расходе  $N_2O$ , равном 30, 60, 125, 250 и  $500 \text{ см}^3$  соответственно. Значения в диапазоне от 1100 до 1600 нм были экстраполированы из измеренных данных, поскольку измерения проводились только в диапазоне до 1100 нм из-за ограничений во времени.

Исходя из анализа представленных данных следует, что показатель преломления осажденных пленок оксинитрида кремния можно точно регулировать при варьировании расхода  $N_2O$ . Можно также предположить, что можно увеличить показатель преломления за счет увеличения расхода  $NH_3$ .

Из результатов анализа следует, что наиболее подходящей газовой смесью для изготовления пленок с заданным значением показателя преломления  $n = 1,6$  при  $\lambda = 1550 \text{ нм}$  была следующая газовая смесь:

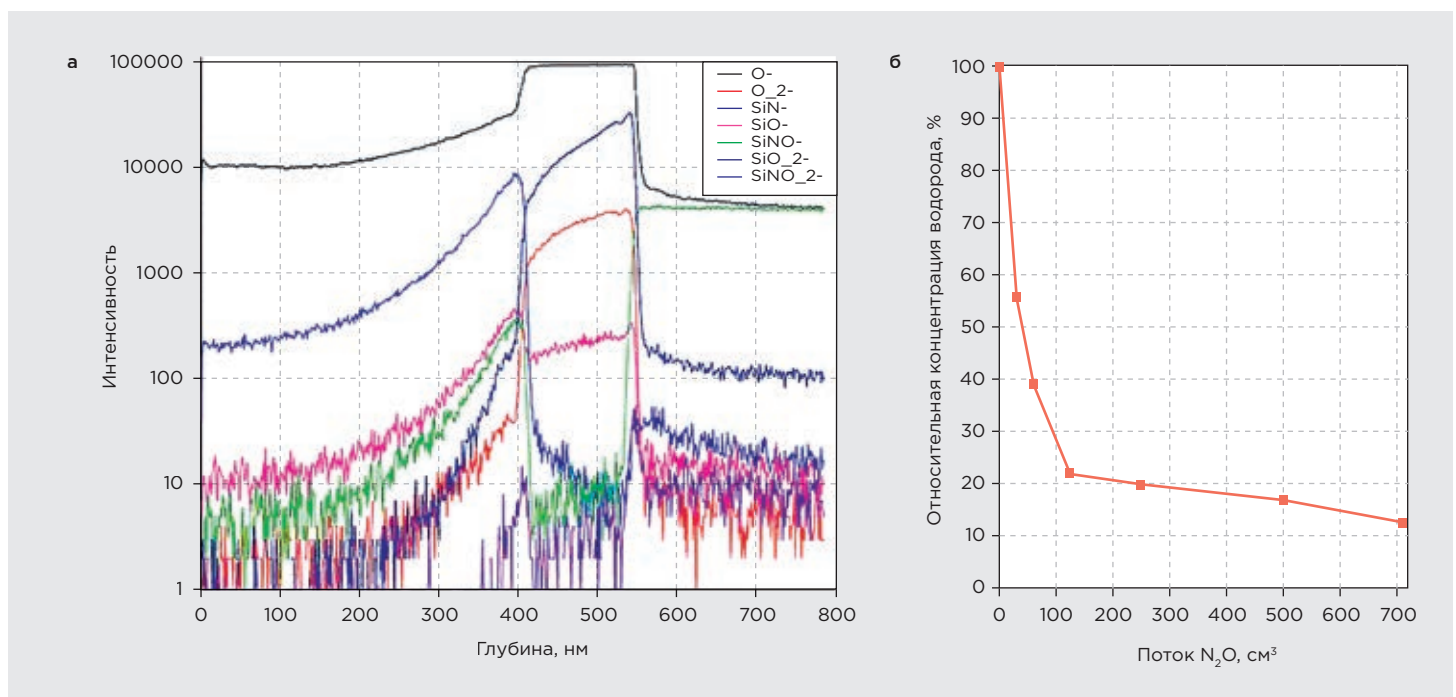
**$200 (SiH_4) : 20 (NH_3) : 130 (N_2O) : 600 (N_2) \text{ см}^3$ .**

На рис 4а показан анализ пленки SiON методом вторично-ионной масс-спектрометрии (SIMS) при расходе  $N_2O$ , равном  $30 \text{ см}^3$ . Видна граница раздела между

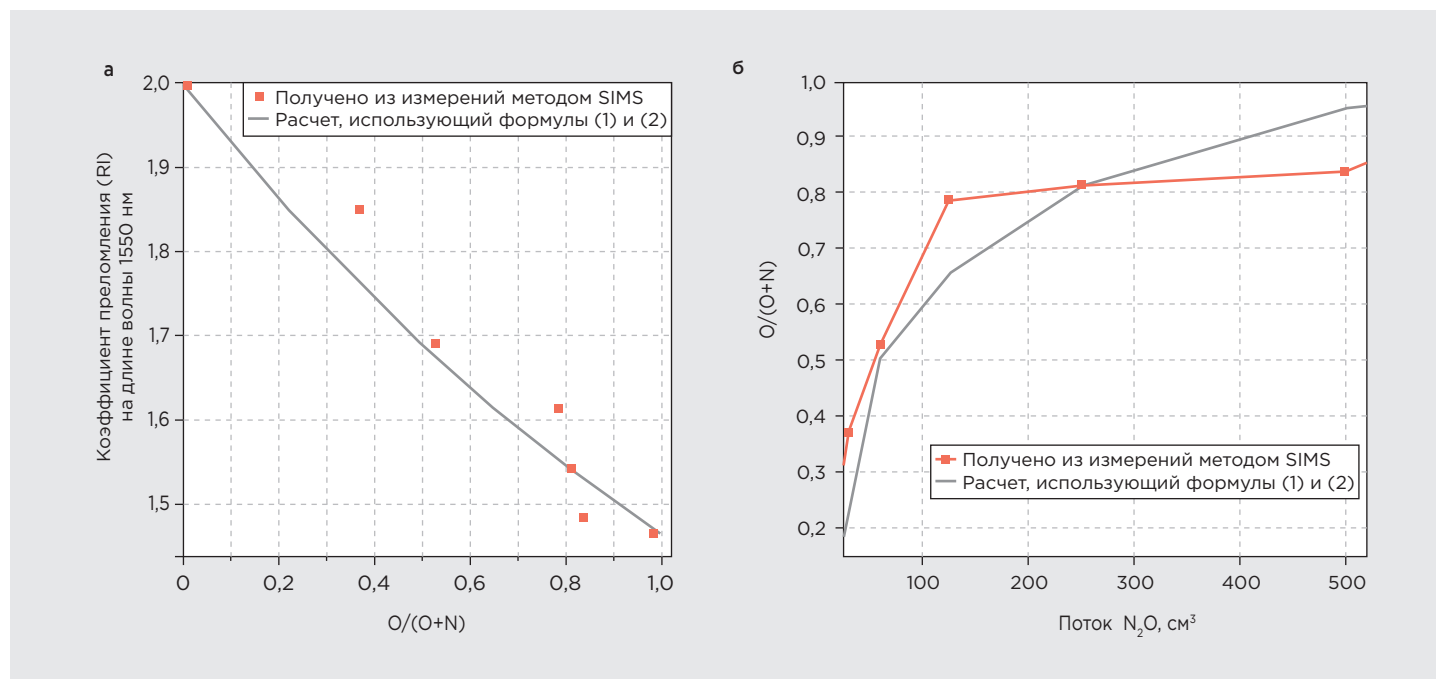


3 Показатель преломления (RI) в зависимости от длины волны для пленок  $Si_xN_y$ ,  $SiO_x$  и SiON, полученных с использованием модели Коши по измеренным данным с помощью эллипсометрии

нанесенной пленкой SiON и пленкой термического оксида ( $SiO_2$ ), а также между пленкой термического  $SiO_2$  и кремниевой пластиной. Экспоненциальный рост интенсивности всех элементов в пленке SiON вызван изменением проводимости материала с увеличением глубины измерения. Несвязанные элементы с низкой интенсивностью такие, как сера (S-), никель (Ni-), углерод (C-,  $C_2$ -) и фтор (F-), не показаны на графике и могут быть проигнорированы.



4 а – SIMS-анализ пленки SiON при расходе  $N_2O$ , равном  $30 \text{ см}^3$ ; б – относительная концентрация водорода (H) в зависимости от расхода  $N_2O$



5

а – зависимость показателя преломления при длине волны  $\lambda = 1550$  нм от соотношения концентраций  $O / (O + N)$ ; б – соотношение концентраций  $O / (O + N)$  в пленках SiON в зависимости от потока  $N_2O$

Из анализа всех образцов видно, что концентрация элементов на основе азота ( $SiN$ -,  $SiNO$ - и  $SiNO_2$ -) уменьшается с увеличением расхода  $N_2O$ , а концентрация элементов на основе кислорода ( $O$ -,  $O_2$ -,  $SiO$ - и  $SiO_2$ -) увеличивается с увеличением расхода  $N_2O$ , как и ожидалось.

Кроме того, было подтверждено, что связи  $Si-O$  преобладают над связями  $Si-N$  в пленке SiON, нанесенной с использованием процесса PECVD.

Небольшое увеличение скорости осаждения и небольшое снижение показателя преломления RI при более высоком расходе  $N_2O$  вызвано насыщением  $O_2$  в процессе PECVD. Это также подтверждает анализ показателя преломления и скорости осаждения в зависимости от расхода  $N_2O$ , показанные на рис 2а, б.

Стандартный процесс роста пленки SiON включает водород в качестве компонента, получаемого из  $SiH_4$  и  $NH_3$ . Водород имеет важное значение с точки зрения пика поглощения при  $\lambda = 1550$  нм. Поэтому оценка уровня концентрации водорода полезна с точки зрения понимания процесса.

Одним из методов оценки концентрации водорода является сравнение его относительной концентрации с подаваемым расходом  $N_2O$ . На рис 4б показана относительная концентрация водорода в зависимости от скорости потока  $N_2O$ , где интенсивность 100 % – это интенсивность, измеренная при скорости потока  $N_2O$ , равном  $0 \text{ cm}^3$  (образец  $Si_3N_4$ ).

Зависимость концентрации водорода от потока  $N_2O$  не является линейной и уменьшается с увеличением расхода  $N_2O$ . Это объясняется тем, что общая концентрация газов, содержащих водород ( $NH_3$ ,  $SiH_4$ ), уменьшается с увеличением расхода  $N_2O$ .

На рис 5а показана зависимость показателя преломления при  $\lambda = 1550$  нм от соотношения концентраций  $O / (O + N)$ . Оранжевые квадраты на графике отображают результаты, полученные при измерениях методом SIMS, а серая линия представляет собой расчет показателя преломления в соответствии с методом приближения эффективной среды (формула Бруггемана) [7, 8], используя следующие уравнения:

$$\frac{f_1}{f_2} \times \frac{n_1^2 - n^2}{n_1^2 - 2n^2} + \frac{n_2^2 - n^2}{n_2^2 + 2n^2} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{O}{O+N} = \left( 1 + 1,3 \times \frac{f_2}{f_1} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – объемные доли  $SiO_2$  и  $Si_3N_4$  в пленке SiON соответственно. Следовательно, весь кислород в пленке SiON представлен как  $SiO_2$ , а весь азот – как  $Si_3N_4$ . Величина  $n_1$  представляет показатель преломления  $SiO_2$ ,  $n_2$  – показатель преломления  $Si_3N_4$ , а  $n$  – эффективный показатель преломления пленки SiON. Значение  $n_1$  было принято равным 1,46, а значение  $n_2$  при расчете задано равным 2. Уравнение (2) используется для преобразования соотношения объемных долей, полученных по уравнению (1), в соотношение концентраций  $O / (O + N)$ . Коэффициент 1,3 обусловлен разницей между концентрацией кислорода в  $SiO_2$  ( $4,64 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ ) и концентрацией азота в  $Si_3N_4$  ( $5,88 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ ) [8].

График на рис 5а показывает, что показатель преломления уменьшается с увеличением концентрации кислорода в пленке SiON, как и ожидалось.



Также очевидно, что зависимость показателя преломления пленок оксинитрида кремния от соотношения  $O / (O + N)$ , рассчитанная с помощью уравнений (1) и (2), является достаточно линейной, и соответствие между измерениями и расчетом является удовлетворительным. Умножение на  $0,7 \times O$  использовалось в качестве коэффициента ионизации кислорода в соотношении концентраций  $O / (O + N)$ , полученном при измерениях методом SIMS. Другие незначительные различия вызваны неточностями эллипсометрии и измерений SIMS.

На рис 5б приведено сравнение соотношения концентраций  $O / (O + N)$ , полученных в результате измерения методом SIMS и рассчитанных с использованием уравнений (1) и (2), в зависимости от расхода газа  $N_2O$ .

Соотношение концентраций  $O / (O + N)$  увеличивается с увеличением скорости потока  $N_2O$ . Это вызвано перенасыщением  $O$  при более высоких скоростях потока  $N_2O$ . Поскольку кислород легче ионизируется во время измерений SIMS, соотношение концентраций  $O / (O + N)$ , полученное в результате измерений SIMS, при меньших расходах  $N_2O$  выше расчетных значений.

Среднеквадратичное значение шероховатости поверхности всех пленок показано в Т1.

Исходя из данных видно, что расход  $N_2O$  не влияет на среднеквадратичную шероховатость поверхности. Наименьшее среднеквадратичное значение шероховатости поверхности достигается при расходе  $N_2O$ , равном  $60 \text{ см}^3$ , а наибольшее – при расходе  $N_2O$ , равном  $30 \text{ см}^3$ . Такие среднеквадратичные значения шероховатости поверхности не должны приводить к дополнительным оптическим потерям в SiON волноводах. Даже самое высокое измеренное среднеквадратичное значение шероховатости поверхности намного ниже половины длины волны передаваемого оптического сигнала в волноводе ( $1550/1,6 = 969/2 = 484,5 \text{ нм}$ ).

Среднеквадратичное значение шероховатости поверхности также влияет на эффективный показатель преломления пленок SiON на границе раздела. Однако среднеквадратичное значение шероховатости ниже  $100 \text{ нм}$  незначительно по сравнению с длиной волны распространяющегося света. Следовательно, изменение эффективного показателя преломления, вызванное среднеквадратичным значением шероховатости поверхности, незначительно, и им можно пренебречь.

Теперь рассмотрим, как ведут себя толстые пленки оксинитрида кремния.

После анализа пленок оксинитрида кремния толщиной порядка  $500 \text{ нм}$  на термический оксид кремния толщиной  $10 \text{ мкм}$  были осаждены пленки SiON толщиной  $2500 \text{ нм}$  с заданными свойствами, как упоминалось в предыдущем разделе. Толщина и равномерность толщины осажденной пленки SiON были проанализированы с помощью метода спектроскопической рефлектометрии. Однако модель Коши оказалась недостаточной для анализа, поскольку разница между измеренным и смоделированным спектральным коэффициентом отражения была слишком

Т 1

Среднеквадратичное значение шероховатости поверхности (нм) пленок  $Si_3N_4$ ,  $SiO_2$  и SiON

ПЛЕНКА	ПОТОК $N_2O$ ( $\text{см}^3$ )	СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ (НМ)
SiN	0	$50,95 \pm 2,28$
SiON1	30	$70,24 \pm 2,89$
SiON2	60	$16,33 \pm 2,07$
SiON3	125	$59,77 \pm 3,79$
SiON4	250	$36,53 \pm 1,82$
SiON5	500	$54,55 \pm 1,95$
$SiO_2$	710	$33,68 \pm 2,94$

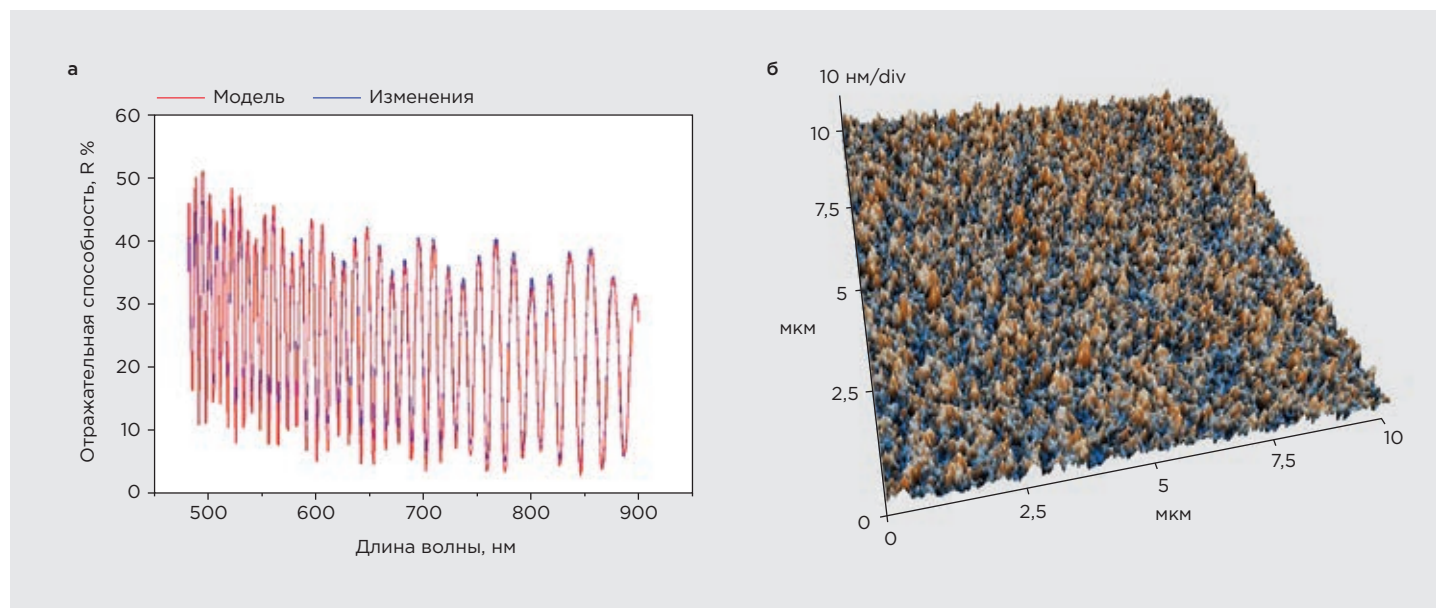
большой. Поэтому для анализа была использована модель, которая является обобщением модели осцилляторов Лоренца, где все осцилляторы независимы. В отличие от модели Лоренца, данная модель допускает связь между осцилляторами. Когда коэффициент затухания становится равным нулю, данная модель сходится к модели осцилляторов Лоренца. Эта физическая связь в обобщенной модели позволяет точно моделировать металлы, аморфные и кристаллические полупроводники, а также диэлектрические материалы.

На рис 6а показана измеренная и смоделированная спектральная отражательная способность в зависимости от длины волны  $\lambda$ .

Среднеквадратическое отклонение (СКО) между рассчитанной и измеренной спектральной отражательной способностью составляет  $1,9 \%$ , что является приемлемым. АСМ-изображение топографии анализируемой пленки SiON показано на рис 6б. Размер представленного изображения составляет  $10 \times 10 \text{ мкм}^2$ . Чтобы подчеркнуть шероховатость поверхности, ось  $z$  была увеличена в  $20$  раз.

Среднеквадратичное значение шероховатости поверхности пленки толщиной  $2500 \text{ нм}$  составляет приблизительно  $5,32 \pm 0,46 \text{ нм}$ , что значительно ниже среднеквадратичного значения шероховатости поверхности, измеренной в приведенном выше эксперименте для тонких пленок. Одна из причин разницы в среднеквадратичном значении шероховатости заключается в том, что для образцов с толстыми пленками SiON использовались пластины с более толстым термическим оксидом. Другой причиной может быть сам технологический процесс осаждения. Среднеквадратичное значение шероховатости ниже  $100 \text{ нм}$  незначительно для работы волновода, и влияние такой шероховатости далее не изучалось.

На рис 7 показаны толщина и равномерность толщины пленки SiON по всей пластине, где  $N$  – количество точек, измеренных на пластине.



6

а – измеренный и смоделированный коэффициент отражения  $R$  толстой пленки SiON в зависимости от длины волны  $\lambda$ ; б – изображение толстой пленки SiON размером  $10 \times 10$  мкм<sup>2</sup>

Толщина пленки SiON находится в диапазоне 2470-2522 нм, а равномерность толщины составляет 1,05 %. Средняя толщина составляет порядка 2505 нм, что почти идентично целевой толщине в 2500 нм.

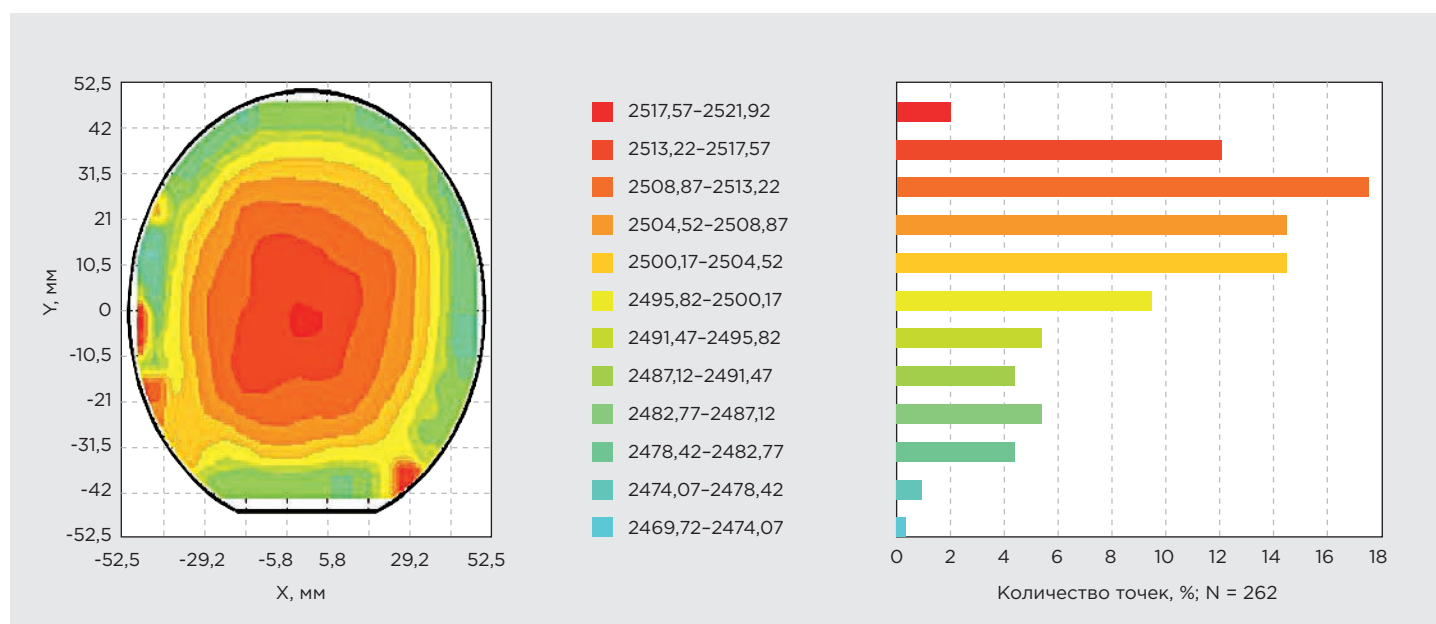
Из рис 7 видно, что толщина пленки SiON является наибольшей в центре и уменьшается от центра к краям пластины.

Таким образом, разработанный рецепт позволяет точно осаждать необходимые толщины.

На рис 8 показано распределение показателя преломления пленки SiON по всей пластине при длине волны  $\lambda = 1550$  нм, где  $N$  – количество точек, измеренных на пластине.

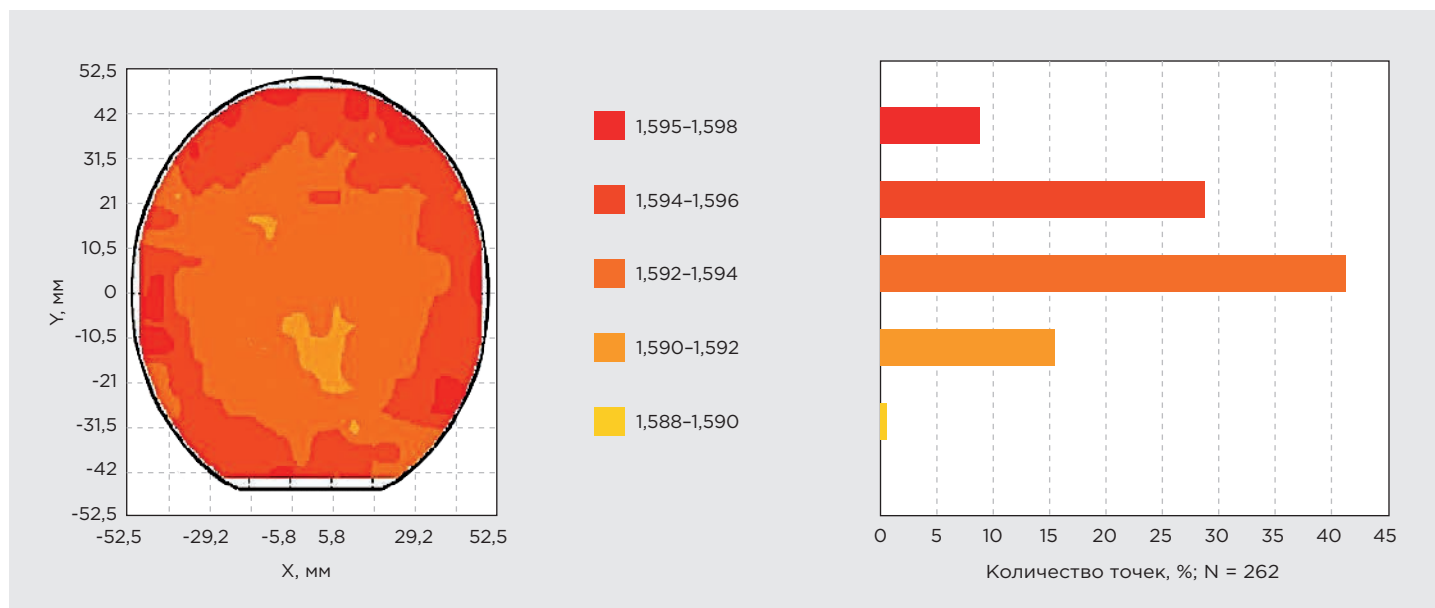
Распределение RI достаточно равномерное, и только края пластины имеют показатель преломления примерно на 0,004 выше, чем центр пластины.

Показатель преломления находится в диапазоне от  $n = 1,588$  до  $n = 1,598$  при среднем значении  $n = 1,594$ . Однородность показателя преломления составляет 0,3 %. Это



7

Толщина и неравномерность толстого слоя SiON, полученные методом спектроскопической рефлектометрии, где  $N$  – общее количество точек, измеренных на пластине



7

Распределение показателя преломления  $n$  толстого слоя SiON, полученное методом спектроскопической рефлектометрии, где  $N$  – общее количество точек, измеренных на пластине

значение показателя преломления относительно близко к желаемому значению  $n = 1,6$ . Разница вызвана неточностями измерения. Коэффициент затухания  $k$  равен нулю.

### Итоги применения пленок оксинитрида кремния в оптических волноводах

Важно, что применение метода PECVD для осаждения пленок SiON позволяет использовать существующие установки, широко представленные на производстве, без необходимости разработки новых образцов оборудования.

Для оптических волноводов пленки оксинитрида кремния представляют большой интерес и обладают следующими особенностями:

- Параметры пленки можно легко варьировать путем изменения параметров газовых потоков ( $N_2O$  и/или  $NH_3$ ).
- Варьирование таких параметров, как показатель преломления и соотношение азота и кислорода, позволяет контролировать оптические свойства пленок и подбирать необходимый контраст для разрабатываемых волноводов.
- Изготовленная структура с пленкой SiON толщиной 2500 нм на поверхности, обладающая вышеупомянутыми свойствами, подходит для следующих этапов изготовления волноводов для интегрированной микроволновой фотоники.
- Гибкость в значении показателя преломления позволяет создавать планарные волноводы и находить компромисс между компактностью, сопоставимыми размерами с телекоммуникационными оптическими кабелями и возможными вариациями технологических процессов производства.

### Использованные источники

1. Podlucky, L.; Vincze, A.; Kovacova, S.; Chlpik, J.; Kovac, J.; Uherek, F. Optimization of Fabrication Process for SiON/SiO<sub>x</sub> Films Applicable as Optical Waveguides. *Coatings* 2021, 11, 574.
2. Jia, Y.; Dai, X.; Xiang, Y.; Fan, D. High quality factor silicon oxynitride optical waveguide ring resonators. *Opt. Mater.* 2018, 85, 138–142.
3. Yin, L.; Lu, M.; Wielunski, L.; Song, W.; Tan, J.; Lu, Y.; Jiang, W. Fabrication and characterization of compact silicon oxynitride waveguides on silicon chips. *J. Opt.* 2012, 14, 085501.
4. Melati, D.; Morichetti, F.; Melloni, A. A unified approach for radiative losses and backscattering in optical waveguides. *J. Opt.* 2014, 16, 055502.
5. Bruno, F.; del Guidice, M.; Recca, R.; Testa, F. Plasma-enhanced chemical vapor deposition of low-loss SiON optical waveguides at 1.5- $\mu$ m wavelength. *Appl. Opt.* 1991, 30, 4560–4564.
6. Chovan, J.; Figura, D.; Chlpik, J.; Lorenc, D.; Rehák, V.; Uherek, F. Design, fabrication and characterization of SiO<sub>x</sub>/SiON/SiO<sub>2</sub>/Si structures for passive optical waveguides realization. *Photonics Devices Syst. VII* 2017, 10603, 106030N.
7. Bruggeman, D.A.G. Berechnung verschiedener physikalischer Konstanten von heterogenen Substanzen. I. Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten der Mischkörper aus isotropen Substanzen. *Ann. Phys.* 1935, 416, 636–664.
8. Kuiper, A.E.T.; Koo, S.W.; Habraken, F.H.P.M. Deposition and composition of silicon oxynitride films. *J. Vac. Sci. Technol. B* 1983, 1, 62–66.

# Последние достижения при создании чиплетов

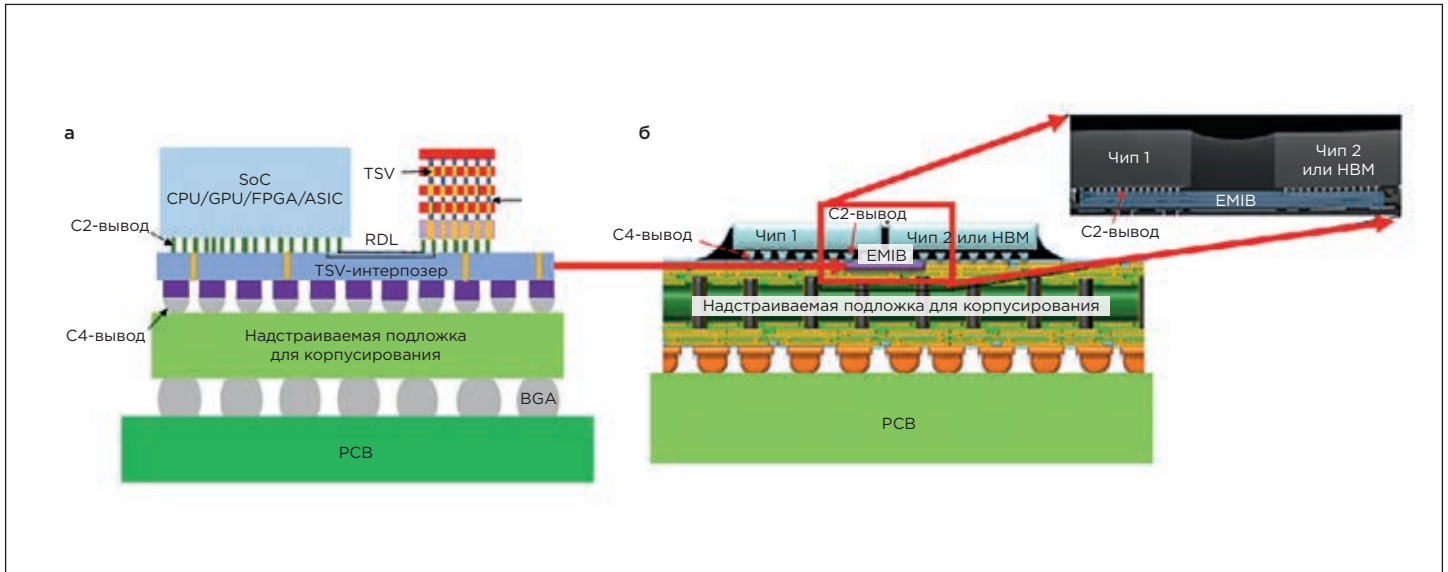
## с использованием мостовых межсоединений

Текст: Дмитрий Суханов

”

Искусственный интеллект (AI) все больше проникает во все сферы жизни человека. Активно развиваются «открытый» AI, «порождающий» AI и «разговорный» AI, а также системы связи поколения 5G/6G, такие приложения, как: высокоэффективные вычисления (HPC high-performance computing), автономные транспортные средства, Интернет вещей (IoT), большие объемы данных – для облачных вычислений и мгновенные данные – для периферийных вычислений, требующие более совершенной технологии полупроводникового корпусирования.





1

а) Интеграция 2,5D- или 3D- IC с TSV-интерпозером; б) Чиплеты без TSV-интерпозера (EMIB). Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation)

Одной из самых популярных передовых технологий корпусирования является 2,5D- или 3D-интеграция интегральных схем (IC), что схематически показано на рис 1а. TSMC назвала интеграцию 2,5D-IC – «чип на пластине для корпусирования» (CoWoS).

Видно, что устройства системы на кристалле (SoC), такие как центральный процессор (CPU) и графический процессор (GPU), а также память с высокой пропускной способностью (HBM) поддерживаются пассивным (2,5D) или активным (3D) переходными отверстиями в кремнии (TSV) – интерпозерами. Наконец, весь модуль прикрепляется к печатной плате (PCB) с помощью шариков припоя (BGA) и паяльной пасты. Эта система с несколькими микросхемами и гетерогенно-интеграционное корпусирование обусловлены производительностью и форм-фактором и предназначены для приложений с чрезвычайно высокой плотностью и производительностью.

Первые документы по интеграции 2,5D-IC были опубликованы в 2005 году. В 2013 стало доступно большое количество GPU от самых разных производителей на сравнительно простых интерпозерах. Спустя почти 20 лет после первого упоминания о 2,5D-IC появился GPU с шестью HBM2 на «огромном», по меркам микроэлектроники, активном интерпозере размером  $160 \times 160 \text{ мм}^2$  – и это уже сложнейшая 3D-интеграция.

### Что же ждет нас дальше? Может быть – весь AI в одном устройстве, а точнее в одной 3D-микросхеме?

2,5D- или 3D-IC с TSV-интерпозером обладают высокой стоимостью. Одна из ключевых причин этого заключается в том, что при производстве

TSV-интерпозера используется дорогой технологический процесс (64 нм), а также наблюдаются потери выхода годных из-за большого размера интерпозера и отсутствия межсоединений.

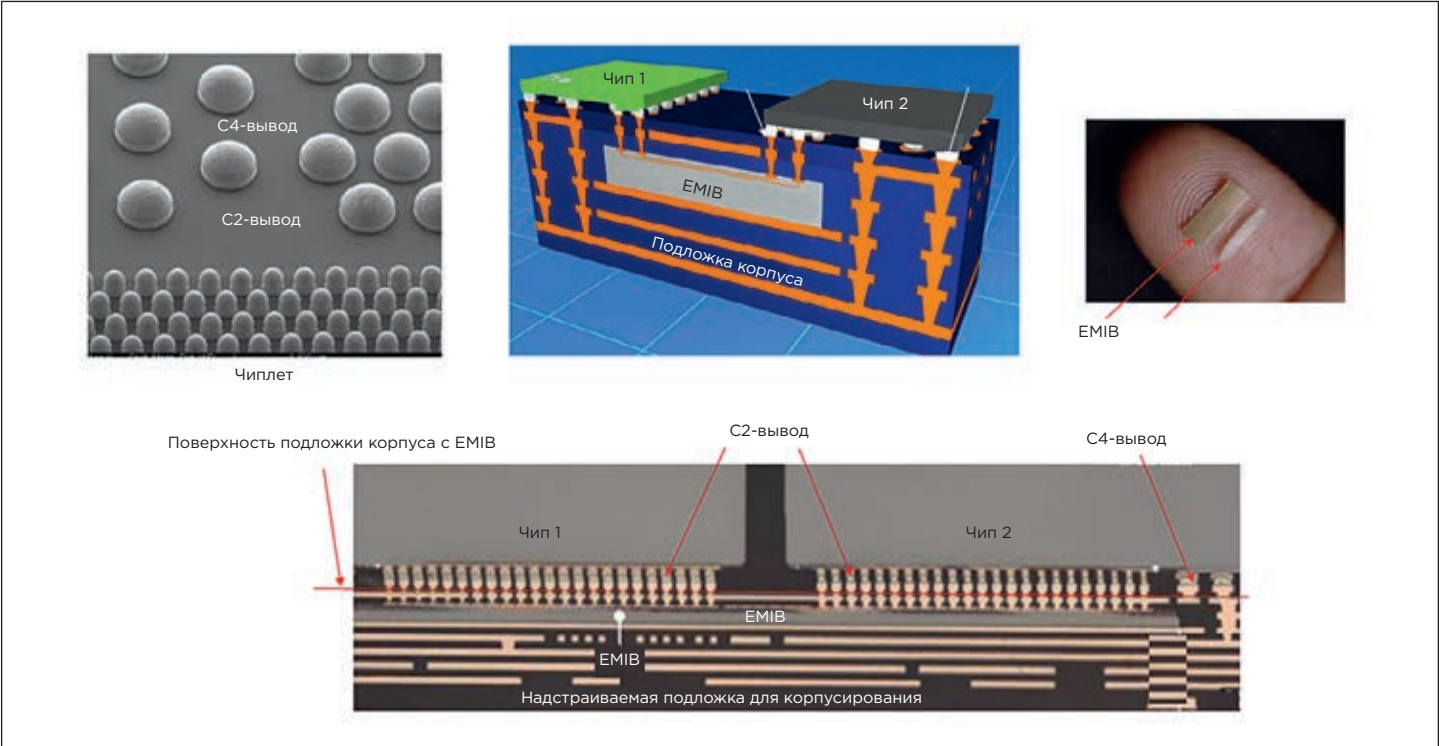
Давайте разберемся с самыми последними достижениями в технологиях микроэлектроники, которые позволят заменить дорогостоящие TSV-интерпозеры. За последние 5-7 лет стали все более «популярны» так называемые кремниевые мосты. Что это такое? Каких видов они бывают? Какое развитие они получили?

### Встроенный многокристалльный межблочный мост

В 2016 компания Intel опубликовала первую статью о мосте для связи чиплетов. Ключевой задачей того времени было показать замену TSV-интерпозера (рис 1а) на встроенный многокристалльный межкомпонентный мост (EMIB), как схематически показано на рис 1б и рис 2. Видно, что кристалл EMIB встроен в полость подложки корпуса, которая поддерживает чиплеты с тонкими металлическими слоями линий перераспределения (RDL). Размер такого моста очень мал, и при этом полностью отсутствует громоздкий TSV-интерпозер.

Для EMIB есть как минимум три важные задачи (рис 1б и рис 2):

- Создание на пластине двух разных типов выводов для межсоединений, а именно C2-bumps или микровыступов (не разрушаемых столбиковых выводов) и C4-bumps (припойных шариковых выводов), которые частично разрушаются при операции межсоединения, при этом у EMIB нет подобных объемных выводов.



2

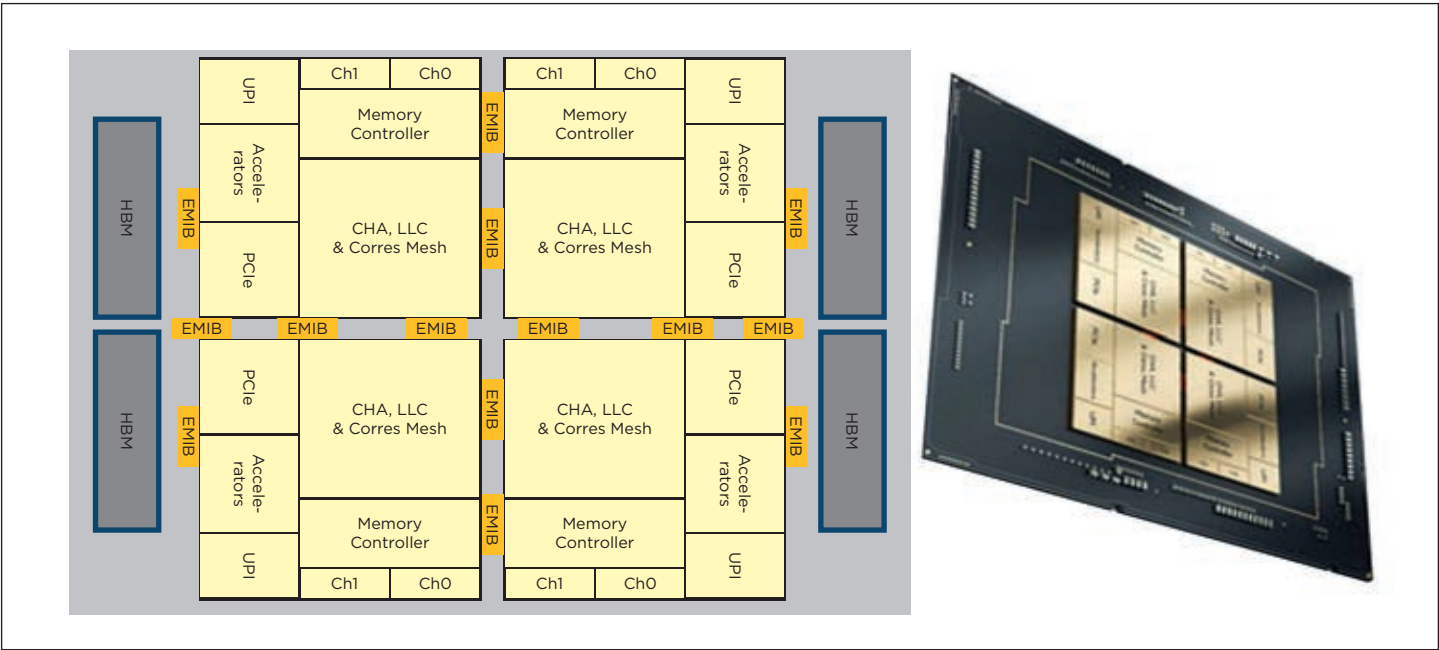
EMIB Intel. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicon Technology Corporation)

- Внедрение перемычки в полость наплавленной подложки и последующее ламинирование верхней поверхности подложки, чтобы она была достаточно плоской для соединения чиплетов.
- Соединение чиплетов на подложке с помощью встроенного моста.

На рис 3 показан продукт, состоящий из четырех SoC, четырех HBM и четырнадцати EMIB.

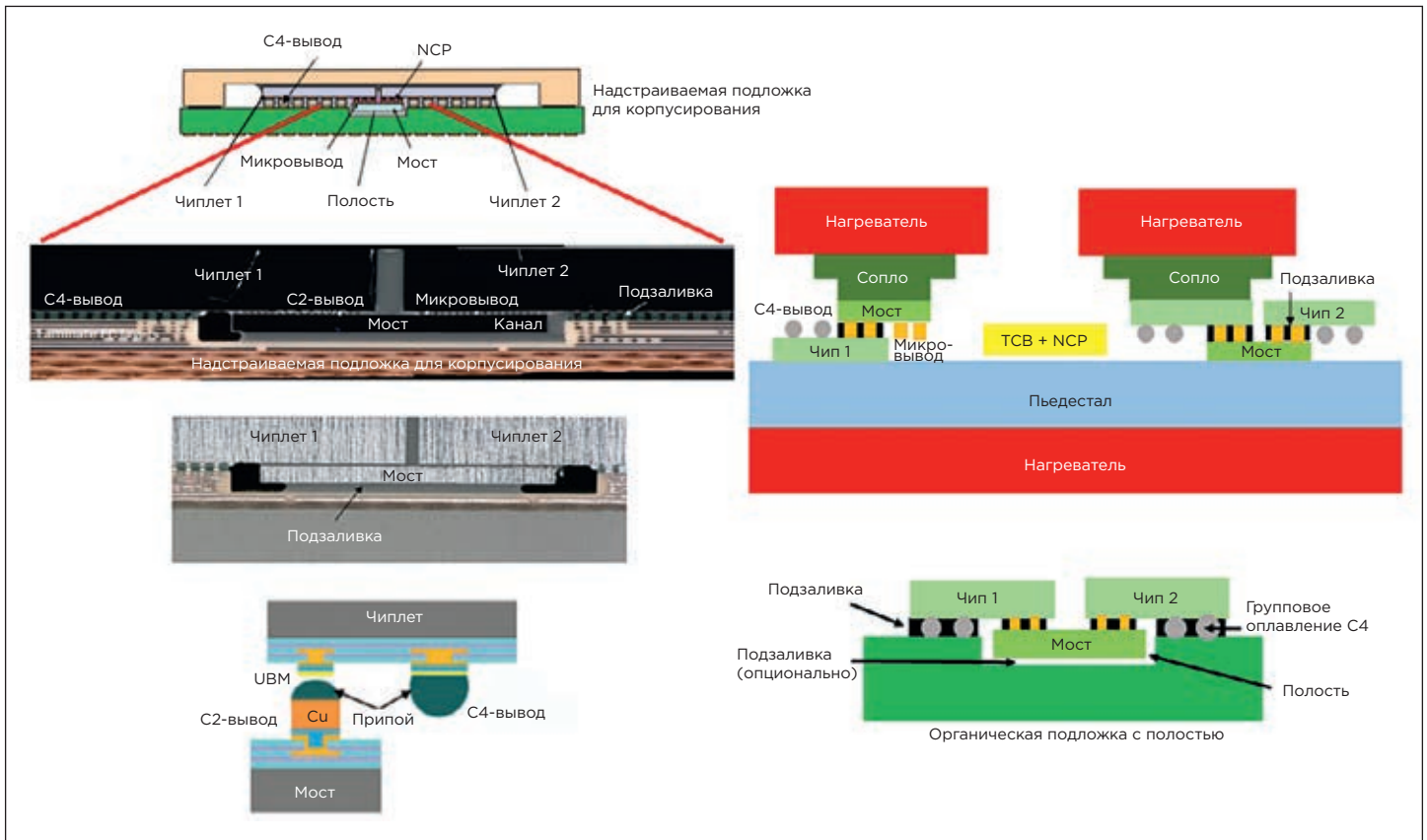
**Прямая гетерогенная интеграция от IBM**

Дальнейшим развитием кремниевых мостов для межсоединений стала прямая гетерогенная интеграция



3

Intel's Sapphire Rapids. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicon Technology Corporation).



4

DBN от IBM. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).

(DBN, рис 4), которую предложила компания IBM. Уже к 2021 году был представлен ряд материалов по этой технологии.

Основные различия между EMIB Intel и DBN IBM:

- EMIB Intel содержит два типа выводов (C4 и C2) на чиплетах, а на самом мосту нет подобных выводов (рис 2), тогда как DBN IBM содержит только C4-выводы на чиплетах и C2-выводы на мосту (рис 4).
- У Intel EMIB мост встроен в полость надстроенной подложки с помощью материала для монтажа кристаллов, а затем ламинирован другим слоем сверху, в то время как IBM DBN представляет собой просто обычную подложку с полостью сверху (рис 4).

Процесс сборки DBN очень прост (рис 4). Сначала на чип 1 наносится непроводящая паста (NCP). Затем чип 1 и мост соединяются с помощью термокомпрессионного соединения (ТСВ). После соединения NCP становится межзаливкой между чипом 1 и мостом. Затем NCP применяется к мосту, а чип 2 и мост соединяются с ТСВ. После этих шагов модуль (чип 1 + мост + чип 2) помещается на органическую подложку с полостью, а затем проходит стандартный процесс сборки с оплавлением с перевернутым чипом (reflow flip-chip).

В 2023 году было продемонстрировано, что полость в подложке корпуса не является необходимой для такой технологии (рис 5).

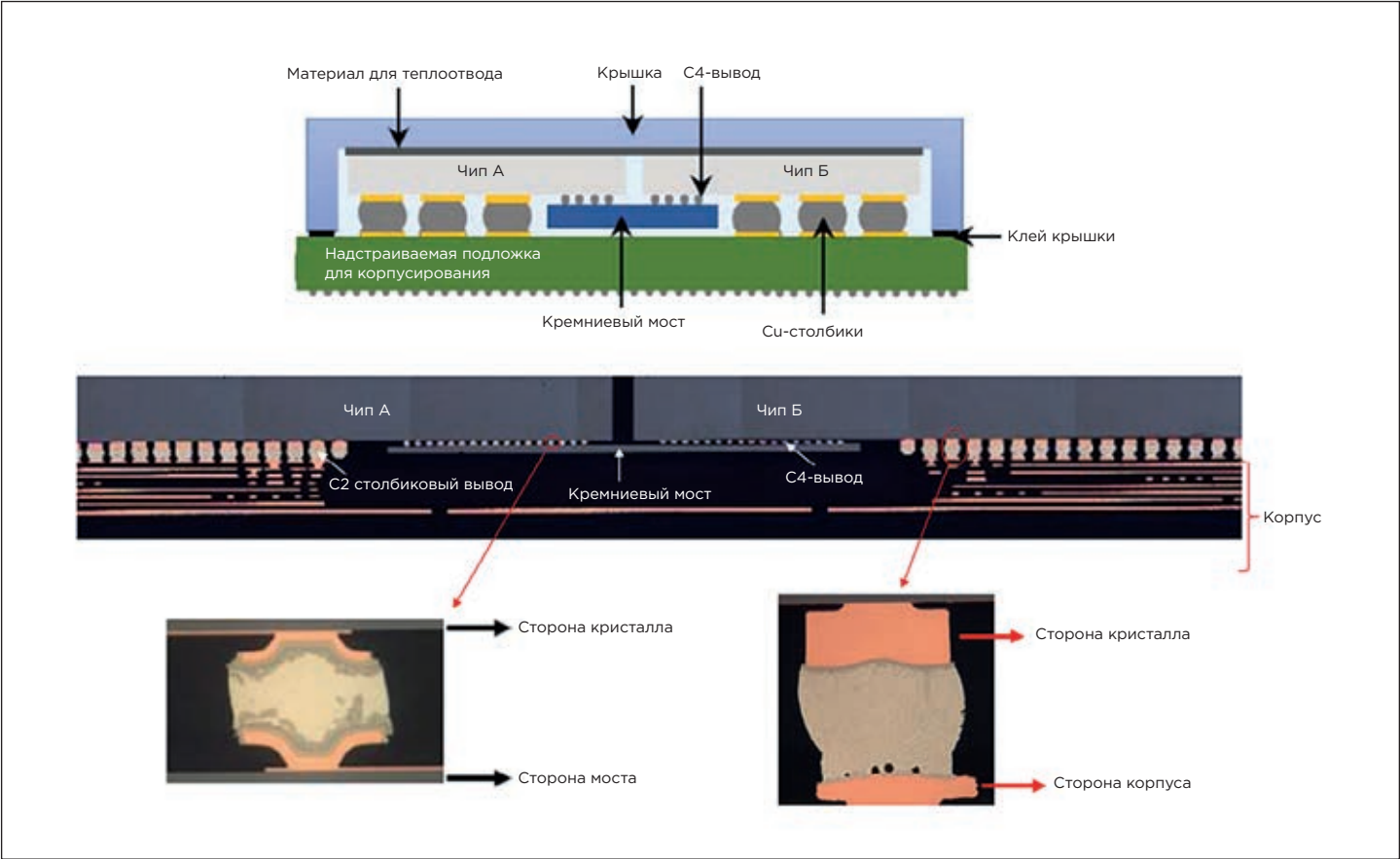
### Локальное полупроводниковое соединение от TSMC (LSI)

В 2023 году компания TSMC опубликовала материал о замене CoWoS кремниевым мостом, встроенным в эпоксидный компаунд для заливки (EMC), с разветвленными RDL. Основная причина для использования этой технологии состоит в том, чтобы справиться с потерей уровня выхода годных при производстве с постоянно увеличивающимся размером TSV-межсоединений. Ухудшение выхода годных настолько велико, что стоимость становится «космической».

Рассмотрим несколько примеров от TSMC (рис 8). Использован CoWoS с шаблоном 1X (830 мм<sup>2</sup>) для Xilinx, с шаблоном 2X (1660 мм<sup>2</sup>) для Nvidia. Для шаблона 3X (2500 мм<sup>2</sup>) потеря выхода годных становится слишком велика, поэтому необходима новая технология межсоединения CoWoS-L (CoWoS + LSI + RDL, LSI – local silicon interconnect). Влияние размера TSV-интерпозера на выход годных очевиден.

На рис 9 продемонстрирована замена TSV-интерфейса CoWoS на LSI. На рис 9б показан кремниевый мост, встроенный в EMC с RDL (CoWoS-L). По сути, CoWoS-L – это



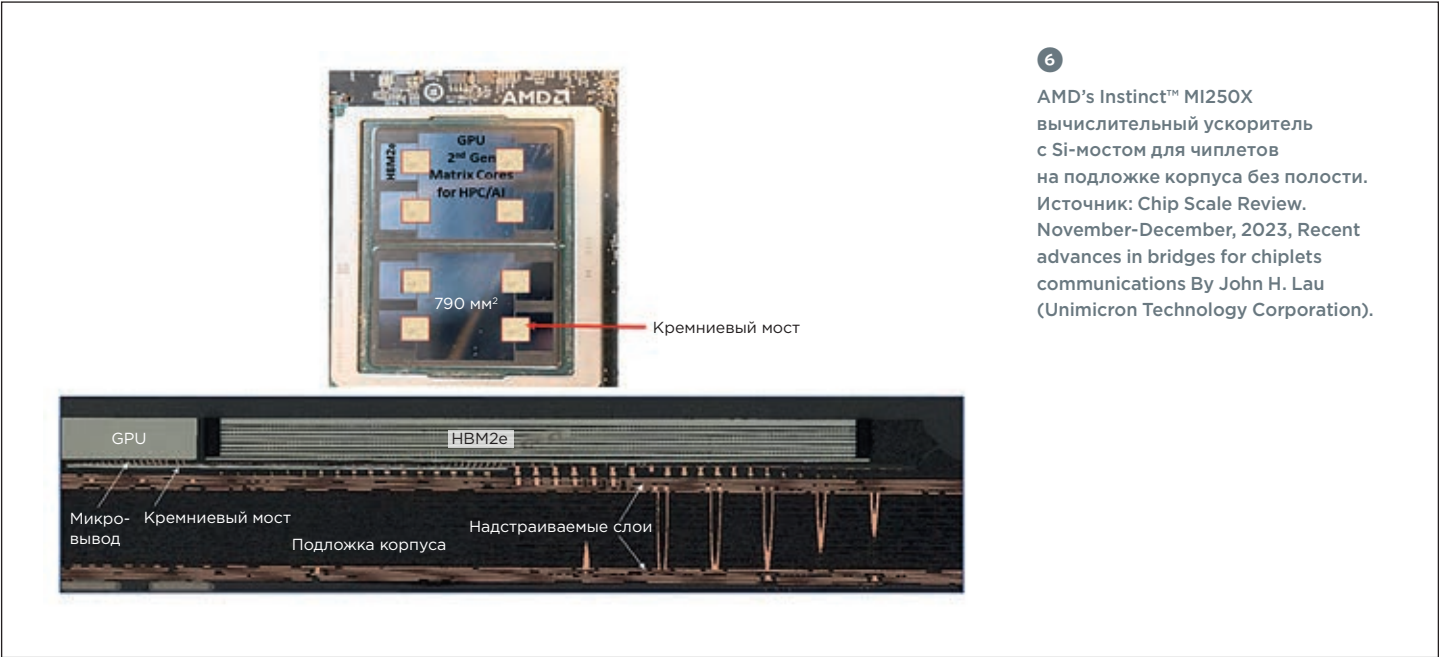


5

Si-мост DBH от IBM для чиплетов на подложке корпуса сборки без полости. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).

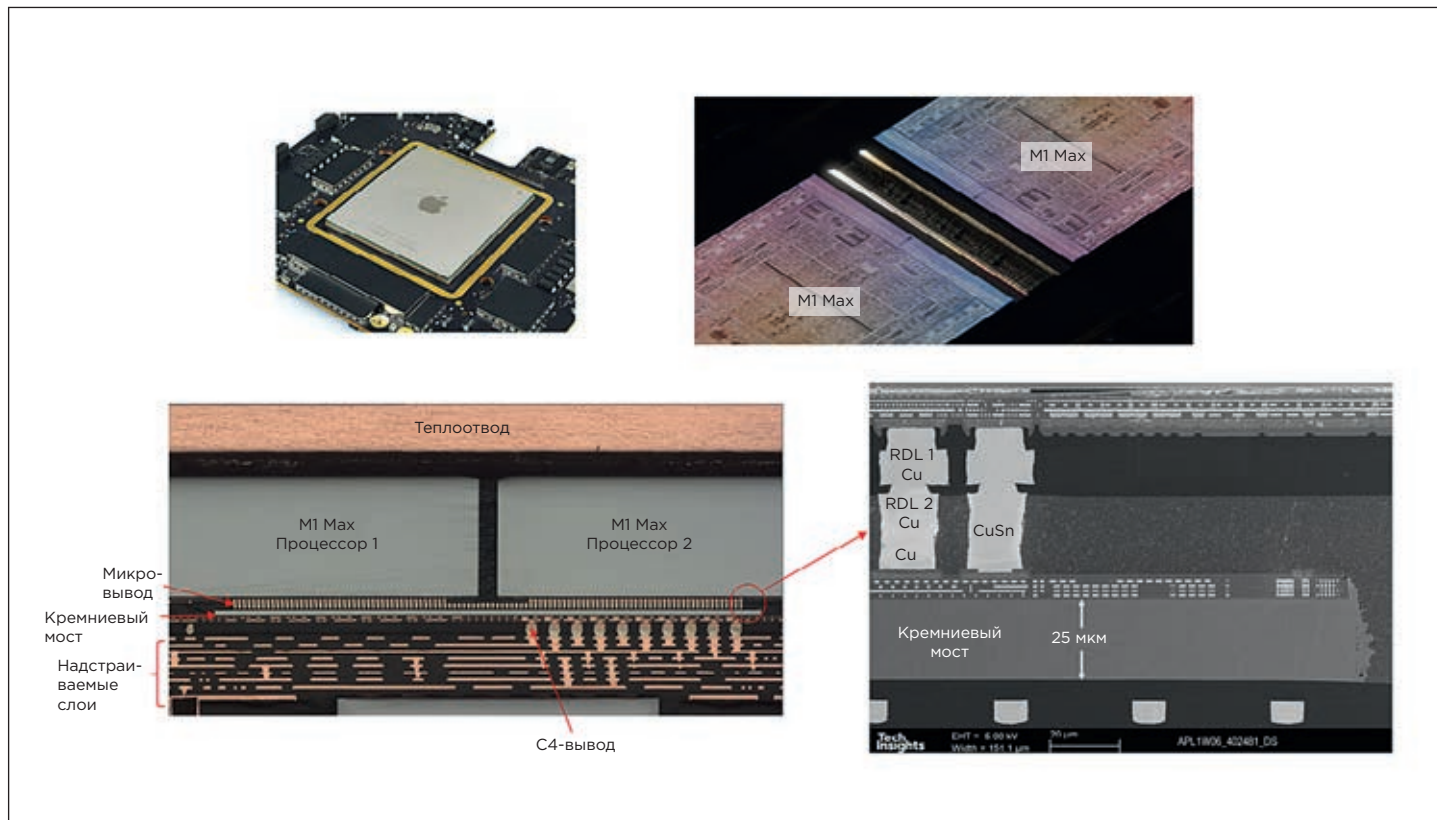
новый интерпозер, который состоит как минимум из LSI (или кремниевого моста) с TSV или без них и интегрированных RDL и выводов, образующих обновленный интерпозер. Малогабаритный LSI унаследовал все при-

влекательные особенности TSV-интерпозера за счет сохранения субмикронных медных межсоединений и так называемой разводки проводников (RDL), TSV и встроенных конденсаторов с глубокими каналами для обе-



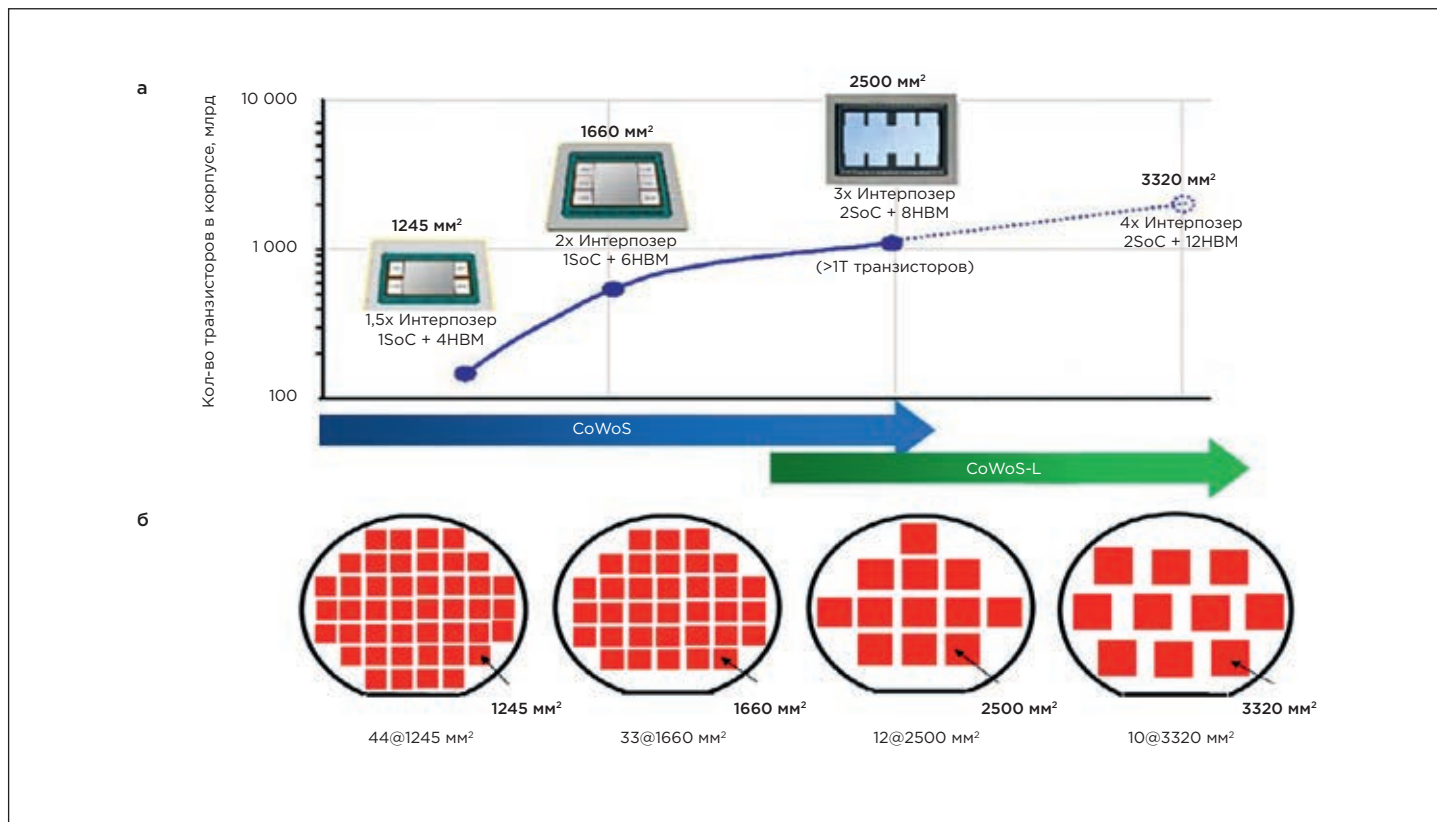
6

AMD's Instinct™ MI250X вычислительный ускоритель с Si-мостом для чиплетов на подложке корпуса без полости. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).



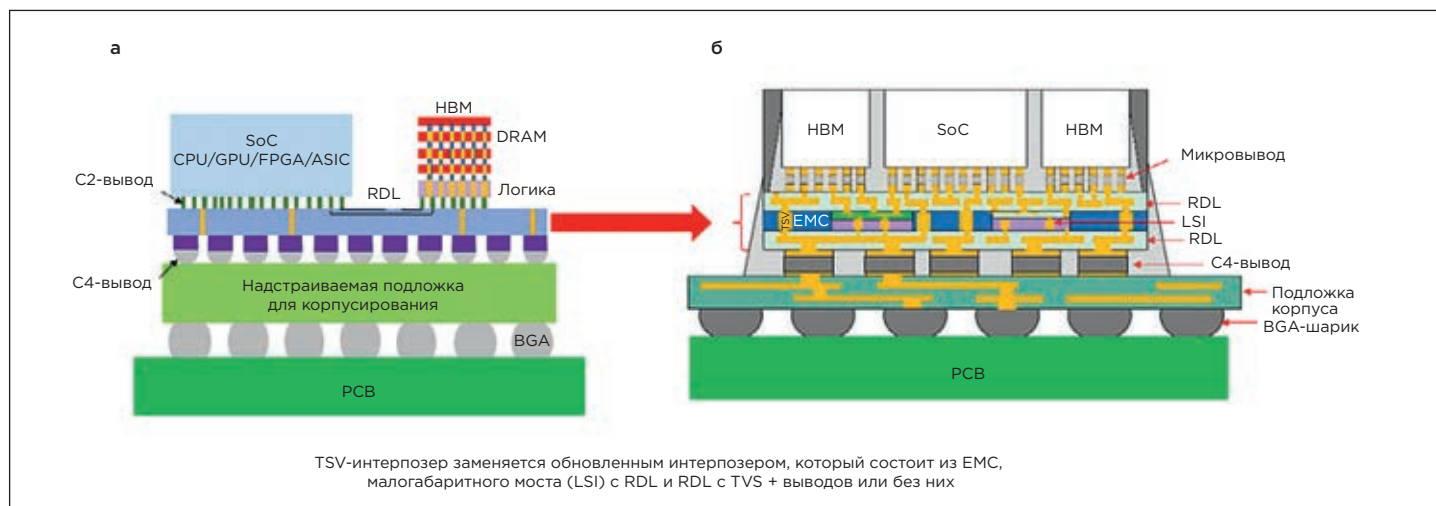
7

UltraFusion от Apple с Si-мостом для SoCs на подложке корпуса без полости. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).



8

а) Дорожная карта TSMC для CoWoS и CoWoS-L; б) количество TSV-интерпозеров в зависимости от их размера. Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).



9

а) CoWoS (2.5D IC интеграция); б) CoWoS-L от TSMC (обновленный интерпозер). Источник: Chip Scale Review. November-December, 2023, Recent advances in bridges for chiplets communications By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation).

спечения хорошей производительности системы. В то же время LSI малого размера позволяет избежать проблем, связанных с TSV-интерпозером большого размера – потери выхода годных при производстве. Металлические проводники малагабаритного моста (LSI) имеют шаг (минимум) = 0,4 мкм. И в конце концов, крупногабаритный TSV-интерпозер заменяется обновленным интерпозером, который состоит из EMC, малагабаритного моста (LSI) с RDL и RDL с TSV и выводов или без них.

### Подведем итоги, опираясь на хронологию появления той или иной технологии:

- В настоящее время интеграция 2,5D- и 3D-IC с TSV-интерпозерами является ключевой технологией полупроводникового корпусирования для высокоэффективных вычислений, IoT, автономных транспортных средств, для области больших данных, приложений мгновенной передачи данных, основанных на искусственном интеллекте и, конечно же, для поколений связи 5G/6G.

- Потери выхода годных на производстве увеличиваются из-за постоянно увеличивающегося размера TSV-интерпозера и становятся непомерно велики, как и стоимость изделия.
- TSV-интерпозер может быть просто заменен на Si-мост с RDL.
- TSV-интерпозер может быть заменен на Si-мост с RDL, который соединяет чиплеты с помощью микровыводов, при этом на подложке корпуса отсутствуют полости.
- Микровыводы могут быть заменены на соединения медных микростолбиков
- TSV-интерпозер может быть заменен как минимум Si-мостом (с RDL и с TSV или без них) и встроен в EMC с разветвленными RDL – CoWoS-L.

### В статье использованы материалы:

1. «Recent advances in bridges for chiplets communications» By John H. Lau (Unimicron Technology Corporation). Chip Scale Review. November-December, 2023.



# НЕ ПОКАЗЫВАЕМ ФОКУСЫ, А ФОКУСИРУЕМСЯ НА СОБСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Мы заботимся о том, чтобы все необходимые материалы и решения наилучшего качества всегда были в вашем распоряжении независимо от обстоятельств. В современных условиях лучшая основа для этого – собственное производство. Поэтому мы развиваем производственную программу, которая уже дает хорошие результаты. Сегодня она охватывает самые критичные продуктовые группы: отмывка, пайка и влагозащита. Часть материалов мы разработали и производим самостоятельно, часть – разрабатываем прямо сейчас, а некоторые товарные категории активно развиваем в партнерстве с зарубежными предприятиями.

Мы знаем, что делаем. А значит, у вас в любом случае будет все то, что вам необходимо.

ОСТЕК-ИНТЕГРА  
Технологические материалы для электронной промышленности  
+7 495 788-44-44 | [ostec-materials.ru](http://ostec-materials.ru)

 **ostec**  
группа компаний



## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

# Флюс-гель «Солиус ФГ-018»: чем паяют российские специалисты

„

На фоне ограничения поставок в Россию технологических материалов для электроники значительно вырос интерес отечественных производителей к продукции российского производства.

Отвечая на запросы своих клиентов, в 2023 году компания «Остек-Интегра» представила новую линейку современных паяльных материалов под брендом «Солиус», куда вошли паяльные пасты, припои для волновой и селективной пайки, флюсы, флюс-гели, трубчатые припои с флюсом.

О новой линейке паяльных материалов, особенностях флюс-геля «Солиус ФГ-018» и его применении в производстве электроники рассказал директор по продажам и маркетингу ООО «Остек-Интегра» Д.А. Поцелуев

### Денис Александрович, расскажите, почему вы приняли решение о создании нового бренда.

Более 15 лет компания «Остек-Интегра» поставляла на российский рынок паяльные материалы производства Indium Corporation: паяльные пасты, флюсы, флюс-аппликаторы, флюс-гели. Однако, в связи с введенными против России ограничениями и ужесточением контроля за экспортом из США и стран Евросоюза, поставки товаров под брендом Indium в 2023 году были прекращены. Следует сказать, что уже в течение 2022 года компания «Остек-Интегра», объективно оценивая ситуацию в мире, вплотную стала заниматься подготовкой полноценной замены поставляемой продукции.

Но поскольку пул поставщиков паяльных материалов у нас не ограничивается одним-двумя производителями, а, кроме того, у нас налажено собственное производство, мы приняли решение создать зонтичный бренд «Солиус» для всей группы паяльных материалов.

### Данный бренд объединяет продукцию как собственного, так и зарубежного производства?

Да, это так. Конечно, многим потребителям важно, а зачастую и необходимо, знать страну происхождения продукта, и мы никогда этого не скрывали, поскольку для нас в первую очередь важно, чтобы материал отвечал заявленным характеристикам и позволял выполнить определенные задачи на производстве. Нам, безусловно, известна практика перемаркировки или перефасовки зарубежной продукции на территории РФ другими компаниями, чтобы показать ее российское происхождение. На мой взгляд, это сомнительное дело, которое остается прежде всего на совести поставщика.

### Расскажите подробнее о продуктах из линейки «Солиус» вашего собственного производства. Какие материалы выпускаются серийно? Есть ли в планах расширение номенклатуры?

На текущий момент под брендом «Солиус» мы серийно производим в России паяльные флюсы и флюс-гели, и на этом, конечно, не остановимся.

Сегодня я хочу познакомить читателей с одним из наших первых серийных продуктов в линейке паяльных материалов «Солиус» – флюс-гелем «Солиус ФГ-018» (рис 1). Следует отметить, что жидкие флюсы и флюс-гели в настоящее время повсеместно применяются в процессе производства радиоэлектронной аппаратуры. У флюс-гелей несколько основных задач: быстро передавать тепловую энергию при пайке, обеспечивать хорошую смачиваемость, защищать от повторного окисления, удерживать компоненты на месте до завершения процесса пайки. Флюс-гели используют для пайки микросхем, BGA-элементов, SMD-чипов и других компонентов (рис 2, 3). Флюс-гель «Солиус ФГ-018»



Директор по продажам и маркетингу ООО «Остек-Интегра»  
Д.А. Поцелуев

не только выполняет все эти функции, но и отличается следующими особенностями:

- обеспечивает превосходное смачивание при пайке оплавлением;
- благодаря уникальному составу сочетает в себе преимущества клея для поверхностного монтажа и флюса для пайки;
- не требует отмывки (если же в соответствии



1

Флюс-гель «Солиус ФГ-018» производства ООО «Остек-Интегра»



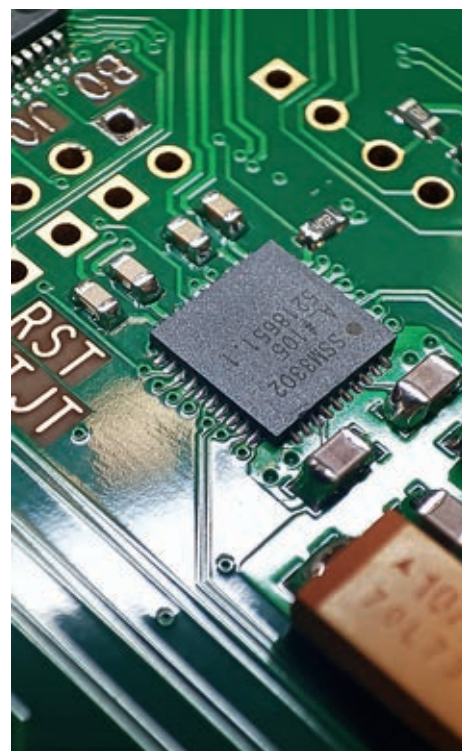
2

Флюс-гель «Солиус ФГ-018»  
до процесса пайки



3

Флюс-гель «Солиус ФГ-018»  
после пайки при 380 °C



4

Флюс-гель «Солиус ФГ-018»  
после отмытки в «Гидронол С10»

с классом производимой продукции отмытка обязательна, то «Солиус ФГ-018» прекрасно отмывается жидкостями «Гидронол» (рис 4);

- имеет широкий диапазон температур оплавления.

### На какие ключевые характеристики вы ориентировались при разработке флюс-геля «Солиус ФГ-018»?

Мы стремились сделать так, чтобы наш продукт на 100 % был полезен заказчикам. Для решения этой задачи мы плотно общались с ключевыми клиентами до начала разработки, выясняли все особенности применения флюс-гелей конкретно на их производстве.

Нам важно было, какие требования предъявляются к флюс-гелям, какие свойства наиболее критичны, флюс-гели каких производителей лучше всего показали себя в эксплуатации. В итоге мы определили самые важные для клиентов характеристики (это вязкость, активность, качество пайки, коррозионные свойства остатков флюса, цвет, запах), определили эталонные параметры и после этого приступили к разработке первых образцов.

### Получилось ли с первого раза разработать опытный образец и провести успешные испытания?

Первый удачный результат мы получили далеко не сразу. Продукт содержит более 10 компонентов, каж-

дый из которых отвечает за свою функцию в готовом материале, и нужно соблюдать баланс их присутствия в составе. Требовался точный подбор каждого компонента для составления работающей рецептуры. Для этого в нашем исследовательском центре проводились соответствующие испытания и отрабатывались варианты состава. В результате готовый продукт для опробования у заказчиков на производстве мы получили только после тридцатой итерации и подтверждения всех лабораторных исследований.

### Как осуществляется входной контроль сырья и выходной контроль готовой продукции?

Прежде чем допустить любой компонент на производство, проводят его химический анализ – как качественный, так и количественный, что исключает использование ошибочных и «грязных» компонентов в составе конечной продукции. Также мы осуществляем выходной контроль каждой партии готовой продукции по таким параметрам, как вязкость, клейкость, цвет, запах, а также обязательно проверяются кислотное число, коррозия (медное зеркало) и вязкость по Брукфильду. Дополнительно проводим тесты на пайку и отмытку. Каждая партия сопровождается сертификатом соответствия, в котором указывают допустимые значения по тестируемому параметру и фиксируется фактический результат тестирования.

**Спасибо за интересный рассказ.**

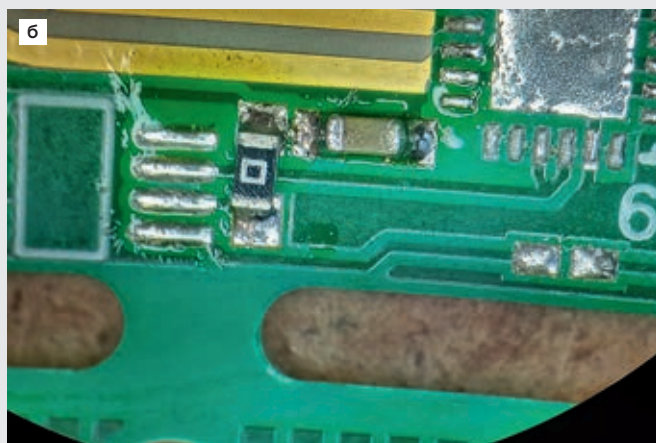
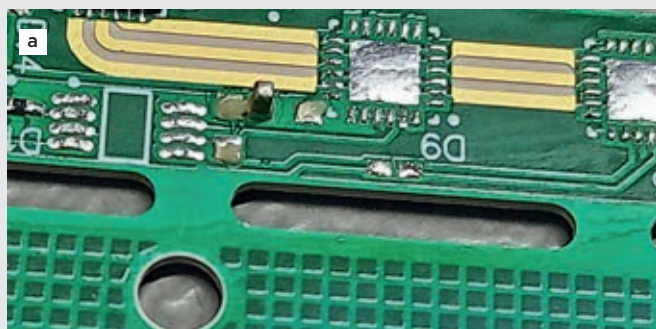


**Комментирует мастер участка одного из ведущих производителей информационных и комплексных систем управления Надежда Ивановна К.**

Исторически один из наших цехов для ручного ремонта и доработки печатных узлов применял ФКТ (флюс спиртоканифольный) собственного изготовления. В принципе, этот флюс справлялся со своей задачей, но возникали сложности с отмывкой, особенно когда проходило какое-то время после пайки. Десять лет назад мы попробовали флюс-гель Indium TACFlux 018. Он соответствовал нашим требованиям, и мы начали использовать его для поправки SMD-компонентов, частично для ремонта, переустановки BGA-микросхем. В дальнейшем этот флюс-гель мы распространили на весь ручной монтаж, в том числе монтаж выводных компонентов. Мы поняли, что он удобнее, чем ФКТ. Спиртоканифольный флюс требует дополнительных действий: он застывает, его надо оттирать щеткой, что может привести к повреждению маски, потому что твердые остатки сложно отмыть.

В прошлом году мы узнали, что Indium TACFlux 018 поставяться не будет. Но компания «Остек-Интегра» нам сразу предложила альтернативу – «Солиус ФГ-018». Мы искали и другие варианты, но ничего подходящего не нашли. Любой новый продукт перед внедрением в производство, даже если он позиционируется как аналог, должен сначала пройти внутренние испытания. Испытания флюс-геля «Солиус ФГ-018» прошли успешно, и мы приняли решение о переходе на этот продукт.

Сейчас флюс-гель «Солиус ФГ-018» используется на поверхностном монтаже для пайки сложных разъемов, СВЧ-элементов, при первичном монтаже и ремонте, при пайке различных подложек к критическим основаниям (рис 5). Применяем его также для пайки высокочастотных кабелей. При входном контроле паяльных материалов, в том числе флюс-геля «Солиус ФГ-018», мы сравниваем данные на этикетке с документацией от поставщика: сертификатом на партию, технической документацией, отгрузочными документами. Сам материал проходит проверку уже в процессе производства. Никаких замечаний по качеству продукции от монтажников не поступало.



5  
Исправление дефекта «надгробный камень» и установка компонента с помощью «Солиус ФГ-018»: а – до исправления; б – после исправления

**Комментирует ведущий инженер-технолог одного из главных российских производителей полупроводниковых изделий Роман Сергеевич М.**

На флюс в форме геля мы перешли несколько лет назад, отказавшись от применения спиртоканифольных флюсов. Переход был обусловлен более простой работой с этим материалом, в частности более простым удалением его остатков. До появления флюс-геля «Солиус ФГ-018» мы использовали флюс-гели компании Indium, а именно TACFlux 018 и TACFlux 020B.

При смене одного флюс-геля на другой мы провели ряд испытаний. «Солиус ФГ-018» испытывали для пайки кабелей и жгутов разных диаметров, выводных компонентов, SMD-компонентов в разных корпусах, начиная с типоразмера 0201, BGA-микросхем размером до 50 × 50 мм. Пайка проверялась на свинцовых и бессвинцовых сплавах. Все испытания прошли успешно.

Ключевые требования к применяемым нами флюс-гелям: легко удаляемые остатки, сохранение свойств при продолжительном воздействии высоких температур, хорошая клейкость, отсутствие резкого запаха при нагреве.

Исходя из собственного опыта практической работы, мы выделили ряд особенностей «Солиус ФГ-018»:

- при нагреве становится прозрачным;
- при длительном нагреве не выгорает, не желтеет, не коптит, отсутствует едкий дым;
- после пайки выводных разъемов и BGA-микросхем остается прозрачным, что улучшает визуальный контроль результатов монтажа;
- гуще аналогов, лучше приклеивает компоненты;
- хорошо работает с окисленными выводами;
- при ручной отмывке ведет себя хорошо, почти не оставляет следов;
- при монтаже BGA-микросхем выявлена особенность – более быстрый прогрев платы.

Процесс отмывки на нашем производстве организован следующим образом. После выполнения монтажных операций производится ручная отмывка жидкостью «Гидронол Р30», а также в установке струйной отмывки с использованием жидкости на водной основе «Гидронол В20». В соответствии с требованиями к качеству изделий нашего производства необходима 100 % очистка модулей от остатков флюсов.

Использование флюс-геля «Солиус ФГ-018» и жидкостей «Гидронол» позволяет достичь такого результата.

Флюс-гель «Солиус ФГ-018» хорошо отмывается, оставляет меньше следов в сравнении не только с аналогами, но и с флюс-гелем Indium. Качество отмывки оцениваем визуально под микроскопом, в ближайшее время введем дополнительный контроль с помощью специальных наборов для оценки качества отмывки «Гидронол» КФ и КС.

Следует отметить превосходную совместимость «Солиус ФГ-018» со свинцовыми и бессвинцовыми сплавами. На производстве мы применяем паяльную пасту «Солиус Н1» от того же производителя. В целом мы довольны поставляемым материалом и рады, что появилась линейка качественных совместимых технологических материалов одного бренда: пасты, флюсы, флюс-гели, отмывочные жидкости.



# МИР НЕПРЕДСКАЗУЕМ, НО НАШЕ СЛОВО НАДЕЖНО

Лучшее, что мы можем сделать, чтобы обрести уверенность в стремительно меняющемся мире, это поддерживать друг друга в достижении общих целей. Мы отвечаем не только за качество всех материалов, которые предлагаем. Не только за сроки поставки и уровень технической поддержки. Но и за качество отношений, которые у нас с вами при этом складываются. Мы делаем именно то, что обещаем, и именно так, как обещаем. И даже если окружающие условия при этом меняются, мы делаем так, чтобы результат отвечал поставленной задаче.

Потому что ситуация меняется,  
а отношения остаются.

ОСТЕК-ИНТЕГРА  
Технологические материалы для электронной промышленности  
+7 495 788-44-44 | [ostec-materials.ru](http://ostec-materials.ru)

**ostec**  
группа компаний

# КАЧЕСТВО

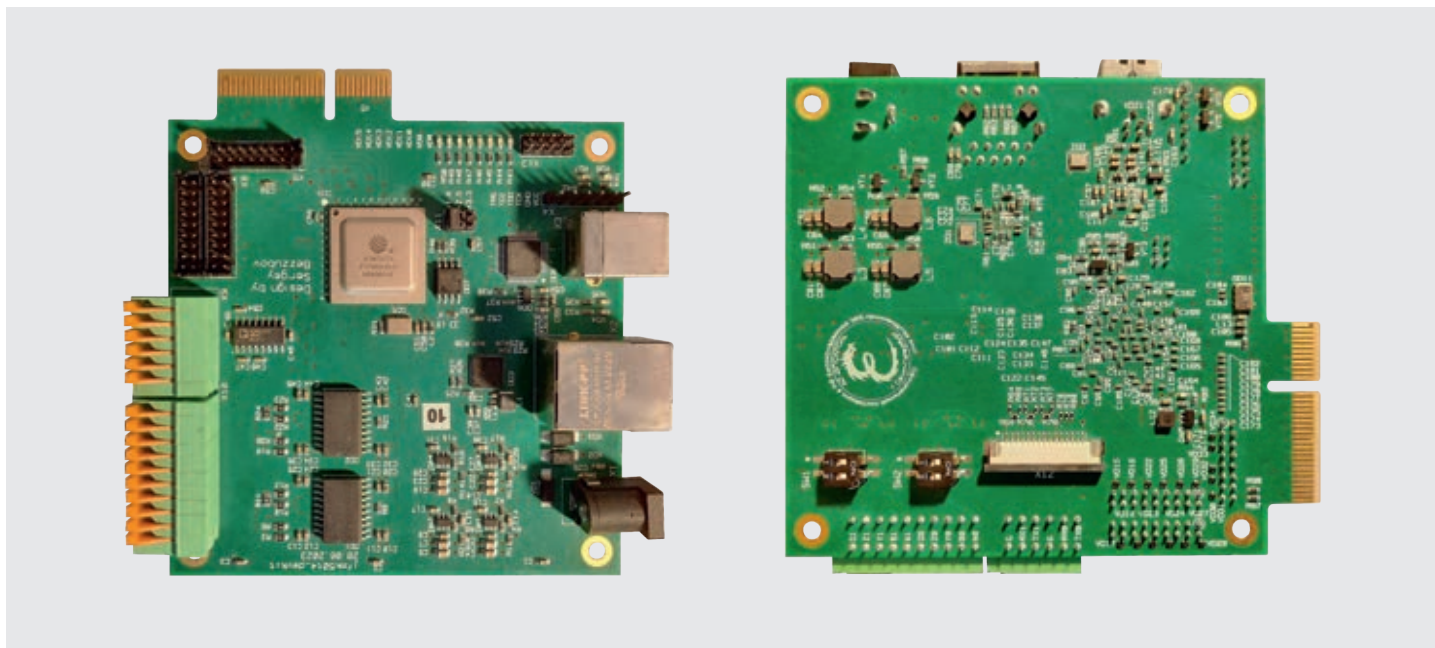
## Тесто- пригодность ЭКБ из КНР

Текст: Алексей Иванов

”

Вихрь перемен промчался по российской электронике за последние 2 года. Использование привычной западной ЭКБ в новых изделиях стало фактором риска и неопределенности, поэтому российские разработчики активно осваивают отечественные и китайские компоненты. В статье мы поговорим о тестопригодности, которую дают будущим изделиям те или иные компоненты, а именно – о поддержке ими стандарта периферийного сканирования IEEE 1149.1.





1

Внешний вид отладочной платы для ПЛИС JFMK50T4

Поводом для написания статьи послужил очередной эксперимент с микросхемой ПЛИС (FPGA) JFMK50T4. Эта микросхема производства Shanghai Fudan Microelectronics является заменой американской ПЛИС семейства Artix7.

Поддержка стандарта периферийного сканирования компонентами, выпускаемыми западными компаниями, приближается к стопроцентной (здесь, конечно, речь идет о процессорах, ПЛИС и микроконтроллерах). Это очень удобно – разработчик, который заботится о тестировании и диагностике своих будущих продуктов, почти наверняка знает, что такие компоненты будут совместимы с IEEE 1149.1. Хотя и здесь нужно быть бдительным: бывают и пробелы в поддержке периферийного сканирования, и отсутствие необходимых для генерации тестов BSDL-моделей (последние в связи с закрытием поддержки в РФ западными вендорами теперь стало сложнее заполучить).

Как это ни странно, поддержка стандарта IEEE 1149.1 отечественными компонентами находится на довольно высоком уровне: в списке испытанных – микросхемы Эльбрус, Миландр, ВЗПП-С, НТЦ Модуль, НИИСИ РАН и многие другие. Многочисленные проверки показали стабильность работы периферийного сканирования, корректность BSDL-моделей. Но, к сожалению, использовать массово российские компоненты (надеемся, что пока) под силу немногим. Большим открытием для российской электроники стало внезапно открывшееся многообразие ЭКБ высокого уровня из КНР – процессоры, микроконтроллеры, ПЛИС выпускаются там десятками различных компаний и научных институтов.

Как только окно в Европу стало закрываться, а в Китай – открываться все шире, мы сразу же принялись

за исследование: что же китайская ЭКБ предлагает в части поддержки периферийного сканирования, насколько платы, собранные на их основе, будут тестопригодными? Большим подспорьем оказалось знакомство с поставщиком компонентов из КНР – компанией Эпсилон. Благодаря им пару лет назад у нас появились две отладочные платы с радиационно-стойкими ПЛИС от BMTI (Beijing Microelectronics Technology Institute, Пекин). Эксперименты показали, что микросхемы полностью поддерживают стандарт IEEE 1149.1, все тесты были успешно запущены и выполнены. Аналогично успешно прошло испытание микроконтроллера Geehy Semiconductor. Нельзя сказать, что все микросхемы из Китая, которые теперь уже повсеместно можно увидеть на рабочих столах российских разработчиков, безусловно поддерживают периферийное сканирование. И часто проблема даже не в отсутствии таковой поддержки, а в коммуникации с производителем микросхемы. Ведь для создания и запуска тестов нужна информация, корректная BSDL-модель. Иногда, если микросхема является аналогом западной, можно однозначно использовать BSDL-модели от оригиналов, но это не всегда работает, так как у некоторых китайских микросхем своя собственная конфигурация регистра периферийного сканирования (boundary-scan register) и своя распиновка.

Так получилось, например, с микросхемой Fudan JFMK50T4. Для эксперимента нам была предоставлена отладочная плата от АО Эпсилон (рис 1). Как уже говорилось, JFMK50T4 является аналогом FPGA семейства Artix7, США. Однако, как выяснилось далее, не 100 % аналогом, в том числе по строению регистра периферийного сканирования, отличалась и физическая распиновка.

T-TAP	Chain	Board	Device	Register	CAPTURE Test
1	DD9	jfmk50t4_devkit_1	DD9	IR	XXXX01
		jfmk50t4_devkit_1	Flag	IR-pattern	11111110000000
T-TAP	Chain	Board	Device	Register	IDENT Test
1	DD9	jfmk50t4_devkit_1	DD9	ID	XXXX0011011000101100000010010011
T-TAP	Chain	Board	Device	Register	TRST Test
1	DD9	jfmk50t4_devkit_1	DD9	IR	XXXX0–
		jfmk50t4_devkit_1	–		1

2

Результат прохождения теста инфраструктуры периферийного сканирования JFMK50T4

Для проверки был создан проект с тестовыми приложениями периферийного сканирования. Опираясь на предыдущий опыт работы с китайской ЭКБ, за основу была взята BSDL-модель от западного аналога этой ПЛИС. Напомним, что BSDL-модель – это файл, описывающий тестовую инфраструктуру периферийного сканирования внутри микросхемы, на основе этого файла и CAD-данных платы генерируются различные приложения.

EMERGED_NET_CAM_CLK_N	EMERGED_NET_CAM_D_NO	EMERGED_NET_CAM_D_N1	CAM_GPIO	CAM_PWR_EN	CAM_SCL	CAM_SDA
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0L	0L	0L	0L
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0L	0L	1H	1H
0L0Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0L	1H	0L	0L
0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	1H1Z1Z1Z	0H	0L	0L	1H
1H1Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	1H1Z1Z1Z	0L	1H	0L	1H
0L0Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	0L0Z0Z0Z	0H	0L	1H	0L
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	0L0Z0Z0Z	0L	1H	1H	0L
1H1Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0H	0L	1H	1H
0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0H	1H	0L	0L
0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0L0Z0Z0Z	0H	1H	1H	1H
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0L	0L	0L	0L
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0H	1H	1H	1H
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0H	1H	1H	1H
1H1Z0Z0Z	0H0Z0Z1Z	1H1Z1Z1Z	0H	1H	1H	1H

3

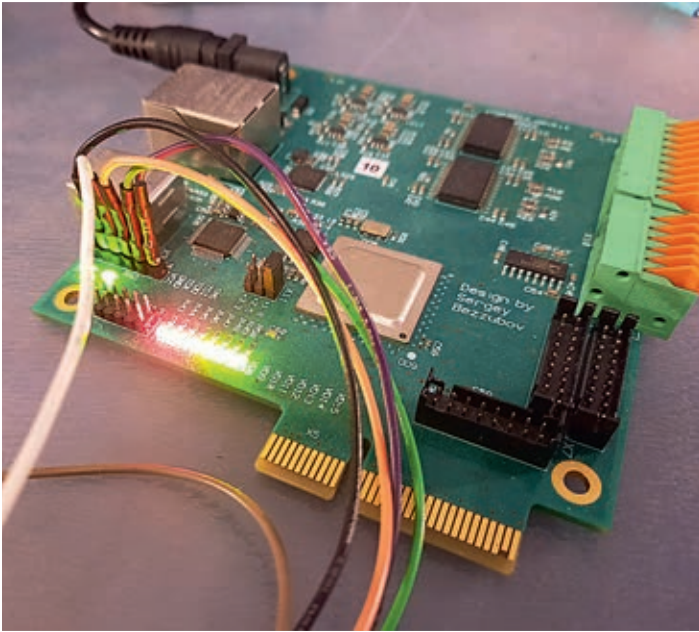
Тест межсоединений отладочной платы после корректировки BSDL-файла

Первоначальный тест JTAG-инфраструктуры у JFMK50T4 дал положительные результаты (рис 2). Были успешно проверены ID-код, совпадавший с ID от аналогичной микросхемы Artix7, регистр команд и даже длина регистра периферийного сканирования. Таким образом, на данном этапе BSDL-модель от Artix7 вполне подходила для использования.

Когда дело дошло до теста межсоединений (это тест, который уже полностью задействует регистр периферийного сканирования микросхемы, выставляя и считывая тестовые векторы с цепей платы, на которую она установлена), мы столкнулись с рядом трудностей. Проблема состояла в том, что не было ни одного успешно проходящего вектора или отдельной цепи. Сложилось впечатление, что режим периферийного сканирования просто не включается. Однако проведенная серия экспериментов показала, что активность выводов JFMK50T4 есть, но не там, где предполагалось, – производится попытка выставить данные на одних выводах, а они появляются на других. В процессе дальнейших поисков выяснилось, что китайский разработчик ПЛИС все же предоставляет свой BSDL-файл, который нашелся в пакете документации. Изучение данного BSDL-файла показало, что за основу был взят файл от Artix7, где был изменен порядок следования ячеек сканирования. Однако стало очевидно, что файл нужно редактировать далее, поменяв его в части физических выводов (шариков корпуса BGA), и такая работа была проделана. Таким образом, файл от западной микросхемы-аналога был модифицирован китайскими инженерами только наполовину для его соответствия JFMK50T4 от Fudan Microelectronics и был непригоден для использования в средствах проектирования JTAG-тестов.

После ручного редактирования BSDL-файла результаты тестов стали более корректными. Стали появляться цепи и выводы ПЛИС, у которых происходит корректное выставление и считывание данных. На основании этого можно сделать вывод, что микросхема JFMK50T4 действительно работает в режиме перифе-





4

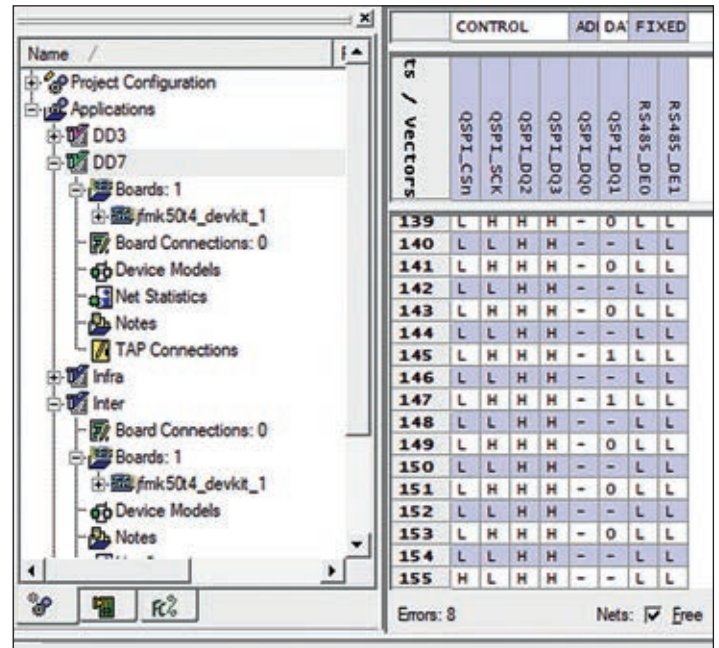
Результат выполнения тестового вектора для светодиодов

рийного сканирования. Тем не менее, осталась группа выводов, у которых данные из регистра периферийного сканирования выставляются на внешние цепи платы, но логические уровни с этих цепей не считываются ячейками сенсоров (рис 3). Это говорит о том, что BSDL-файл необходимо подвергнуть дальнейшей корректировке, а саму микросхему – дальнейшим исследованиям на макетной плате. Если у российских пользователей ЭКБ от Fudan Microelectronics возникнет такая задача, то она может быть выполнена. Конечно, есть простая возможность отредактировать BSDL-модель так, чтобы система тестирования считала, что входные ячейки (сенсоры) физически не подключены к выводам микросхемы, тогда можно добиться полностью проходящего теста. Но в таком случае мы снизим тестовое покрытие и диапазон обнаруживаемых дефектов на будущих серийных изделиях, построенных на базе JFMK50T4.

Способность нормально выставлять тестовые данные и именно на указанных в программе выводах хорошо видна при выполнении простого приложения, где вручную заданные данные выставляются на цепи светодиодов отладочной платы (рис 4).

Как мы уже сказали, часть выводов микросхемы с текущей версией BSDL-файла имеют полноценную функцию выставления и считывания данных. К таким выводам на отладочной плате оказалась подключена микросхема флэш-памяти FM25Q128A (тоже Fudan) с последовательным интерфейсом. Нам удалось сгенерировать и успешно запустить ее тест (проверка ID-кода), а также провести операции чтения, записи и стирания (рис 5).

Вывод по поддержке периферийного сканирования микросхемой JFMK50T4 можно сделать такой: данная



5

Тест ID-кода отдельной микросхемы флэш-памяти

технология поддерживается, имеется строго зафиксированная длина регистра сканирования, что очень важно, и четко работающие участки этого регистра. Однако для полноценного использования возможностей стандарта IEEE 1149.1 необходима дальнейшая модификация имеющегося BSDL-файла. В целом по микросхемам из КНР выводы делать пока еще рано: в Китае есть довольно значительное число своих брендов, каждый из которых выпускает большие линейки ПЛИС, процессоров, микроконтроллеров. Нам для экспериментов с периферийным сканированием попало лишь несколько разных представителей китайской микроэлектронной отрасли. Можно сказать, что у некоторых стандарт IEEE 1149.1 поддерживается, у некоторых – нет, а у кого-то просто невозможно получить информацию.

Но работа по выяснению тестопригодности китайской ЭКБ еще впереди. Приглашаем читателей, столкнувшихся с применением в своих изделиях ЭКБ из КНР или только рассматривающих ее применение, к совместному исследованию в сфере поддержки стандарта периферийного сканирования IEEE 1149.1.

**Помощь в поиске BSDL-файлов для различной ЭКБ предоставляет сайт [www.jtag.expert](http://www.jtag.expert). Через сайт также можно связаться со специалистами для выяснения ситуации с отсутствующими моделями и тестопригодностью изделий в целом.**

# Серверные блоки питания?

## Испытаем и расскажем, как!

Текст: Тимофей Максимов

”

Цифровой мир окружает нас со всех сторон. Его присутствие для наблюдателя амбивалентно – имея перед глазами экран устройства, мы едва ли можем оценить его размер, так же как под небольшой вершиной айсберга мы не увидим настоящей громады под водой. Та самая «подводная» параллельная вселенная живет во множестве дата-центров, от которых во все стороны расходятся информационные сети. Чтобы питать кибернетического левиафана, некоторые страны уже сегодня тратят от нескольких единиц до десятков процентов вырабатываемой мощности электроэнергии. Помните, как было в «Матрице»? Зловещие массивы с людьми в красных капсулах, послушно вырабатывающие энергию для роботов! К счастью для человечества наша реальность куда прозаичнее и немного гуманнее, однако вопрос эффективности и надежности питания вычислительной техники стоит не менее остро, чем в упомянутом киберфантастическом мире. Как и с помощью чего решается этот вопрос?



Когда нужно разобраться в вопросе, всегда полезно вспомнить историю, в нашем случае – историю развития источников питания устройств в целом и импульсных источников в частности. На заре своего развития вычислительная техника была громоздкой, ненадежной, очень дорогой и прожорливой. Питание зачастую обеспечивали электромоторы-генераторы, преобразующие сетевое напряжение в необходимое устройству. Подобный способ требовался, в первую очередь, для суперкомпьютеров, например, в 70-х годах прошлого столетия в легендарной серии Cray.

Однако большинство вычислительных устройств обеспечивали питанием преобразователи линейного типа. Механизм тут прост: сетевое напряжение сначала понижается трансформатором до требуемого, потом выпрямляется диодным мостом и сглаживается конденсаторами. В компьютерных блоках питания рубежа 60-х и 70-х годов также использовался транзисторный линейный регулятор, снижающий и удерживающий напряжение на необходимом уровне.

Примерно в то же время набрал популярность куда более перспективный тип преобразователей питания – импульсный. Активное развитие транзисторов и микроэлектроники в целом в начале второй половины XX века позволило поднять частоту преобразования до единиц и десятков килогерц, тем самым уменьшив трансформатор до разумных размеров и резко повысив эффективность. Считается, что Стив Джобс стал первым, кто применил импульсные источники питания (ИИП) в персональных компьютерах, таких как Apple II. Однако, вопреки расхожему мнению, пионером в использовании ИИП он не был, ИИП уже много где использовались, например, в портативных осциллографах Tektronix. Тем не менее, Стив Джобс без всяких сомнений сформировал ставший привычным нам порядок вещей для компьютерной техни-

ки. А сейчас мы буквально окружены мириадами устройств, и каждое из них содержит или заряжается преобразователями импульсного типа.

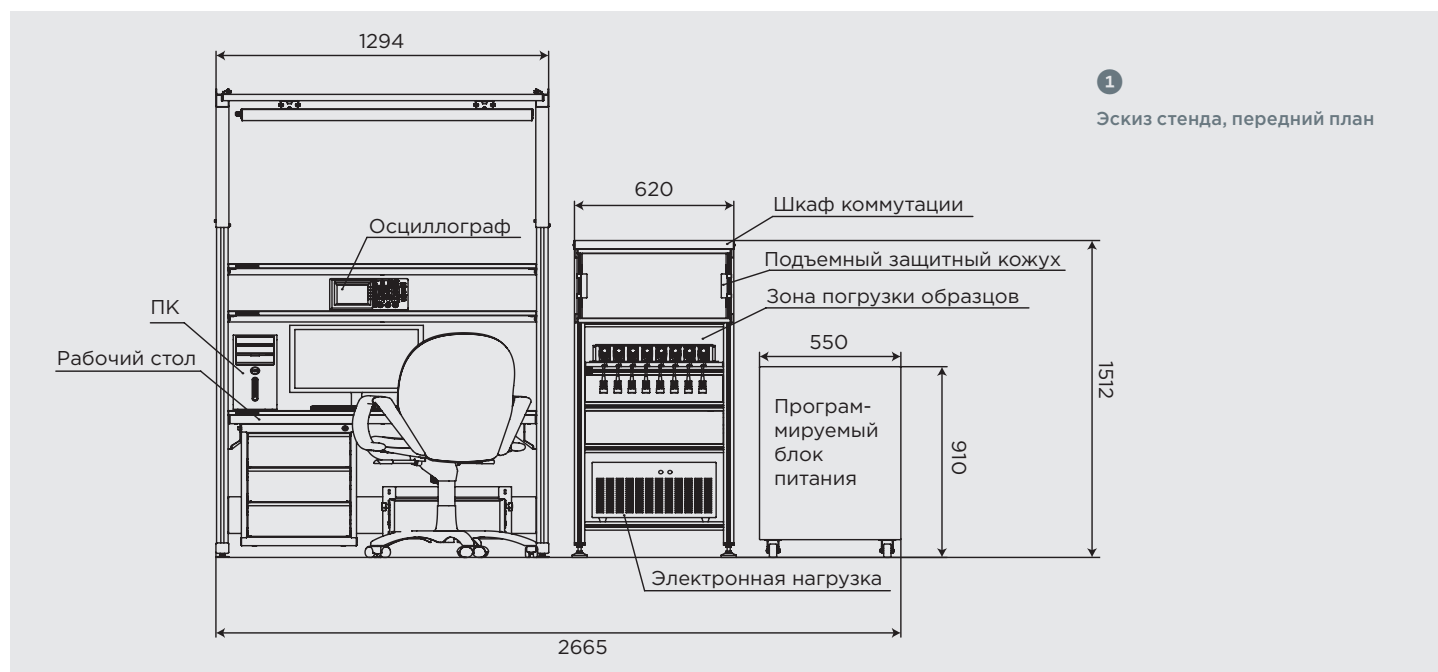
Весь цифровой мир человечества физически базируется в дата-центрах. Там «хостятся» сайты, производятся различные вычисления, хранятся данные пользователей. Сбои в телекоммуникационном оборудовании и потери данных чрезвычайно болезненны, а также неприемлемы, что объясняет строгие требования к надежности вычислительной аппаратуры. Это же касается и обеспечения её питанием.

ИИП для серверов и систем хранения данных представляют собой сложные устройства с цифровым управлением. Инженеры вложили много усилий, чтобы в конечном итоге такие блоки получились компактными, но мощными; плотно скомпонованными, но технологичными; функциональными, но не заоблачно дорогими; энергоэффективными, надежными и безопасными.

Казалось бы, что здесь может пойти не так? Да в сущности то же, что и в любом другом устройстве – это дефект. И ловить его необходимо на контроле при производстве, чтобы такое изделие не попало к пользователю.

В соответствии с требованиями заказчика подобный стенд должен обеспечивать комплексную автоматизированную проверку не менее тысячи блоков питания в месяц, а сами измерительные средства обязательно должны быть внесены в Госреестр СИ РФ. Специфика производства требует от стенда обеспечивать еще и высокую пиковую производительность – в таких случаях он способен работать непрерывно не менее шестнадцати часов. Чтобы снизить временные затраты оператора на переподключение блоков питания, в стенде предусмотрены восемь слотов для очередного тестирования, закрываемых дверцей с концевиком и цепью разрешения тестирования.

Было решено дать системе обозначение – система контроля источников питания. Её эскиз представлен на рис 1.



1

Эскиз стенда, передний план



2

Тестируемый блок питания в одном из слотов стенда



4

Модуль распределения входного напряжения на 8 слотов стенда



5

Контактное устройство с выходов блоков питания

Какие виды проверок должен обеспечивать стенд? В самом начале следует убедиться, что блок питания поддерживает выходное напряжение с требуемой точностью. Программируемый блок питания подаёт заданное входное переменное напряжение, а электронная нагрузка задаёт выходной ток от 1 А до максимального и при каждом шаге измеряет напряжение. Далее блок питания последовательно нагружается на 20 %, 50 % и 100 % для вычисления КПД с помощью показаний поданной и потреблённой мощностей.

Реакцию блока питания на изменение нагрузки на выходе отслеживает осциллограф. В случае мгновенного включения нагрузки с 0 до 100 % время переходных процессов не должно превышать 0,7 с. Осциллограф также фиксирует время отключения блока питания, если электронная нагрузка имитирует короткое замыкание. И осуществляет необходимые замеры для оценки

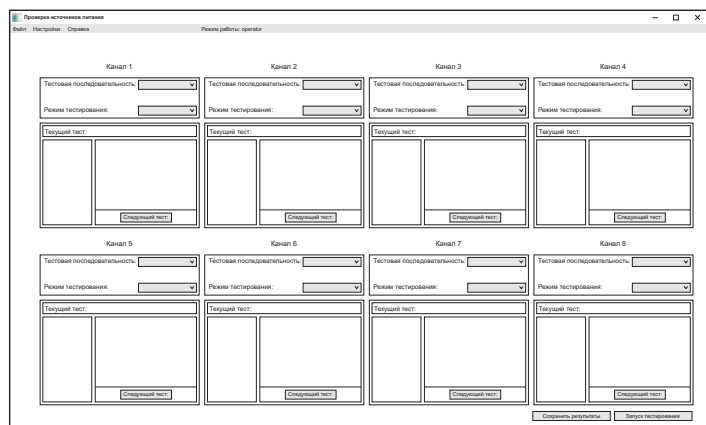
пульсаций выходного напряжения про 100 % нагрузке. Как и все остальные модули внутри системы осциллограф подключен к ПК и управляется с помощью ПО.

Качество изоляции корпуса и выходных линий относительно входных обеспечивает высоковольтный тестер, сопротивление изоляции измеряется при 500 В. Конфигурации линий при этом кардинально отличаются от функциональных тестов, когда блок питания включен. Поэтому для недопущения ошибочных переключений линий предусмотрено сразу несколько линий защиты:

- пользовательское ПО содержит уже отлаженные валидные тесты;
- встроенная управляющая программа коммутационных модулей не допускает запрещенных переключений;
- состояние релейного поля определено аппаратной логикой, защищающей от запрещенных комбинаций.

Если всё же произойдет внештатная ситуация, и оператор решит вмешаться в испытательный процесс, то открытие дверцы рабочей зоны немедленно прервёт процесс, а кнопка аварийного останова обесточит всю систему. Всё перечисленное – необходимые меры для обеспечения безопасности оператора и оборудования.

Управляет измерительными приборами и блоками специально разработанное под данную задачу программное обеспечение (рис 3). Важным в подходе нашей компании к работе является то, что мы оставляем все исходные коды для самостоятельного внесения изменений заказчиком. Работа ПО построена для упрощения работы оператора:



3

ПО «Проверка источников питания»



6

Вид двух стендов в рабочем состоянии

- можно выбрать каналы, в которые установлены тестируемые блоки;
- из заранее подготовленных тестов можно выбрать необходимые для текущего исполнения;
- можно составить тестовую последовательность.

Закончив с настройками и запустив тестовую последовательность, оператору останется только наблюдать и слушать, как модули дружно трудятся над поставленной задачей. А ведь звучание у стенда характерное, «щелкающее». Стенд имеет внутри множество коммутации (рис 4). Поскольку по заданию заказчика мощность в линейке тестируемых блоков питания доходит до 3 кВт при 12 В выходного напряжения, то как коммутация, так и соединения должны быть на это рассчитаны. Поэтому выходные линии с блоков питания на модуль электронной нагрузки соединяются внушительными медными шинами через мощные коммутирующие устройства.

Много внимания было уделено соединению с выходом тестируемого блока питания, поскольку он представляет собой металлизацию на плате под краевой разъем. Для обеспечения штатных токов таким соединениям требуется значительное охлаждение. И мы решили создать своё контактное устройство (рис 5), рассчитанное и на требуемые токи, и на большое количество контактирований.

С платой соединяются специально спроектированные упругие бронзовые контакты. Место контакта в каждом слоте стенда охлаждается восходящим потоком нагнета-

емого вентилятором воздуха, при этом поток регулируется в ходе тестирования и становится максимальным при непосредственной работе блока питания. Также в контактном устройстве предусмотрена активация линии PSON для включения блока питания и выведение отдельных линий на модуль электронной нагрузки для замера напряжения непосредственно на выходе блока питания. Без этого конечные результаты будут искажены падением напряжения на соединениях и коммутации – очевидно, при больших токах оно существенно.

## Заключение

Цифровизация мира продолжает неумолимое движение вперед. Всё больше данных, всё больше процессов переносится в электронный мир. И каждая часть должна работать как часы, демонстрируя максимальную надежность. Масивы мерцающих в полутьме серверов, опутанных кабелями, впечатляют. К ним распределяются киловатты, а то и мегаватты электроэнергии, проходя через блоки питания, к которым предъявляется длинный список требований, и они не должны подвести. Поэтому производитель заботится об испытаниях, подвергая каждый произведённый блок питания тщательному контролю.

Задача создать для заказчика систему, позволяющую проводить комплексные испытания серверных блоков питания, нами выполнена (рис 6). И мы надеемся, что отныне, если и случится сетевой сбой, то виноват в этом будет не блок питания! \



# Измеритель E7-35: зачем он нужен?

Текст: Дмитрий Еремин

”

В современных реалиях активно идет процесс развития и укрепления отечественной промышленности, поэтому потребность в измерительном оборудовании проявляется особенно остро. Предприятиям, которые специализируются на проектировании, изготовлении электронных устройств и комплектующих, всегда требовались приборы для определения физических характеристик используемых или производимых радиокомпонентов. Заводы, изготавливающие конденсаторы, производители моточных изделий, а также потребители этой продукции, конечно, не стали исключением. Примечательно, что несмотря на еще недавно существовавшую возможность приобретения импортных измерителей емкости и индуктивности, на таких предприятиях широко использовались отечественные приборы резонансного типа E7-9 и даже их «прародители» с ламповой схемотехникой – E7-5а. Причин, по которой эти устройства до сих пор не теряют актуальность, несколько.





1

Измеритель емкости и индуктивности резонансного типа Е7-35

Во-первых, резонансный метод позволяет измерять малые емкости и индуктивности с высокой точностью, чем может похвастаться далеко не каждый современный RLC-метр. Во-вторых, что удивительно, западные компании так и не освоили в производстве приборы резонансного типа. Поэтому достойных зарубежных аналогов, в которых реализован данный метод измерения, просто не существует. Несмотря на такие достоинства, как высокая надежность и хорошая ремонтпригодность, Е7-9 и Е7-5а являются разработками полувековой давности и морально устарели, а потому более не производятся. Большой вес и габариты корпуса, архаичные способы проведения измерений и отсутствие возможности подключения к ЭВМ – вот основные слабые места данных приборов.

Компания «Остек-Электро» занимается не только импортозамещением, но и модернизацией приборов СССР. Несмотря на неизменность принципов измерений таких электрических характеристик, как емкость и индуктивность, советские измерители не соответствуют современным требованиям к эргономике и встраиваемости в системы. Обеспечить удобство пользования, продвинутую индикацию измеренных значений, автоматизацию измерений за счет связи с ПК, работу программного обеспечения и предложить улучшенный аналог – вот основные задачи.

Специалисты компании решили продолжить линейку измерителей емкости и индуктивности резонансного типа и разработали прибор Е7-35 (рис 1). Его главными достоинствами по сравнению

с предыдущими моделями являются диапазон измеряемых емкостей, расширенный в 20 раз ([1; 100000] пФ против [1; 5000] пФ) и улучшенная точность, достигнутая за счет тщательно подобранных опорных конденсаторов и внутренних катушек особой конструкции, спроектированных специально для этого устройства. Фактическая относительная погрешность прибора достигает  $\pm 0,03\%$ , что сравнимо с характеристиками таких иностранных приборов, как измеритель прецизионный LCR Keysight E4980A (относительная погрешность  $\pm 0,05\%$ ), цена которого исчисляется миллионами рублей.

Эти катушки индуктивности далеко не единственное нетривиальное техническое решение, использованное при разработке прибора. Так, например, была проведена научно-исследовательская работа, результатом которой стал набор частотно-независимых мер емкости (рис 2). Причиной проведения НИР послужило отсутствие эталонной базы для передачи единицы величины электрической емкости для измерителей, способных работать на частоте свыше 100 кГц в диапазоне от 1 пФ до 100000 пФ. Для изучения метрологических характеристик комплект был направлен во ВНИИФТРИ на исследования, результаты которых подтверждают, что данные меры емкости можно использовать в качестве промежуточных эталонов для калибровки измерителей, работающих на широком диапазоне частот.

При конструировании Е7-35 особое внимание было уделено компоновке органов управления, что позволило сделать измеритель удобным в работе. Управление прибором происходит через сенсорный



2

Промежуточные эталоны емкости C735

дисплей, на котором отображаются пункты меню и измеренные значения (рис 3). Управление, продублированное кнопками, а также интуитивно понятное меню позволяют без затруднений использовать этот измеритель в условиях производства. Также измеритель E7-35 оснащен промышленным интерфейсом RS-485, что дает возможность встраивать его в измерительные системы и стенды. С помощью этого же интерфейса осуществляется подключение прибора к компьютеру и передача данных между ними и, таким образом, реализуется возможность

сохранения результатов измерения прямо на ПК, минуя ручной ввод с клавиатуры.

Одно из важных преимуществ измерителя E7-35 перед его предшественниками E7-9 и E7-5 – это возможность непрерывного измерения емкости или индуктивности с динамическим отображением измеренной величины на экране прибора или на мониторе ПК. Для старых советских приборов такой вариант невозможен, а на многих приборостроительных предприятиях стоит задача подстройки параметров контуров прямо на плате. Разработчики и наладчики часто сталкиваются с тем, что необходимо изменять индуктивность и емкость регулируемых компонентов, измеряя параметры прямо «на ходу». В данном случае прибор E7-35 выступает достойной технологичной заменой предшественникам, совершенствующей производственные процессы. Также измеритель обладает небольшим весом, меньшими габаритами и улучшенной эргономикой.



3

Интерфейс измерителя E7-35

**Перечисленные преимущества прибора позволяют ему занять достойное место среди новинок в отечественной индустрии измерительного оборудования.**



# ЧУДЕС НЕ БЫВАЕТ, А ВИРТУОЗНАЯ ТЕХПОДДЕРЖКА БЫВАЕТ

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

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

> 700

технико-технологических задач решаем ежегодно

> 50

запусков и отладок технологических процессов у заказчиков выполняем за год

16

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



ОСТЕК-ИНТЕГРА  
Технологические материалы для электронной промышленности  
+7 495 788-44-44 | [ostec-materials.ru](http://ostec-materials.ru)

# ОПТИМИЗАЦИЯ

## Система роботизи- рованной пайки – надежный помощник человека в процессах пайки

Текст: Егор Колесников

”

Монтажник на производстве радиоэлектронной аппаратуры и приборостроения до сих пор остается очень важным и, зачастую, незаменимым звеном на производстве. Требования к выпускаемой продукции становятся все строже, технологические процессы все сложнее, и влияние человеческого фактора на качество выпускаемой продукции существенно увеличивается.





1

Внешний вид системы роботизированной пайки



Человеческий фактор – самая распространенная причина выпуска бракованной продукции на производствах электроники и приборостроения. Даже самые высококвалифицированные и опытные специалисты совершают ошибки, они подвержены усталости и стрессу, тогда как технологические операции требуют высокой бдительности и концентрации на протяжении всего производственного процесса, а многие манипуляции являются очень трудоемкими для специалиста.

Также при разработке и выпуске продукции нужно обращать внимание на влияние статического электричества (ESD) и на механическое повреждение во время необходимой дополнительной обработки. В некоторых моментах отследить эти воздействия нелегко, также, как и выявить отказ, особенно при ручном монтаже. Например, процессы ручной пайки (SMD-монтаж) и поверхностного монтажа (SMT-монтаж) требуют соблюдения определенных требований. Необходимо избегать предельно высоких температур для элементов, которые склонны к расслоению или растрескиванию. Это ЖК-дисплеи, выводной и штыревой монтаж, платы и компоненты в корпусе из пластика и т. д.

Ручной монтаж – процесс неповторяемый, а отклонения от допустимых параметров может привести к образованию таких дефектов, как: плохое смачивание, холодная пайка, капиллярное затекание припоя, повреждение запаиваемого компонента, отслоение припоя, образование пустот и т. п. В данном случае влияние человеческого фактора на качество выпускаемой продукции – самое непосредственное.

Выходом для исключения человеческого фактора, увеличения количества выпускаемой продукции,

а также обеспечение 100 % повторяемости являются автоматизация и роботизация производства, которые дают предприятию множество преимуществ. Одно из них – решение проблемы нехватки сотрудников либо отсутствия квалифицированных рабочих. Внедрение труда машин исключает человеческий фактор, ведь роботы не болеют и не ходят в отпуск. Повторяемость результатов пайки однозначно повышается: благодаря паяльным роботам можно получить изделия, соответствующие требуемым стандартам качества. А гибкость и многозадачность решений позволяют предприятиям выйти на новый уровень, снижая стоимость выпускаемой продукции.



2

Система автоматической селективной пайки JBC Soldering



3

Система автоматической смены картридж-наконечников

Сегодня каждое предприятие старается шагнуть в ногу со временем, а некоторые пытаются его обогнать. Словами «роботизация», «автоматизация» и принципом «5S» практически никого уже не удивить. Однако не все предприятия решаются на ответственный шаг – роботизацию производства. Промышленные роботы решают множество задач – это и сварка, и автоматическое завинчивание, и манипулирование габаритными и тяжелыми объектами. Альтернативным подходом к пайке выводных и штыревых компонентов является роботизированная пайка (рис 1). Например, система автоматической пайки JBC Soldering (рис 2) для пайки роботизированными системами (роботами).

Новая серия модулей роботизированной пайки JBC Soldering серии HA – это первое решение с автоматической сменой картридж-наконечников (рис 3). Паяльники серии TRA в сочетании с подставками серии CS2R с автоматическими захватами позволяют производить мгновенную смену картридж-на-



конечников на ту геометрию, которая требуется для качественного образования того или иного паяного соединения.

Для автоматического монтажа плат с однотипными паяными соединениями на паяльные модули серии HA доступна установка паяльников серии TR с ручной сменой картридж-наконечников.

Устройство подачи припоя SFR (рис 4), установленное на держателе RBA, имеет функцию перфорации проволочного припоя, позволяя потоку флюса обеспечить дегазацию и минимизировать разбрызгивание припоя.

Автоматическая система очистки наконечников CLMR (рис 5) с щетками диаметром 50 мм тщательно очищает картридж-наконечник паяльника всего за 1 секунду, увеличивая его теплообменную способность. У системы большой выбор наконечников различной геометрии (рис 6).

Для установления связи между блоками управления серии UCR и роботом (ПК или ПЛК) JBC предо-



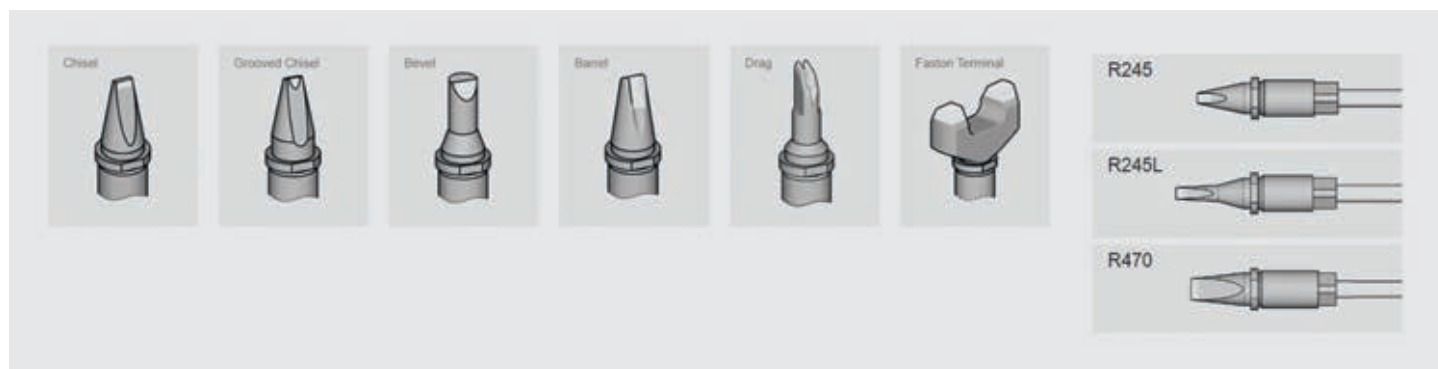
4

Устройство подачи припоя SFR



5

Автоматическая система очистки наконечников CLMR



6

Геометрия наконечников

Т 1

Характеристики моделей систем автоматической пайки

МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАЙКИ	HA470	HA245
Температурный диапазон	90 – 500 °C	
Точность поддержания температуры	± 1,5 °C	
Мощность	250 Вт	160 Вт
Сопротивление наконечника к точке заземления	< 2 Ом	
Напряжение между наконечником и точкой заземления	< 2 мВ RMS	
Антистатическая защита	106 – 1011 Ом	
Вес	6 кг.	
Габариты	545 x 345 x 275 мм	
Блок управления	UCR470	UCR245
Электропитание	85-265 В 50/60 Гц, 4А	85-265 В 50/60 Гц, 2А
Вторичное напряжение	42 В	22 В
Выходная мощность	250 Вт	160 Вт
Дозатор проволочного припоя	SFR-A	
Макс. диаметр припоя (зависит от комплектации)	Ø0,5-1,5 мм	
Макс. диаметр катушки припоя	80 мм	
Макс. вес катушки припоя	1 кг	
Макс. скорость подачи припоя	120 мм/сек	
Рабочая температура	0-40 °C	
Вес	0,87 кг	
Габариты	114 x 66 x 52 мм	
Подставка для автоматической смены картридж-наконечников	CS2R470	CS2R245
Вес	0,7 кг	
Габариты	153 x 82 x 97 мм	
Автоматическая система очистки картридж-наконечников	CLMR-A	CS2R245
Диаметр щеток	50 мм	
Вес	2,7 кг	
Габариты	137 x 153 x 110 мм	





7

Блок управления USR

ставляет протокол связи RS232 для блока управления UCR (рис 7).

Модуль автоматической пайки представлен в двух вариантах в зависимости от необходимой мощности: 250 Вт. и 160 Вт, их характеристики даны в Т 1.

### Настраиваемые параметры

Комплексом можно управлять с персонального компьютера с помощью программного обеспечения JBC. Оно позволяет полностью отслеживать все операции пайки в режиме реального времени (рис 8), а также интегрировать работу системы автоматической пайки JBC Soldering с промышленным или с коллаборативным роботом.

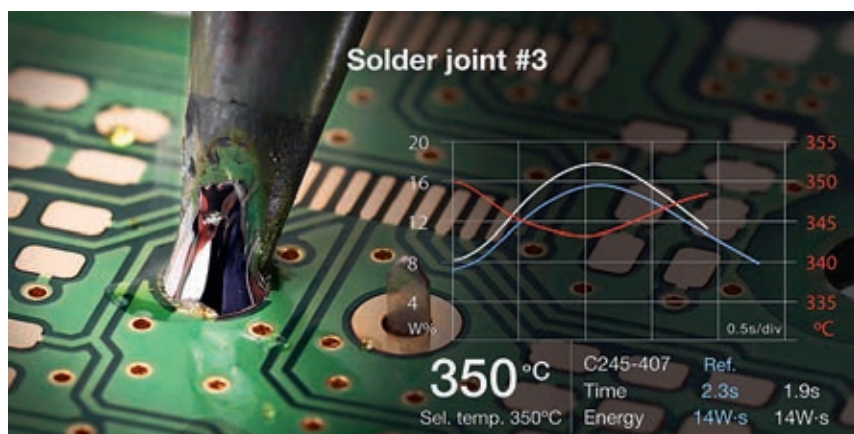
Таким образом, каждое паяное соединение будет зарегистрировано в клиентской сети/базе данных, в которой хранятся: температура и мощность во время операции пайки, имя оператора, номер печатной платы, расходные материалы (флюс, припой), тип, геометрия картридж-наконечника и т. д.

Сквозное прослеживание операций пайки позволяет отслеживать соблюдение технологического процесса пайки изделий на всех этапах производства, а также оперативно корректировать данный процесс. С помощью программного обеспечения JBC NET все параметры можно персонализировать. Для крупных компаний предлагается ПО, которое можно напрямую интегрировать в MES-системы предприятия и настроить так, чтобы отслеживать параметры, нужные непосредственно на данном производстве.

Комплексом можно управлять с персонального компьютера как с помощью программного обеспечения JBC, так и с помощью встраиваемого внешнего контроллера, и добиться полной автономности решения. Формат высылаемого кадра для написания управляющего ПО в случае применения ПЛК приведен на рис 9.

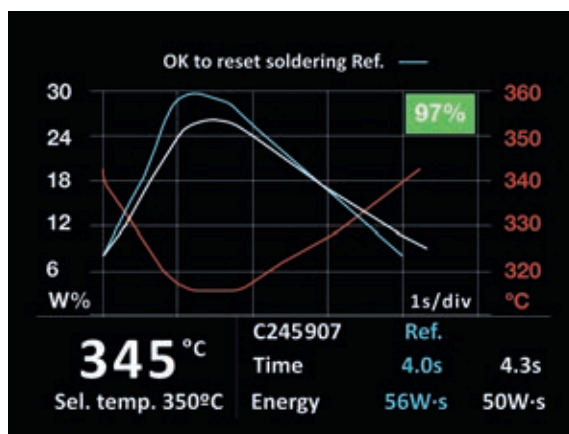
С помощью внешнего софта можно настраивать:

- Температуру пайки в диапазоне от 90 до 500 градусов.
- Установку верхнего и нижнего диапазона нагрева для предотвращения перегрева оборудования.
- Опциональную подачу припоя, деление на два класса: подача по сигналу с определенной скоростью в течение времени сигнала (Continuous Mode) либо подача определенного количества припоя по фронту сигнала (Discontinuous Mode).
- Регулировка скорости подачи припоя в режиме Continuous Mode.
- Подача припоя по внешнему сигналу 24 В либо с помощью передачи команды.
- Считывание текущих ошибок питателя или паяльника.
- Считывание статистических показателей с паяльника или питателя: время подачи припоя, время работы комплекса и т. д.



8

Процесс отслеживания операции пайки в режиме реального времени





Frame with address (factory default)

Start	Source Address	Target Address	Operation Header*	Operation Code	Data**	Stop	Check
1 byte	2 bytes	2 bytes	1 byte	3 bytes	0 or 5 byte	1 byte	1 byte
STX	«00» to «99»	«00» to «99»	«R», «W», «A», «N»	«code»	«-9999» to «9999»	ETX	BCC

\*Operation Header options:

Operation Header Field		Data Field
R (Read)		Is Not Used
W (Write)		Used
A (Acknowledgement)	Response to Reading Comands	Used
	Response to Writing Comands	Is Not Used
N (Neganive Acknowledgement)		Used

## 9

## Формат посылаемого кадра для управляющего ПО

- Запись параметров скорости подачи припоя или температуры жала паяльника в энерго-независимую память устройств.
- Возможность считать каждый из изменяемых параметров, чтобы узнать, что записано в нем на текущий момент.

Роботизированное решение позволяет полностью исключить человеческий фактор в процессе пайки, а также увеличить ее скорость. Решение гибкое, т. к. опционально роботизированную систему можно встраивать в конвейерные системы, оснащать системами технического зрения, устанавливать вакуумный захват, пневматический дозатор и прочее навесное оборудование.

Преимущества внедрения роботизированной пайки в производство:

- Возможность замены одним роботом нескольких работников, что сокращает время производственного цикла за счёт уменьшения доли ручных операций и повышения уровня автоматизации технологического процесса.
- Повышение производительности труда.

- Четкое соблюдение технологических режимов пайки (время пайки, поддержание температуры и т. д.).
- 100 % повторяемость и высокая точности проводимых операций.
- Увеличение количества и качества выпускаемой продукции.
- Сокращение количества брака.
- Универсальность и гибкость.
- Возможность постоянного контроля и управления со стороны человека.
- Простота управления и обслуживания.

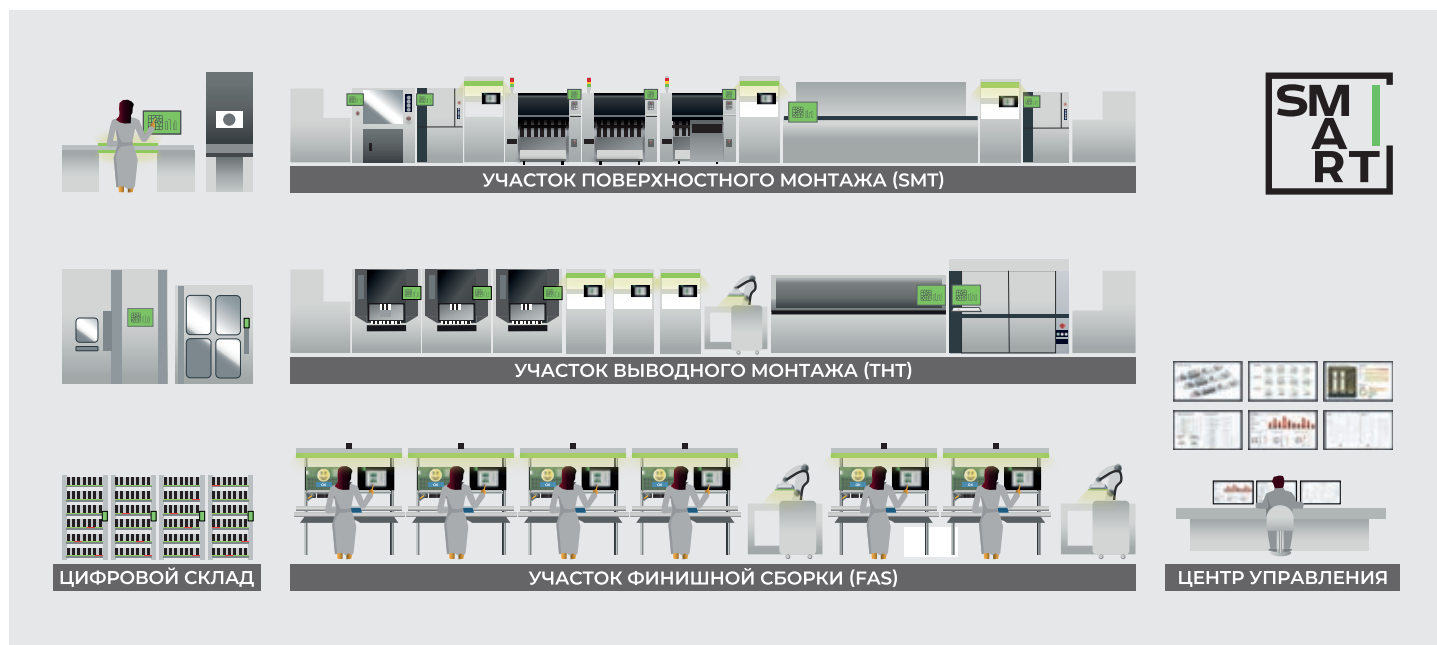
Используя уникальные возможности роботизированной пайки JBC Soldering совместно с коллаборативными или промышленными роботами, можно решать различные задачи в производстве радиоэлектронного оборудования. Основное экономическое предназначение роботов на производстве – повышение производительности труда, роботизация процесса пайки – инструмент повышения экономической эффективности. Работая в паре или параллельно с человеком, робот не отвлекает его от выполнения важных и сложных задач, это сотрудник, способный работать 24/7.

**Внедрение подобных систем позволяет предприятиям снизить себестоимость выпускаемой продукции, способствует увеличению ее роста, снижению брака, сокращению времени выполнения заказов, а также снижению производственных затрат и издержек.**

# Производство в стиле SMART: концепция проекта

”

Новая эпоха требует новых решений, и отечественная радиоэлектроника развивается семимильными шагами. В рамках инициатив по созданию собственных производств мы уже подошли к серийному производству передовой вычислительной техники, систем связи и другой высокотехнологичной аппаратуры. Однако отставание отечественных предприятий по уровню производственной зрелости, общей эффективности и качества продукции от ведущих мировых игроков, скажем, из Юго-Восточной Азии, остается весьма ощутимым.



1

#### Экосистема производства SMART

Очевидно, что в условиях роста производства в режиме цейтнота вряд ли получится сразу выйти на мировой уровень, но на горизонте трех-пяти лет – это вполне реально. Производство мирового уровня – это не только про масштабы и объемы. Производство мирового уровня – это определенный уровень зрелости в ключевых процессах и сферах. Это способность конкурировать на мировой арене, пусть даже в своем небольшом нишевом сегменте.

Команда Остек-СМТ много лет занимается комплексной работой по созданию и развитию сборочно-монтажных производств радиоэлектронной аппаратуры. И в новой реальности мы готовы предложить отечественным производителям решение, которое поможет построить производство мирового уровня в сфере передовой аппаратуры. Оно называется SMART. Это проектное решение, которое позволит создать производство с нуля или выстроить стратегию дальнейшего развития существующего предприятия.

SMART – это принципиально новый подход к оснащению, автоматизации и развитию производства. Это не просто комплекс станков. Результатом реализации проекта SMART для наших заказчиков станет сбалансированная цифровая экосистема производства, которая будет решать задачи бизнеса и обеспечивать высокий уровень эффективности производств.

Проектное решение SMART состоит из пяти ключевых функциональных участков:

- **Склад и система учета.** Это крайне важный участок, в значительной степени определяющий эффективность и ритмичность работы всех участков производства.

- **Участок поверхностного монтажа.** Это и сами линии поверхностного монтажа, и решения для сопутствующих операций, которые необходимы для обеспечения требуемой эффективности производства и качества продукции.
- **Участок выводного монтажа.** На этом этапе производится установка и пайка штыревых компонентов. Мы предусмотрели здесь основные технологии: пайка широкой волной, селективная пайка и press-fit.
- **Участок финишной сборки и ручных операций.** В этом блоке осуществляются финишные и вспомогательные операции с высокой долей ручного труда.
- **Центр управления.** Это инструменты диспетчеризации и мониторинга, необходимые для повышения степени управляемости производства и достижения целевых показателей.

Все элементы связаны между собой в единую цифровую экосистему. В ней реализованы сразу несколько возможностей:

- Ритмичная и согласованная работа всего производства без необязательных простоев. Это позволяет существенно повысить производительность и эффективность, что значительно улучшает инвестиционные показатели проекта.
- Сквозная система обеспечения качества. Все показатели отслеживаются и контролируются, каждая операция фиксируется в цифровом паспорте изделия, технологические отклонения сразу отрабатываются, а многоуровневая система предупреждения брака страхует предприятие от неприятных ситуаций и необязательных затрат.

- Возможность централизации управления производством как единым целым вместо работы с отдельными станками. Это позволяет видеть общую картину, своевременно выявляя узкие места и дисбаланс в работе участков.

В проекте SMART особое внимание уделено обеспечению соответствия актуальным технологическим стандартам и мировой практике. Здесь важен именно системный комплексный подход, ведь даже одно «слабое звено» на отдельном участке может свести «на нет» усилия на других участках. Соответствие стандартам – очень хороший индикатор технологической зрелости производства. По нашим оценкам, доля отечественных предприятий, показывающих мировой уровень зрелости, крайне мала. Это единицы заводов, которые могут гордиться выстроенной системой производства. Мы поставили перед собой цель сделать так, чтобы в нашей стране в ближайшие годы предприятия мирового уровня исчислялись уже десятками, а не единицами.

### Как реализуются проекты SMART

Для решения такой амбициозной задачи – создание производства мирового уровня – требуется многоэтапная проектная работа совместно заказчиком. Как правило, реализация проекта включает три основных этапа.

#### 1. Проработка проекта

На этапе проработки проекта важно учесть особенности бизнеса производителя, нюансы продукции и перспективные планы. Это может повлиять на архитектуру технического решения и дорожную карту реализации проекта. Здесь крайне важно участие специалистов с опытом реализации проектов высокого уровня сложности, производственным и технологическим опытом. В нашей команде именно такие специалисты.

#### 2. Запуск оборудования и программно-аппаратных комплексов

На этом этапе осуществляется подготовка производственных помещений, поставка основного и вспомогательного оборудования, запуск и внедрение программного

обеспечения, а также первичное обучение персонала. Результатом работы является полностью функционирующий производственный цех или участок. Но работа на этом не заканчивается.

#### 3. Отладка процессов и поддержка в достижении целей проекта

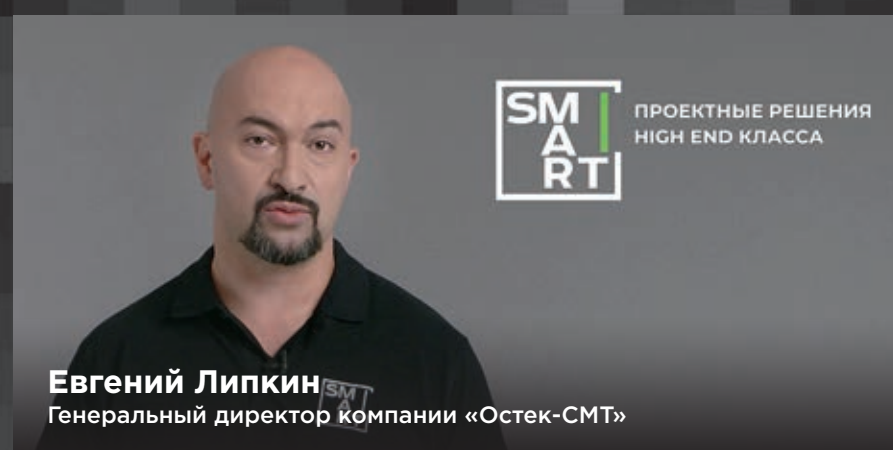
И вот здесь мы переходим к сложной, кропотливой и немного творческой работе по тюнингу и разгону производства. Важно, что максимальный эффект будет достигнут только при высокой вовлеченности заказчика.

На этом этапе идет параллельная работа сразу по нескольким направлениям:

- Повышение квалификации персонала и обучение новых сотрудников по мере масштабирования производства.
- Отладка технологических режимов для обеспечения оптимального уровня качества с учетом специфики проекта.
- Оптимизация производительности оборудования, линий и всего производства в целом. При этом очень важно, чтобы качество оставалось на целевом уровне.
- Внедрение в практику инструментов автоматизации бизнес-процессов, чтобы они реально помогали персоналу, а не существовали сами по себе.
- Производственный аудит и консультирование по приведению производства в соответствие с требованиями стандартов.

Таким образом мы реализуем последовательную, комплексную и системную работу от разработки проекта до выхода на целевые показатели и строим производства мирового уровня!

**Специалисты компании "Остек-СМТ" готовы ответить на любые вопросы о решении SMART и помочь с реализацией ваших производственных задач.**



ostec-smart.ru/media

смотреть видеообзор



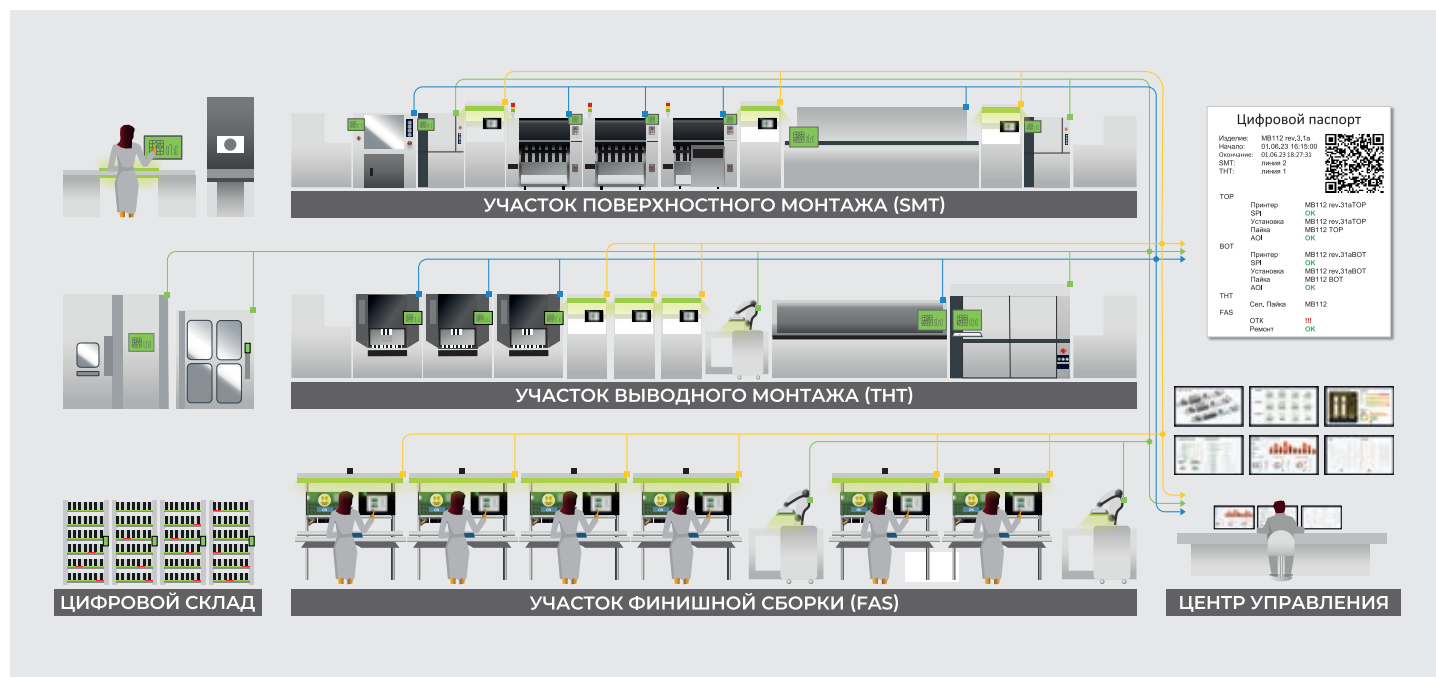
АКАДЕМИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ОСТЕК-СМТ

# Производство в стиле SMART:

техника решения

”

В статье мы подробно расскажем об элементах проектного решения SMART, разработанного командой Остек-СМТ. Это решение, которое позволит как создать производство с нуля, так и выстроить стратегию дальнейшего развития существующего предприятия.



1

Обмен данными в экосистеме SMART

Современное передовое производство – это большой единый организм, каждый элемент которого важен для обеспечения общего результата. Отсутствие или недостаточное внимание к отдельным функциональным участкам производства может привести к заметному снижению общей эффективности и уровня качества.

## Цифровой склад

Начнем со складского хранения и учета. Речь пойдет, в первую очередь, об оперативном складе, который должен располагаться в непосредственной близости от производства и обеспечивать максимально быстрое реагирование.

Чаще всего организации оперативного склада, учету и автоматизации на сборочно-монтажном производстве уделяют неоправданно мало внимания. А зря! От того, насколько слаженно работает склад, в значительной степени зависят эффективность и ритмичность работы производства.

Вот только несколько типовых проблем, характерных для склада комплектации:

- несвоевременный «поднос» компонентов на участок и последующий простой оборудования;
- пересортица компонентов и ошибочная установка тысяч ошибочных компонентов с последующим ремонтом;
- производственный брак из-за некорректного хранения компонентов;
- некорректный учет остатков и, как следствие, внезапный дефицит компонентов на складе с последующим простоем производства.

В проекте SMART мы используем наши многолетние наработки в области организации склада комплектации. Оперативные склады мы реализуем на основе решения **Склад 4.0**, которое состоит из трех основных элементов: Система хранения – Автомат установки компонентов – Учетная система.

Учетная система обеспечивает регистрацию новых компонентов в системе и учет актуальных складских остатков. Нами накоплен большой опыт в интеграции с доступными в России ERP- и WMS-системами, в том числе с наиболее популярной платформой 1С.

Работа учетной системы максимально автоматизирована. Регистрация новых компонентов производится с помощью автоматического сканера этикеток и с минимальными трудозатратами. А поддержание актуальных данных об остатках компонентов в отдельных носителях обеспечивается благодаря данным от автоматов установки компонентов и автоматических счетчиков. Учетная система играет важную роль в обеспечении прослеживаемости, так как именно в ней отслеживается судьба каждого компонента.

Непосредственно хранение компонентов осуществляется в специализированных системах хранения, которые в зависимости от задач могут иметь различное исполнение: с сухим хранением и без, с роботизированной загрузкой-выгрузкой или со световой индикацией ячеек, различной вместимостью и форматом носителей компонентов. Все зависит от особенностей конкретного проекта.

Самое главное – все хранение адресное. Трудозатраты персонала и риск ошибки сведены к минимуму,

а скорость реакции за счет автоматизации – максимально возможная.

Казалось бы, при чем здесь автомат установки компонентов и как он связан со складом?

- Автоматы установки компонентов – главные потребители той комплектации, которая хранится на складах. От того, насколько оперативно и безошибочно комплектация доходит до автоматов, зависит общая эффективность производства.
- Автомат – важный источник данных для учетной системы. Когда автомат вынимает компонент из ленты, эти данные фиксируются и передаются в учетную систему. Благодаря этому мы отслеживаем в режиме реального времени, сколько в какой катушке компонентов.
- И самое главное – автомат может давать команды складу. В процессе работы автомат отслеживает остаток компонентов в катушке и при достижении установленного порогового значения отправляет команду в учетную систему для дальнейшего поиска и выгрузки нужного компонента из системы хранения. Дальше уже идет работа или робота, или оператора.

Таким образом исключаются простои. А простои – это колоссальные потери. Только представьте, если каждую минуту будет опустошаться одна катушка, что нормально для скоростной линии, и при этом у оператора будет уходить минута, чтобы обнаружить остановку, найти катушку, перезарядить питатель. Получается интересная математика – минуту работаем, минуту стоим. Эффективность минимальная. Теперь таких простоев не будет.

Принимая во внимание активное развитие отрасли и технологий, увеличение сложности изделий, повышение стоимости комплектации, мы доработали складское решение и добавили в него блок «Контроль». Здесь мы сконцентрировали спектр решений, направленный на усиление контроля качества комплектации, предупреждение ошибок оператора при заправке компонентов в установщики и повышение точности учета остатков. Таким образом, Склад 4.0 – это сложное комплексное решение, позволяющее в значительной степени повысить эффективность производственных процессов и качество продукции.

Далее перейдем непосредственно к выполнению сборочно-монтажных операций. У нас три участка: поверхностный монтаж, выводной монтаж и финишная сборка.

### Участок поверхностного монтажа

Архитектура технологических решений в значительной степени опирается на анализ успешных производственных практик Юго-Восточной Азии, где производится большой объем высокотехнологичной продукции, в том числе вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования.

Пройдем по техпроцессу.

При проектировании линий поверхностного монтажа SMART мы разработали несколько вариантов, ориентированных на производство высокотехнологичной аппаратуры и учитывающих различные ситуации.

Первое решение – **SMART SMT Pro**. Это линия для крупносерийного и массового производства сложной аппаратуры в условиях жесткой конкуренции.

Второе решение – **SMART SMT XL**. Это линия для работы с крупногабаритными платами с плотным монтажом. Здесь предусмотрен широкий комплекс технических решений, который позволяет обеспечивать высокое качество и повторяемость при работе с габаритными и теплоемкими платами, например, для серверного или телекомоборудования.

Все линии SMART продуманы до мелочей и обеспечивают качество, производительность и эффективность на уровне лучших мировых практик.

Для обеспечения качества в линиях SMART SMT:

- Учен мощный комплекс инструментов обеспечения повторяемости и предупреждения дефектов.
- Предусмотрены инструменты предупреждения человеческой ошибки.
- Включен многоступенчатый контроль качества после каждой операции. При этом системы контроля сконфигурированы специальным образом для работы с габаритными платами и плотным монтажом. Это позволяет обеспечить стабильную и полную проверку с минимальным числом ложных срабатываний.
- Учтено соответствие максимальным технологическим требованиям в отрасли, что позволяет обеспечить гибкость для технологов при производстве инновационной продукции.

Линия поверхностного монтажа является дорогостоящей инвестицией и в значительной степени определяет производственные возможности предприятия. В идеальных условиях она должна работать в режиме 24/7, чтобы обеспечить минимальную себестоимость продукции и максимальную инвестиционную эффективность. Чем больше простоев, тем меньше линия работает – тем дольше она будет окупаться, и тем выше будет себестоимость продукции. Именно поэтому мировые игроки уделяют такое внимание обеспечению эффективности оборудования.

В проектном решении SMART мы учли опыт ведущих предприятий в области повышения производительности и эффективности линий поверхностного монтажа и предусмотрели различные технические решения для сокращения простоев. Решение SMART SMT ориентировано на переналадку в течение 15-20 минут максимум даже при самых сложных изделиях, куда включено все: от изменения ширины конвейеров до замены всех питателей.

В частности, все питатели меняются с помощью тележек групповой замены, где расстановку питателей можно заранее проверить автоматически. А ширина всех конвейеров в линии меняется одним нажатием кнопки без необходимости индивидуально менять ширину каждого конвейера, ведь их может быть 10-15 единиц в одной линии.

Мировым уровнем для серийного производства является ОЕЕ в районе 80 %, обеспечить который можно благодаря хорошо продуманной конфигурации линии и инструментов автоматизации. Такой уровень эффективности может быть достигнут и в наших реалиях.

### Участок выводного монтажа

На участке выводного монтажа мы предусмотрели реализацию трех наиболее распространенных технологий: пайка широкой волной, селективная пайка мини-волной припоя и технология Press-fit. В зависимости от особенностей проекта и специфики продукции может быть реализован любой вариант или их комбинация.

Если с Press-fit все более-менее понятно, то о линиях выводного монтажа с пайкой расскажем подробнее.

Мы проработали два варианта линий выводного монтажа:

- высокопроизводительная линия волновой пайки – **SMART THT Wave**;
- гибкая линия на основе селективной пайки – **SMART THT Selective**.

Подобные линии, согласно сложившейся практике, состоят из трех основных функциональных частей: установка компонентов, пайка и контроль качества.

Установка выводных компонентов традиционно осуществляется вручную. Однако человеческий фактор всегда несет риски, связанные с возможным снижением качества и эффективности. Для снижения таких рисков мы предусмотрели ряд решений:

- Во время работы вся документация, схемы и операционные карты всегда будут перед глазами сотрудника на экране монитора.
- В процессе и после набивки компонентов, но перед пайкой, предусмотрен автоматический контроль корректности операций. Он может быть реализован как непосредственно на рабочем месте, так и в виде отдельной инспекционной станции перед пайкой.
- Ритмичность осуществления операций и цикл работы линии отслеживаются в режиме реального времени, а в случае отклонения автоматически формируется оповещение диспетчера.

Для крупносерийного производства мы предлагаем в дополнение к ручному труду использовать специальные автоматы установки ТНТ-компонентов – инсертеры. Инсертеры дают высокую произво-

дительность, качество и повторяемость установки наиболее часто используемых на предприятии компонентов. Эти автоматы могут работать с широким спектром компонентов, поставляемых в разном формате, даже в россыпи.

Пайка, как было сказано ранее, может быть реализована как широкой волной припоя, так и селективной пайкой мини-волной припоя. В обоих случаях пайка проводится в инертной среде азота высокой чистоты, как того требует сегодняшний уровень технологии. В этих двух случаях установки пайки сконфигурированы таким образом, чтобы обеспечить хорошую производительность, повторяемость технологического процесса и минимизировать простой.

После осуществления пайки предусмотрен контроль качества. На этом этапе мы обычно уже имеем полностью спаянный электронный модуль, на котором установлены все поверхностно-монтируемые и штыревые компоненты. Стандартной практикой ведущих мировых компаний сегодня является осуществление полного технологического контроля на данном этапе.

Мы рекомендуем для изделий высокой сложности реализовывать комбинацию оптического и рентгеновского контроля 100 % изделий. Если раньше это было сложно, то сегодня в нашем распоряжении есть инструменты оптического и рентгеновского контроля с высокой производительностью и низкой стоимостью операций.

Такой контроль позволяет, с одной стороны, быть уверенным в высоком качестве отгружаемой продукции, а с другой – видеть картину по всему спектру продукции и взвешенно принимать решения по оптимизации технологии.

### Участок финишной сборки и ручных операций

Следующее решение в проекте SMART – участок финишной сборки и ручных операций. Часто требуется выполнять комплекс финишных операций, среди которых могут быть досборка, маркировка, упаковка и другие операции. Их можно выполнять как на отдельных рабочих местах, так и на конвейере. Классическим подходом является размещение на рабочих местах операционных карт, которые помогают работникам не ошибиться при выполнении операций и не тратить время на их обдумывание.

Учитывая большую номенклатуру изделий у большинства отечественных предприятий, мы предлагаем интерактивные операционные карты, которые выводятся на мониторы, размещенные на рабочих местах. Это позволяет быстро переключаться с одной продукции на другую и централизованно обновлять информацию.

Также мы предлагаем решение для автоматического контроля качества ручных операций на базе



колаборативного робота. Такой робот легко программируется, может быть установлен и в конвейер, и у отдельного рабочего места, а также легко перемещается по цеху к нужной локации.

Современное производство – это десятки единиц оборудования, сотни сотрудников и тысячи различных процессов и подпроцессов. Чтобы обеспечить эффективную и слаженную работу такого сложного организма, нужны соответствующие инструменты управления.

В рамках проектного решения SMART мы реализуем широкий спектр инструментов обеспечения управляемости, вершиной которого является функционально законченный «Центр управления». Туда стекается вся ключевая информация о производственных процессах и оттуда могут осуществляться управление и диспетчеризация производства.

Чтобы обеспечить сквозное управление производством без «черных дыр», мы провели большую работу по следующим направлениям:

- Обеспечение прозрачности производственных процессов. Больше деталей, больше информации – легче работать над повышением эффективности и качества.
- Максимальная паспортизация истории производства изделий, включая комплектацию, которая была использована, параметры технологического процесса, имена сотрудников, задействованных в производстве. Вся информация собирается в цифровой паспорт для обеспечения прослеживаемости.

- Все ключевые процессы отслеживаются в реальном времени в центре управления. В случае отклонения скорость реакции будет максимальной, а ущерб – минимальным.

Благодаря встроенным инструментам на основе данных о работе производства можно сформировать аналитические отчеты, а аналитика в режиме реального времени позволяет увидеть значимые тренды и важные события, делая работу диспетчера и производственного менеджмента максимально продуктивной.

Проектное решение SMART – результат многолетней работы команды Остек-СМТ. Тысячи человеко-часов, десятки реализованных проектов, десятки посещений передовых предприятий, десятки различных тестов и экспериментов – и мы получили результат.

Сегодня решение SMART позволяет нашим заказчикам получать:

- Качество продукции и эффективность производства мирового уровня.
- Продуманное и проверенное мировым и отечественным опытом технологическое решение.
- Полное сопровождение на всех этапах проекта.

**Специалисты компании «Остек-СМТ» готовы ответить на любые вопросы о решении SMART и помочь с реализацией ваших производственных задач.**

**Евгений Липкин**

Генеральный директор компании «Остек-СМТ»



**смотреть видеообзор**

ostec-smart.ru/media

# Технология рентгеновского контроля

Рентгеновская инспекция качества – надежный метод проверки и своевременного обнаружения дефектов на производствах электроники. Рассмотрим ряд особенностей технологии рентгеновского контроля качества и, в частности, вопросы, возникающие при работе с материалами, обладающими высокой плотностью, а также при обработке и хранении данных цифрового рентгеновского контроля.

Рентгеновское излучение – это излучение электромагнитного спектра определенной энергии, такое же, как свет или радиоволна. Основное промышленное применение рентгеновского излучения – неразрушающий контроль продукции, который возможен благодаря свойству этого излучения проникать сквозь изучаемый объект, поглощаясь в нем с той или иной степенью.

## Контроль материалов с высокой плотностью

Чтобы уверенно контролировать материалы с высокой плотностью, необходима высокая энергия рентгеновского излучения. Такая энергия достигается за счет увеличения высокого напряжения и тока самой трубки, ведь после взаимодействия с мишенью пучок электронов от катода преобразуется в рентгеновское излучение. Но далеко не весь.

По самым аккуратным оценкам в современных рентгеновских трубках энергия пучка электронов преобразуется в энергию рентгеновского излучения в соотношении 100:1. То есть 99% энергии, попавшей на мишень, переходит

в тепловую энергию и лишь 1% преобразуется в полезное рентгеновское излучение.

В таких условиях инженерам приходится прикладывать все возможные усилия для создания конструкции мишени с максимальной степенью теплопроводности. Ведь если сфокусировать большую мощность на малом диаметре фокусного пятна, возникает риск прогорания мишени и выхода всей рентгеновской трубки из строя. Таким образом, проверка небольших объектов, содержащих материалы с высокой поглощающей способностью, ограничена либо малой мощностью (почти полное отсутствие проникновения, что приводит к зашумленным изображениям или длительному времени получения изображения), либо разрешением (увеличение площади фокусного пятна с увеличением мощности, что приводит к размытию изображения).

Проблему теплопроводности классической мишени в этом случае решили при помощи комбинации материалов: вольфрама – как основы мишени, и алмаза в качестве теплопроводящего элемента. При этом алмаз химически осаждается из газовой фазы, то есть подложка из вольфрама помещается в алмазные пары, вступает во взаимную реакцию, и в итоге на поверхности подложки формируется слой необходимой толщины.

Такие вольфрамовые подложки с алмазным покрытием собирают в своеобразные сэндвичи с последовательными слоями вольфрама и алмаза. И именно из такого материала производят мишени для рентгеновских трубок.



1

Параметры образца, влияющие на поток прошедшего излучения

Эта технология позволила увеличить мощность пучка на заданном диаметре фокусного пятна до двух раз по сравнению с классическими вольфрамовыми мишенями. И именно вольфрам-алмазные мишени сейчас установлены в большинстве рентгеновских трубок, используемых на современных производствах электроники.

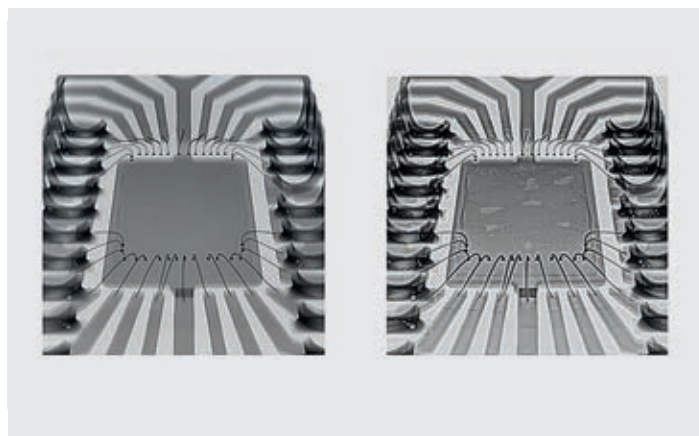
### Хранение данных цифрового рентгеновского контроля

Переход на цифровой рентгеновский контроль позволил избавиться от недостатков пленочной технологии. Из технологического процесса исключены проявка и ожидание итогового результата, работа с цифровым изображением упростила поиск дефектов, а архив изображений больше не требует отдельного помещения.

Вместе с этим возник вопрос о стандартизированной обработке и хранении цифровых рентгеновских снимков. Здесь мы рассмотрим основные принципы работы с данными цифрового рентгеновского контроля на основе международных стандартов и опыта из смежных областей неразрушающего рентгеновского контроля.

Результат цифрового рентгеновского исследования образца отображается в виде изображения на экране монитора и графиков распределения по толщине и плотности материала. Чувствительность цифрового детектора позволяет получить на одном изображении информацию по всему диапазону просвечиваемых толщин изделия и, применяя последующую настройку, исследовать интересующий участок. Важно отметить, что необходимо сохранить оригинал изображения, а подбор яркости и контрастности для улучшения визуализации производить отдельно. Это требуется для сохранения возможности переоценки результатов контроля в дальнейшем с применением другого набора фильтров обработки изображения.

Для стандартизации типа файла оригинального цифрового рентгеновского изображения при проведении неразрушающего контроля был разработан формат DICONDE. Стандарт ASTM E 2339 также определяет формат DICONDE как универсальный для хранения и передачи данных. В нем



2

Слева – необработанное рентгеновское изображение. Оно содержит всю необходимую информацию и должно долговременно храниться в архиве. Справа – изображение с применением фильтра яркости и контрастности. Оно удобно для визуальной оценки и разбраковки, но не может использоваться для долговременного хранения

описаны возможные атрибуты файла .dcm, содержащего оригинал рентгеновского снимка и необходимую информацию о параметрах контроля. Разработан на основе хорошо зарекомендовавшей себя системы DICOM, которая используется в медицинском секторе.

По сути, это система, позволяющая сохранять изображения вместе с контекстом, содержащим всю необходимую техническую информацию, а также данные о месте, дате, времени и авторе изображения. Данную информацию можно включать в любой генерируемый отчет, а ее нахождение в базе данных вместе с изображением означает, что к ней можно будет применять запросы по различным критериям.

Для просмотра и редактирования файла можно использовать как программное обеспечение установки рентгеновского контроля, так и стороннее программное обеспечение, в том числе бесплатное.

Физически хранение файлов может быть реализовано на жестких дисках рабочей станции установки, внешней системе хранения данных или общей системе архивации и хранения данных предприятия. Одним из примеров стандартов хранения цифровых файлов является ГОСТ Р/ISO/TR 18492. На его основе можно организовать надежное хранение цифровых рентгеновских снимков в формате DICONDE в течение долгого времени.

Тема неразрушающего контроля довольно обширна и может быть проработана с учетом специфики предприятия.

**Специалисты компании «Остек-Умные технологии» помогут с организацией участка рентгеновского контроля на вашем производстве.**

# Обзор решения FLEX:Рентген

В статье мы расскажем о рентгеновском контроле на участках поверхностного и выводного монтажа – комплексе FLEX:Рентген.

Это решение, разработанное специалистами Остека на основе многолетнего отраслевого опыта, станет основой системы неразрушающего контроля на производствах электроники с ответственным подходом к качеству выпускаемой продукции. Основные блоки в составе решения – универсальная рентгеновская установка и индивидуальная методика работы с изделиями.

Конфигурация установки выверена и проработана для широкого спектра задач, в числе которых: серийный контроль пайки, индивидуальный контроль после ремонта, входной контроль компонентов и томография сложных участков. Методика работы опирается на существующие отечественные и зарубежные стандарты и охватывает все необходимые этапы цифрового рентгеновского контроля. Она позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности сотрудников на рабочем месте, добиться максимальной объективности результата контроля и систематизировать хранение полученных данных.

При разработке решения наша команда проанализировала лучшие мировые практики и опыт отечественных предприятий. В результате были выявлены определенные запросы и технологические особенности.

## Повсеместное внедрение нового типа компонентов

Миниатюризация электроники ведет к увеличению функциональности и производительности отдельных элементов

и микросхем. Последние все чаще стали выпускать в корпусах BGA и QFN. Полный визуальный и оптический контроль пайки таких корпусов недоступен, в итоге изделие бракуется только на этапе тестирования.

Решение FLEX:Рентген позволяет в ручном и автоматическом режимах контролировать пайку под корпусами микросхем и разъемов и заполнение припоем переходных отверстий.

Программное обеспечение автоматически рассчитывает параметры обнаруженных потенциальных дефектов и выдает заключение о результатах проверки указанных зон. При этом, если в зоне контроля компоненты установлены с высокой плотностью с обеих сторон изделия, функция томографии поможет разделить области контроля по слоям и выполнить анализ только конкретного сечения.

## Защита производства от контрафактных компонентов

Контрафактные компоненты часто остаются незамеченными до конечной сборки печатного узла. Ремонт узла обойдется дорого и затянет сроки производства, потому что некачественное изделие будет отбраковано только при тестировании.

Организация входного контроля компонентов на основе решения FLEX:Рентген позволит минимизировать влияние контрафакта на производственный процесс. На этапе входного контроля можно убедиться в наличии кристалла внутри корпуса микросхемы,



проверить качество соединений кристалла, выводов и теплопроводящих подложек и удостовериться в отсутствии обрывов в разварке. Входной контроль также может быть автоматизирован и проводиться не на отдельных микросхемах, а палеты целиком.

### Повышение надежности изделий

На этапе запуска конечного продукта в эксплуатацию ранние отказы печатного узла замедляют выход всего изделия на заданный уровень надежности. Вместе с этим растут требования к итоговому времени нормальной работы изделия.

Решение FLEX:Рентген в этом случае выступает как основной инструмент технолога для оперативной коррекции параметров производства и выхода на требуемую производительность. Стандартизация проведения контроля вместе со сбором и анализом полученных результатов позволит выявить и устранить системный дефект на различных этапах, например:

- заменить термопрофили пайки при частичном не-пропае в центре BGA-компонента;
- изменить толщину трафарета и размеры апертур при недостаточном или избыточном количестве пасты;
- проконтролировать качество заполнения припоем переходных отверстий при ручной и автоматической пайке штыревых компонентов;
- адаптировать площади клеевых соединений и термопаст под конкретное изделие.

В результате уменьшится количество ранних отказов, вызванных дефектами компонентов и дефектами пайки, ведь контроль затрагивает ключевые позиции изделия: BGA-микросхемы, переходные отверстия подключения сигнальных разъемов и разъемов питания и другие. Таким образом, изделие быстрее выйдет на заданный уровень надежности, увеличится время его нормальной работы и уменьшится количество рекламаций.

Организация участка рентгеновского контроля – необходимый этап развития производства электроники.



1

Комплексное решение для организации участка ремонта FLEX:Ремонт

FLEX:Рентген – это хорошо проработанное комплексное решение, важной частью которого является полная программа технической и сервисной поддержки, выходящая далеко за рамки простого обслуживания установки.

Важно, что в состав решения входит не только рентгеновская установка, но и комплекс услуг. Это помощь наших специалистов, включающая двухэтапное обучение на изделиях заказчика, разработку методики контроля и организацию процесса хранения результатов. Мы уверены, что FLEX:Рентген поможет многим предприятиям значительно улучшить качество выходной продукции на сборочно-монтажном производстве электроники.

**Специалисты компании «Остек-Умные технологии» готовы ответить на любые вопросы и помочь подобрать наиболее эффективное решение ваших производственных задач.**



**Павел Алейников**

Технический специалист компании «Остек-Умные технологии»



смотреть видеообзор

ostec-smart.ru/media

# Обзор решения FLEX:Роботоинспекция

В статье мы расскажем о действительно инновационном и универсальном решении для контроля качества на различных участках сборочно-монтажного производства электроники.

Современное производство аппаратуры средней и высокой сложности состоит из десятков технологических операций. Во время каждой из этих операций может возникнуть производственный брак. Задача управления качеством состоит в том, чтобы выявить дефект как можно раньше, ограничить распространение проблемы и существенно сократить затраты предприятия. Для достижения этого результата необходимо либо постоянно развивать и дополнять зоны ответственности специалистов ОТК, либо установить автоматическое инспекционное оборудование во всех ключевых точках производства. Недостаток первого варианта – влияние человеческого фактора на скорость и качество результата инспекции, второго – высокая стоимость.

Важность вопроса инспекции на том или ином участке зависит от этапа постановки изделия на производство и от ситуации на самом производстве. Например, при первичном запуске изделия важно контролировать операции одного типа, а после отладки процесса приоритет смещается в другое место. Поэтому, если для инспекции использовать на участке стационарное оборудование, неизбежно будут случаться его простои. Это не очень хорошо с точки зрения инвестиций. Здесь напрашивается вариант с человеком-контролером, который будет по мере необходимости перемещаться в наиболее горящую точку, но тут снова вспоминаем о человеческом факторе.

Что делать? Существует решение, позволяющее обеспечить гибкую и эффективную автоматическую инспекцию на различных участках производства,

причем в условиях ограниченного бюджета. Это – система роботизированной инспекции V9i от нашего партнера ViTrox.

Система обладает рядом уникальных возможностей и особенностей для метода автоматической оптической инспекции в целом. В основе решения – коллаборативный робот, разработанный для безопасного использования рядом с человеком.

На основе этой роботизированной системы мы построили одноименное комплексное решение семейства FLEX – Роботоинспекция. Помимо оборудования и управляющего программного обеспечения, оно включает в себя специализированное ПО для сбора и анализа статистики, а также комплекс услуг поддержки предприятий в вопросах контроля качества.

## Ключевые особенности комплекса:

**Широкий диапазон применений.** Решение позволяет инспектировать результат следующих операций:

- ручная установка компонентов;
- автоматическая установка SMD-компонентов;
- пайка SMD- и ТНТ-компонентов;
- входной контроль комплектации;
- слесарная и финишная сборка;
- маркировка;
- упаковка;
- влагозащита.

Важно, что робот может быть установлен как у конвейера, так и у отдельного рабочего места.

### 1. Большое количество степеней свободы и системы подсветки.

Подвижность оптического модуля позволяет инспектировать компоненты на разных высотах и под углами до 90 градусов. Встроенная в модуль система RGB-подсветки позволяет получать хорошо освещенное,



1

Роботизированная система оптического контроля FLEX:Роботоинспекция



контрастное и информативное изображение исследуемого образца. А для контроля качества влагозащиты в оптический модуль дополнительно может быть встроена ультрафиолетовая подсветка.

## 2. Мобильность.

Система FLEX:Роботоинспекция может легко и быстро перемещаться по производству при помощи колес на станине. Для запуска системы на новом рабочем месте требуется лишь розетка 220 В. К локальной сети система может быть подключена как с помощью беспроводного подключения Wi-Fi, так и с помощью витой пары.

## 3. Автоматическое считывание штрихкода и маркировки.

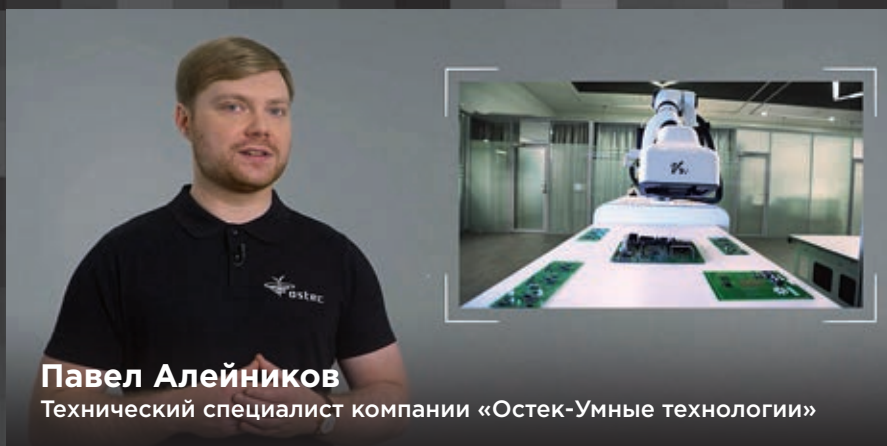
Система FLEX:Роботоинспекция позволяет автоматически распознавать маркировку исследуемых образцов, в том числе 1D- и 2D-коды, а также текстовую и числовую маркировки. Это обеспечивает автоматическую паспортизацию и прослеживаемость инспекционных операций.

## 4. Цифровые инструменты управления качеством.

Специализированное программное обеспечение в составе комплексного решения позволяет консолидировать данные результатов контрольно-инспекционных операций в едином хранилище, осуществлять визуализацию статистической информации и анализировать данные.

Решение FLEX:Роботоинспекция от команды Остек – удобное, легкое в эксплуатации, многофункциональное и надежное. Оно может стать отличным помощником в обеспечении качества производства и отладке технологии.

**Специалисты компании "Остек-Умные технологии" готовы ответить на любые вопросы и помочь с внедрением решения FLEX:Роботоинспекция на вашем производстве.**



Павел Алейников

Технический специалист компании «Остек-Умные технологии»



смотреть видеообзор

ostec-smart.ru/media

# Обзор решения FLEX:Смарт-АОИ

”

В статье мы расскажем о передовом решении для оптической инспекции операций поверхностного монтажа FLEX:Смарт-АОИ. Ключевая задача этого комплексного решения – помощь производствам электроники в обеспечении высокого качества продукции с минимальными сопутствующими затратами.





1

Комплекс автоматического оптического контроля FLEX:Смарт-АОИ

Анализ опыта различных отечественных предприятий показывает, что существует много сложностей в вопросах автоматического контроля качества.

Наиболее частые:

- Несмотря на автоматизацию роль человека и трудозатраты на «ручной» контроль остаются существенными. Сложность изделий растет, а чем сложнее изделие, тем больше становится объем ложных срабатываний, как следствие – растет объем «ручных» проверок контролером.
- Большая часть дефектов, возникающих при поверхностном монтаже, связана с качеством нанесения паяльной пасты. Инспекция таких дефектов после этапа установки компонентов далеко не всегда обнаруживает брак, а при обнаружении дефектов на этом этапе стоимость ремонта обходится дороже, чем при отбраковке сразу после трафаретного принтера.
- Сложность и трудоемкость программирования инспекционного оборудования. Зачастую описание и внесение необходимых параметров осуществляется специалистом «вручную», с широким простором для творчества в определении критериев допустимого качества.

Для устранения этих сложностей наша команда разработала комплексное решение для оптического контроля операций поверхностного монтажа, позволяющее обеспечить максимально возможный уровень автоматизации и свести к минимуму негативное влияние человеческого фактора.

Решение FLEX:Смарт-АОИ состоит из следующих элементов:

- Программное обеспечение подготовки рабочих программ.
- Система автоматической инспекции нанесения паяльной пасты.
- Система автоматической инспекции спаянных печатных узлов.
- Программное обеспечение анализа результатов инспекции и визуализации.
- Комплекс услуг поддержки в вопросах обеспечения качества.

Расскажем о ключевых особенностях решения.

## Подготовка рабочих программ

Традиционно подготовка рабочих программ для инспекционного оборудования является сложным и трудозатратным процессом, ведь программирование систем требует от специалиста высокой квалификации и глубокого знания механизма работы оборудования. Ему требуется описать сотни различных параметров, определяющих стабильность процесса контроля и достоверность его результатов. Любая ошибка может привести к снижению эффективности инспекции, пропускам дефектов или росту ложных срабатываний.

Производитель оборудования сделал процесс подготовки рабочих программ для систем оптического контроля максимально автоматизированным и существенно сократил время их подготовки, повысив качество и сведя к минимуму влияние человеческого фактора.

Как это работает?

В подавляющем большинстве случаев предприятие использует типовую номенклатуру компонентов, по которой в мире накоплен огромный практический опыт. Всего существует несколько тысяч типов корпусов компонентов. Инженеры компании ViTrox аккумулировали мировой опыт инспекции нескольких типовых компонентов и проанализировали необходимые параметры работы оборудования для обеспечения достоверной инспекции с учетом требований технологических стандартов, в частности, IPC-610. Все результаты проделанной работы загружены в библиотеку программного обеспечения.

Благодаря этому при подготовке рабочих программ система идентифицирует тип компонента и с учетом «оцифрованного мирового опыта» автоматически определяет оптимальные параметры инспекции. При этом учитываются требования стандарта IPC-610 и класс изделия. Пользователю достаточно указать нужный класс, а все остальное программное обеспечение сделает автоматически.

Конечно, какая-то часть компонентов может быть «экзотической», и по ней потребуются ручная настройка, однако в среднем 90-95 % компонентов программируются автоматически.

Отдельно стоит отметить удобный и интуитивно понятный графический интерфейс пользователя, обеспечивающий качественные условия работы операторов установок.

### Автоматическая инспекция качества нанесения пасты и пайки

В решении FLEX:Смарт-АОИ используются две новейшие модели систем инспекции нанесения пасты и пайки, способные решать современные актуальные задачи, а также длительно эксплуатироваться без морального устаревания.

Обе системы построены на одной платформе и оптимальным образом сбалансированы по техническим возможностям для совместного использования в составе одной линии. Каждый автомат оснащен четырьмя проекторами, позволяющими получать высококачественные изображения для трехмерной реконструкции. То есть мы получаем качественную 3D-инспекцию с минимальным риском слепых зон и «шумов».

Разрешение инспекции можно изменять в диапазоне от 8 до 15 микрон, обеспечивая гибкость в решении различных технологических задач.

### Автоматическая верификация с использованием искусственного интеллекта

Важным этапом является анализ результатов инспекции. После проверки и выхода из линии часть плат автоматически помечается как подозрительные, то есть с высокой вероятностью содержащие дефекты. Традиционно такие платы проходят визуальную проверку контролером. И уже человек принимает решение о том, является ли дефект настоящим, или произошло ложное срабатывание.

Борьба за уменьшение доли ложных срабатываний является одним из приоритетных направлений в развитии инспекционного оборудования. Ложные срабатывания увеличивают нагрузку на персонал, а также вовлекают человека в процесс принятия окончательного решения о качестве. К сожалению, на текущем этапе развития технологий оптической инспекции полностью исключить ложные срабатывания невозможно. Поэтому при высокой сложности изделий, широкой номенклатуре и больших

объемах производства объем работы контролеров остается высоким.

Специалисты компании ViTroх совершили качественный прорыв в решении проблемы высоких трудозатрат специалистов отдела контроля. Это удалось сделать за счет применения технологий искусственного интеллекта и нейронных сетей, которые активно применяются в решении задач оценки и классификации изображения. В результате такой обработки приблизительно 70 % подозрительных плат проходят автоматическую верификацию без участия контролера. То есть на ручной контроль идет примерно в 3 раза меньше плат, что позволяет одновременно снизить затраты на персонал и влияние человеческого фактора.

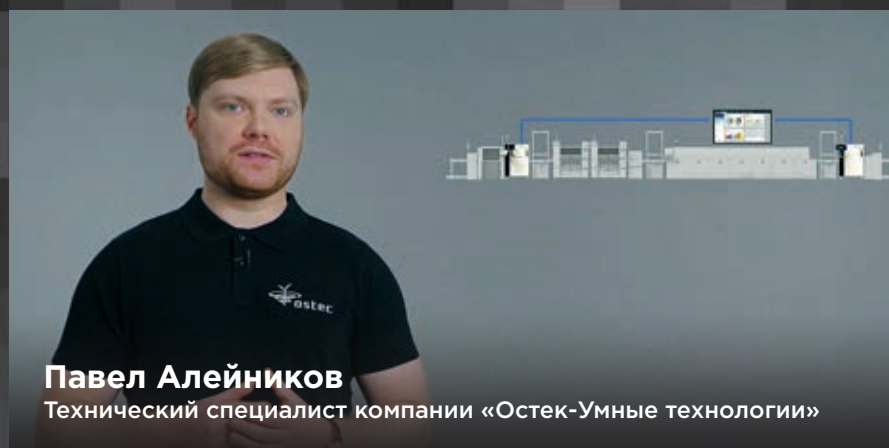
### Сбор и анализ статистики

Вся полученная статистика по результатам инспекции собирается в программном комплексе V-ONE. Полученные данные в удобной и наглядной форме могут быть выведены на экраны для оперативного мониторинга уровня качества и статистического анализа. V-ONE дает возможность собирать информацию со всего инспекционного оборудования компании ViTroх, в том числе с систем рентгеновского и роботизированного контроля независимо от количества линий.

Комплекс FLEX:Смарт-АОИ позволяет обеспечить высокую эффективность инспекции и управления качеством на самом современном уровне. Решение может быть встроено как в новую линию поверхностного монтажа, так и в уже существующую на производстве.

В состав комплекса включен набор услуг поддержки в вопросах внедрения инспекционных систем и специализированного программного обеспечения. Это важно для полноценного обучения профильного персонала и успешного повышения качества продукции.

**Специалисты компании «Остек-Умные технологии» готовы рассказать подробнее о FLEX:Смарт-АОИ и помочь с решением ваших производственных задач.**



**Павел Алейников**

Технический специалист компании «Остек-Умные технологии»



**смотреть видеообзор**

ostec-smart.ru/media



## РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ FLEX: РОБОТОИНСПЕКЦИЯ ●●●



- Широкий спектр применений инспекции
- Свобода выбора угла камеры и подсветки
- Инспекции в труднодоступных местах
- Программирование без CAD-данных
- Возможность встраивания в конвейер
- Легкое перемещение по цеху



Решения для сборочно-монтажных производств электроники  
Остек-Умные технологии: [flex@ostec-group.ru](mailto:flex@ostec-group.ru) | [ostec-flex.ru](http://ostec-flex.ru)

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

# FLEX полтора года спустя:

практика подтверждает  
востребованность  
решений для  
оперативного построения  
сбалансированных  
производств

Беседовал Юрий Ковалевский



В конце 2022 года генеральный директор ООО «Остек-Умные технологии» Евгений Борисович Липкин в интервью журналу «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», 2022, № 10 рассказал о новой на тот момент линейке решений для построения производств радиоэлектронной отрасли, получившей название FLEX. Спустя полтора года Евгений Борисович и его коллега – коммерческий директор компании Олег Анатольевич Гогин поделились результатами, достигнутыми за прошедшее время в плане реализации проектов на основе данной линейки. Также мы поговорили о задачах, стоящих в настоящее время перед российскими производителями электронных модулей, и о том, насколько успешно позволяет их решать концепция FLEX, реализуя принцип «нет ничего лишнего, но точно есть всё нужное».





Генеральный директор ООО «Остек-Умные технологии» Е.Б. Липкин



Коммерческий директор ООО «Остек-Умные технологии» О.А. Гогин

**Евгений Борисович, в интервью нашему журналу в конце 2022 года вы говорили, что отрасль к тому моменту еще не вышла на пик зрелости, и предприятиям нужно решить в сжатые сроки целый комплекс задач. Глядя из настоящего, можно ли сказать, что отрасли это удастся, чтобы, как вы тогда выразились, за три-четыре года пройти «программу средней школы»?**

**Е. Липкин:** На мой взгляд, в целом задача за это время не изменилась. Игроки рынка продолжают сталкиваться с новыми вызовами, связанными и с внешними ограничениями, и с необходимостью решать всё более амбициозные задачи по импортозамещению и развитию промышленности.

Ранее на российском рынке присутствовали различные производители электронной аппаратуры, которые своей продукцией заполняли определенные ниши. Затем многие из этих производителей встали и, не попрощавшись, ушли. За прошедший год-полтора рынок покинуло еще некоторое количество игроков, поставлявших радиоэлектронную продукцию, вычислительную технику и т. п. Но потребность в этих изделиях остается.

Таким образом, у отечественных производителей прибавилось работы по заполнению освободившихся ниш. Радует, что правительство страны поддерживает российские предприятия, несмотря на то, что в моменте было бы проще заместить продукцию ушедших

брендов аналогами из Китая и Юго-Восточной Азии, а также то, что сами отечественные компании готовы в этом участвовать, принимают данный вызов, ищут способы в этих непростых обстоятельствах создавать и расширять производства в короткие сроки.

Конечно, программа средней школы за три-четыре года – это фигура речи. Нельзя точно сказать, сколько есть времени у конкретного производителя, чтобы заместить более недоступный зарубежный продукт. Смысл в том, что действовать нужно настолько возможно быстро. Среди наших проектов есть примеры, где еще год назад предприятие занималось исключительно поставкой и сервисом продукции, а когда возникла острая необходимость создать производство, оно смогло буквально в течение года найти финансирование, организовать производственную площадку, обучить персонал, наладить все процессы и начать отгружать готовую продукцию, конкурентоспособную как по качеству, так и по цене.

Поскольку у отечественных производителей прибавилось работы, вырос объем задач и у нас. Долгое время наши производители аппаратуры находились в некой зоне комфорта, освоив выпуск определенных групп продукции, которую они могли изготавливать, базируясь на существовавших у них технологических компетенциях и используя имевшиеся средства производства. Выходить из этой зоны комфорта многие из них не спешили. Так сложилась

ситуация, когда мы сами делали относительно простые изделия, а сложные преимущественно закупали за рубежом.

Сейчас же появилась задача освоения сложной продукции. Это привело к тому, что одновременно и количество проектов увеличилось, и просто колоссально выросла их сложность. Конечно, в стране и ранее были достаточно сложные производства, выпускавшие продукцию для вычислительной техники, систем связи, оборудования для критической информационной инфраструктуры и т. п. В этих сегментах объемы производства также существенно выросли. Есть и сегменты, где изделия были и остаются штучными и где нет потребности в высокопроизводительных производствах. Но с уверенностью можно сказать, что если ранее наибольшее количество изделий, производимых в стране, относилось к низкому или среднему уровню сложности, то сейчас превалирует продукция средней и высокой сложности.

**Олег Анатольевич, с точки зрения коммерческого директора, в чем проявляется этот рост сложности проектов? Каким критериям должны соответствовать такие проекты?**

**О. Гогин:** Действительно, как сказал Евгений Борисович, сложность проектов существенно выросла. К подобным проектам предъявляются достаточно жесткие требования по культуре производства, по уровню технологий, они должны соответствовать более высоким стандартам. Подобные задачи не решаются простой покупкой оборудования. Здесь необходим комплексный подход. И технические решения здесь уже принципиально другого уровня.

Стоит отметить, что события последних двух лет выразились не только в уходе с российского рынка ряда производителей конечной продукции, но и в разрушении многих кооперационных цепочек, в особенности в тех случаях, когда конечная сборка производилась на территории России, а составные части закупались импортные. Разрыв возник в том числе в кооперационных цепочках, в которых участвует малый и средний бизнес, и заполнить эти пустоты оказалось подчас нечем. Если раньше не столь критичные продукты можно было купить за рубежом за сравнительно небольшие деньги, то сегодня возникла необходимость производить такие изделия в России при сохранении тех же требований к цене и качеству.

Еще один момент, о котором стоит упомянуть в контексте изменений, произошедших за последнее время, – это возросшая внутренняя конкуренция. В нишах, характеризовавшихся низким и средним уровнем сложности и объемами выпуска, которые можно было обеспечить с помощью имевшихся у производителей производственных возможностей, само собой, продукты были локализованы. Но эти про-

изводители могли претендовать только на участие в кооперационных цепочках, когда их изделия интегрировались в продукцию конкретного производителя более высокого уровня, либо на использование их изделий ограниченным кругом конечных заказчиков. Сейчас же уровень технологичности и способности произвести большее количество качественной продукции в достаточно ограниченные сроки являются значительным преимуществом, позволяющим предприятию выиграть в конкуренции с другими отечественными предприятиями, тем самым расширить свой рынок и в конечном счете получить больший объем заказов.

Наконец, изменилась ситуация на рынке контрактного производства. Резкий рост загрузки отечественных контрактных производителей привел к тому, что у них изменились приоритеты, и многие компании, которые годами пользовались их услугами, теперь не могут разместить производство своей продукции у них, потому что их не устраивают новые условия по ценам, срокам и т. п. Для сохранения своей репутации и дальнейшего развития у них возникает необходимость в создании собственных производств, несмотря на отсутствие такого опыта и ограниченность бюджета.

Поэтому у нас выросло количество тех проектов, которые ориентированы на достаточно быстрый старт, очень высокое качество и значительные объемы производимой продукции при разумном объеме инвестиций. Если говорить о сегодняшних проектах, то это, наверное, основные критерии.

**Концепция FLEX, представленная на рынке примерно полтора года назад, должна была отвечать именно тем вызовам, о которых вы говорите, то есть позволять создавать производства быстро, с минимальными инвестициями и достаточно высоким технологическим уровнем. Каким образом планировалось это сделать?**

**Е. Липкин:** Прежде всего отмечу, что концепция FLEX была направлена на определенные рыночные сегменты, которые, как мы считаем, оставались без должного внимания. Это малый и средний бизнес и производственные стартапы. Для таких предприятий создать производство быстро в условиях достаточно жестких финансовых ограничений – непростая задача.

Концепция FLEX, как следует из ее названия, ориентирована на гибкость. Это гибкость, необходимая в условиях текущих вызовов, которая призвана решить возникающее противоречие: с одной стороны, стоит задача освоения той продукции, которая ранее закупалась у крепких мировых производителей, и – еще раз подчеркну – сделать это быстро, что при традиционном подходе предполагает существенные инвестиции, а с другой стороны, необходимо решить

эту задачу в рамках ограниченных финансовых возможностей. Чтобы преодолеть это противоречие, нам нужно было пройти по достаточно узкому коридору. Эта задача весьма нетривиальная, и нам пришлось в определенном смысле проявить «чудеса эквилибристики».

При наличии финансовых ограничений очевидное решение – оптимизировать бюджет, а это неизбежно приводит к сокращению технических возможностей. Чудес не бывает. Все производители оборудования так или иначе находятся в рынке, и если цена некой установки выше, скажем, на 20 % среднерыночной, это означает, что она обладает определенными дополнительными функциями или превосходит другие решения по своим параметрам. Например, у автомата установки компонентов может быть выше точность, повторяемость, шире спектр монтируемых компонентов, больше производительность, срок службы и т. п. Верно и обратное: невозможно существенно сэкономить на оборудовании, не лишившись определенного функционала и не потеряв в характеристиках.

Поэтому при разработке решений FLEX нам пришлось искать такой баланс, чтобы, снизив насколько это возможно инвестиционную планку, сохранить все необходимые функции и параметры.

При этом нужно было учитывать еще один немаловажный момент. Если мы говорим о здоровом бизнесе, то для него производство – это одно из подразделений, которое должно участвовать в формировании прибыли и которое может быть конкурентным преимуществом и опорой развития предприятия. Оно не должно быть неким «довеском», а тем более – источником проблем. Для малого бизнеса это особенно актуально: у таких компаний обычно нет резервов – как финансовых, так и людских – чтобы нивелировать возможные инвестиционные ошибки. Иными словами, у них нет пространства для экспериментов: всё необходимо сделать правильно с первого раза.

Учитывая, что у производственных стартапов, как правило, нет собственного опыта выбора оборудования и решения прочих связанных с организацией производства вопросов, наша задача состояла в том, чтобы предоставить им решение, позволяющее начать выпускать продукцию с минимальным риском совершения ошибок.

Гибкость FLEX заключается именно в том, что на базе нашего многолетнего опыта мы предоставляем заказчику продуманное решение, которое включает в себя всё, что нужно, и не содержит ничего лишнего, чтобы этот конкретный заказчик достиг своих целей в кратчайшие сроки и чтобы данный путь был для него максимально простым и легким.

**О. Гогин:** Я бы здесь обратил внимание на еще один момент. Помимо того, что решение, которое мы предлагаем заказчику, должно соответствовать его бюджету и обеспечивать достижение его текущих це-

лей с точки зрения производственных возможностей, необходимо, чтобы оно обладало технологическим запасом с учетом перспективы развития заказчика. Приобретенное им решение не должно потерять свою актуальность спустя несколько лет, чтобы ему не пришлось модернизировать производство, а значит, вновь изыскивать возможности дополнительного финансирования, подбирать новые решения, осваивать новые технологии. Поэтому идея FLEX еще и в том, чтобы как минимум на пять лет вперед предусмотреть возможные изменения ситуации на рынке, востребованности конкретных типов продукции, уровня сложности изделий. И с учетом этого, естественно, сохранить баланс между инвестициями и применением самых современных технологий, в том числе в области мониторинга и организации контроля качества.

### **Как удается предвидеть потребности производителей на будущее, пусть даже на несколько лет вперед? В чем здесь «магия»?**

**Е. Липкин:** Мы не волшебники, мы – инженеры. Магия – не наш профиль. В основе прогнозирования потребностей заказчиков лежат международные отраслевые стандарты. Эти документы, как известно, достаточно часто актуализируются и содержат в себе современные базовые подходы как к конструированию изделий, так и к организации производства и складского хранения, обеспечению качества и т. п. Основная задача таких стандартов заключается в том, чтобы промышленность «говорила на одном языке» и действовала синхронизированно. Говоря простыми словами, благодаря данной базе знаний компании, создающие компоненты, понимают, для чего эти компоненты будут применяться; производители печатных плат знают, какими характеристиками должны обладать их изделия, чтобы соответствовать требованиям сборочных производств и т. д. Соответственно, и производители оборудования ориентируются на данные стандарты, чтобы отвечать потребностям рынка.

Таким образом, учет требований текущих отраслевых стандартов при проектировании производства является определенной гарантией, что в ближайшей перспективе предприятию не придется резко менять курс. И конечно же, мы полагаемся на собственный опыт, благодаря которому мы знаем, какой функционал не стоит исключать из проекта ради экономии, поскольку он с высокой вероятностью пригодится в ближайшем будущем. Принимаем во внимание и специфику нашего рынка, и собственные ошибки, которые, безусловно, были, учитывая то количество проектов, которое команда Остека реализовала за многие годы. Пройдя этот путь, мы помогаем избежать подобных ошибок нашим заказчикам.

Конечно, существуют исключения, когда компания может, например, сменить продуктовую линейку,



но это выходит за рамки вопроса прогнозирования: такие случаи особые, связанные с решениями менеджмента предприятия.

Возможны и ситуации, когда у заказчика возникает необходимость в значительном увеличении объема выпуска, что было сложно предвидеть на этапе первоначального создания производства. Тогда может потребоваться расширение парка оборудования, но уже используемые линии FLEX не останутся без дела, они просто будут дополнены новыми линиями и продолжат выпускать часть продукции.

Существуют различные ситуации, каждое производство индивидуально. Но можно говорить, что в среднем решения FLEX ориентированы на обеспечение технологического запаса на пять-семь лет.

Так что здесь нет «магии». Это подход, основанный на инженерных расчетах, анализе рынка, отраслевых стандартах и собственном опыте. Как бы иногда ни хотелось поддаться эмоциям и выбрать что-то самое передовое, модное, мы не даем себе оторваться от реальности. Именно такой, если хотите, скучный подход приводит к оптимальным результатам.

#### **В чем заключается специфика отечественных сборочно-монтажных производств, которую необходимо учитывать в проектах?**

**Е. Липкин:** Прежде всего, мы понимаем, что пока у нас не очень зрелая культура производства. У нас еще не закрепились многие подходы, которые в ряде других стран очевидны не только для менеджмента компаний, но и для большинства сотрудников, работающих на производствах. Там предприятия приходили к этому постепенно, нам же приходится в сжатые сроки компенсировать отставание в данном вопросе, возникшее из-за нескольких упущенных десятилетий.

Во всем мире наблюдается тенденция к автоматизации производств, их цифровизации, внедрению «Индустрии 4.0», но всё же во многом предприятия полагаются на людей, на их производственную культуру. Для нас цифровые инструменты и другие решения, направленные на снижение влияния человеческого фактора, еще более актуальны; нам нужны средства некоторой перестраховки, которые позволяют достигать высокой производительности и уровня качества на имеющейся базе с точки зрения культуры производства.

Поэтому, когда мы прорабатывали решения FLEX, мы изначально закладывали в них цифровые инструменты и уделяли большое внимание средствам контроля качества продукции и производственного процесса в целом.

**О. Гогин:** Цифровые инструменты на сегодняшний день действительно востребованы, поскольку упрощают понимание тех процессов, которые происходят на производстве и позволяют организовать его максимально эффективно, сводя к минимуму простои

оборудования, объем брака, а также обеспечивая стабильное качество вне зависимости от смены, дня недели, времени суток.

И нужно сказать, что в этой области ситуация на рынке за последние два года также изменилась. Специализированные зарубежные решения для управления производством, на которые раньше многие российские предприятия делали ставку, стали теперь им недоступны, и у отечественных производителей осталось, по сути, два варианта – либо строить собственную ERP-систему, либо использовать доступное базовое решение, наиболее распространенным из которых является «1С:ERP Управление предприятием». В первом случае мы легко вписываемся в создаваемую систему с нашими решениями, а с «1С» интеграция у нас предусмотрена изначально. Таким образом, цифровые инструменты для мониторинга и управления параметрами производства могут быть легко развернуты фактически с нуля.

В отношении особенностей российского рынка я бы добавил еще один момент. В России есть высокотехнологичные предприятия, испытывающие потребность в отечественной электронике, и эти предприятия обладают сильной системой менеджмента качества и предъявляют очень жесткие требования к комплектующим. Многие производители электронных модулей заинтересованы в том, чтобы их изделия применялись в продукции таких предприятий. Они перестраивают свои бизнес-модели, ориентируясь именно на таких заказчиков, и им подчас приходится существенно менять бизнес-процессы, а иногда и полностью перестраивать свою организационную структуру.

Партнерство с этими заказчиками они выстраивают с учетом перспективы на несколько лет, и это подразумевает некий технологический и продуктовый план, касающийся и объемов производства, и уровня сложности изделий, и последующего технического обслуживания продукции, и прочих вопросов. Таким образом, обеспечение технологического запаса, прогнозируемости производства и управляемости качеством продукции становятся в текущих условиях особенно актуальными. Поэтому мы и делаем акцент на эти критерии в решениях FLEX.

#### **В интервью конца 2022 года было сказано, что на тот момент существовало два базовых решения FLEX – по одному для поверхностного и штыревого монтажа. Учитывая то, что производства всегда обладают теми или иными специфическими особенностями, приходится ли расширять спектр данных решений?**

**Е. Липкин:** Конечно, двух базовых решений недостаточно, чтобы решить те задачи, которые мы ставили перед собой, разрабатывая концепцию FLEX. В конце 2022 года мы находились уже не на старте



реализации этой концепции, но еще на достаточно раннем ее этапе, и само собой, мы не собирались останавливаться на достигнутом.

Когда мы говорим про производство в стиле FLEX, речь идет не о поставке отдельных типовых или близких к типовым линий. Речь идет о создании производств от склада комплектации и до выпуска готовой и проверенной продукции, такой, какой ее ожидает заказчик. И на сегодняшний день я могу сказать, что, в принципе, мы эту задачу решили. То семейство решений, которое у нас есть в рамках концепции FLEX, включает все основные элементы этой модульной конструкции.

И что важно, решения FLEX позволяют обеспечить баланс между технологическими операциями и процессами по всему маршруту, ведь прочность цепи, как известно, определяется самым слабым звеном. Так, у нас есть несколько вариантов линий поверхностного монтажа и несколько вариантов линий монтажа в отверстия, и этот спектр решений позволяет подобрать оптимальное сочетание для конкретного заказчика, чтобы данные линии были сбалансированы между собой и тем самым обеспечивали, с одной стороны, максимальную производительность, а с другой – наибольшую отдачу с каждого вложенного в оборудование рубля. То же касается систем контроля качества и прочего оборудования.

Обеспечение возможности этого баланса было одним из самых больших вызовов при разработке решений FLEX. И здесь дело не ограничилось тщательным подбором оборудования: с отдельными поставщиками пришлось поработать, чтобы они модифицировали свои решения, создали, фактически, специализированные исполнения под наши требования. В некоторых случаях это позволило даже сократить необходимое количество единиц оборудования для выполнения определенных задач: есть примеры, когда одна доработанная установка смогла делать то, для чего были нужны две стандартные, каталожные, машины.

**О. Гогин:** Безусловно, мы начинали создание решений FLEX с самых основных решений, востребованных прежде всего в условиях стартапа. При этом первоочередной целью было обеспечить решение текущих производственных задач заказчиков и формирование технологического запаса на будущее. Но мы принимали в расчет и возможность использования решений FLEX в уже существующих производствах без необходимости изменения их архитектуры и бизнес-моделей заказчика, тем самым снижая его риски при наращивании производственных возможностей.

Эти задачи были решены, что позволяет строить на базовых элементах решений FLEX полномасштабные цифровые сборочно-монтажные производства, в том числе с учетом высокой динамики развития бизнеса заказчика.

### **Концепция FLEX ориентирована на сравнительно простые производственные задачи. Каков критерий полномасштабного производства в данном контексте?**

**Е. Липкин:** Этот критерий – законченность. Если рассматривать такое сборочно-монтажное производство как черный ящик, то на входе у него будут компоненты, платы, материалы, а на выходе – функционирующий электронный модуль. Всё, что находится между входом и выходом, может быть закрыто решениями FLEX.

Конечно, FLEX не позволяет строить производства для изготовления продукции очень высокого уровня сложности, характерного для таких областей, как, например, вычислительная техника, телекоммуникационное оборудование и т. п. Для этого у нас есть другое семейство продуктов – SMART. Но для всего, что касается продукции низкого и среднего класса сложности, всё необходимое есть в решениях FLEX.

**О. Гогин:** При этом FLEX и SMART могут жить под одной крышей. У них одна базовая экосистема, применяемое оборудование – от одних и тех же вендоров, их программное обеспечение совместимо. Поэтому если заказчик, у которого есть производство на базе FLEX, вырастет до уровня производителя сложной передовой аппаратуры, то он может продолжить взаимодействовать с нашей командой и у него будет возможность внедрить решения SMART, которые будут работать в единой архитектуре с имеющимся у него оборудованием.

**Е. Липкин:** Следует отметить, что разница между FLEX и SMART – прежде всего, в сложности продукции. FLEX – это не обязательно одна небольшая линия. Это могут быть достаточно масштабные производства.

**О. Гогин:** И этот масштаб может наращиваться постепенно. Порядка трети из реализованных проектов подразумевают подготовку помещений под масштабирование на стороне заказчика. То есть изначально создается некий базис, а затем на его основе предприятие развивается, количество заказов растет, и с нашей помощью заказчик постепенно расширяет свои возможности по объему выпуска продукции.

### **Вы сказали, что в целом задачи, поставленные при разработке концепции FLEX, решить удалось. Можно ли привести некоторые цифры, подтверждающие это?**

**О. Гогин:** Концепция FLEX была положительно воспринята рынком, что, конечно, было для нас очень приятно. К нам достаточно быстро стали приходить заказчики, большинство из которых не имели собственного опыта построения производств. У них была задача запустить производство и начать зарабатывать деньги, а не учиться выбирать оборудование.

Наверное, спустя месяц после представления концепции FLEX рынку первым заказчиком уже было принято решение о построении производства на ее основе. На се-

годняшний день завершены или находятся на финальном этапе более 10 проектов, в активной стадии реализации – еще порядка 20.

**Если исходить из уже имеющейся практики, в какие сроки удается создавать производства на основе решений FLEX?**

**Е. Липкин:** Прежде чем ответить на этот вопрос, нужно более четко определить, что включает этот срок. Если говорить непосредственно о поставке оборудования, то она, как правило, достаточно оперативная. Срок поставки зависит от конкретного проекта, сезонных и других факторов, но можно говорить, что обычно он составляет полгода и менее.

В то же время к моменту поступления оборудования необходимо подготовить производственную площадку, инженерную инфраструктуру, нанять персонал, провести его предварительное обучение. Насколько быстро это будет сделано, во многом зависит от заказчика.

Однако даже когда всё оборудование установлено и запущено – это еще не конец пути. Я бы не назвал полноценным запуском производства тот момент, когда первые собранные платы вышли из печи. Для нас проект заканчивается тогда, когда заказчик выходит на определенный уровень производительности, выхода годных с первого прохода, достигает требуемой эффективности. Дистанция от запущенного оборудования до выхода на целевые показатели – достаточно серьезная, мгновенно ее не пройти.

**О. Гогин:** Вообще говоря, заказчик начинает возвращать инвестиции тогда, когда продукция начинает производиться серийно. Но поддержка заказчика с нашей стороны часто осуществляется даже после того, как он в целом окупил инвестиции в данное производство. Это включает не только гарантийное обслуживание, но и технологическую поддержку, подготовку специалистов, их аттестацию по истечении некоторого времени, дополнительное повышение их квалификации и т. п. Таким образом, наш заказчик, помимо прочего, может быть уверен, что его сотрудники, включая тех, кто пришел на предприятие уже после запуска линии, имеют необходимый уровень знаний в области актуальных технологий и оборудования.

Мы стараемся постоянно быть на связи с заказчиком, в том числе с помощью специализированных инструментов, таких как наше приложение «Умный сервис».

Возвращаясь к вашему вопросу, действительно практический срок построения производства зависит от многих факторов. Но если взять за базу срок от принятия решения о том, что производство будет строиться на основе FLEX, и до завершения пусконаладочных работ и начала выпуска серийной продукции и исключить из этого периода время на подготовку площадки у заказчика, то есть самого помещения и инженерной инфраструктуры, срок поставки оборудования, который зависит в том числе от того, было ли оно на складе либо заказывалось

в рамках общих поставок или специально для данного заказчика, а также последующие работы на стороне заказчика по совершенствованию его внутренних процессов, то в остатке мы получим в среднем около пяти месяцев.

**Концепция FLEX, как вы отметили, направлена на изделия сравнительно небольшой сложности, а для сложной продукции предназначены решения SMART. Таким образом, верхняя планка применения FLEX понятна. Существует ли нижняя планка, то есть настолько простая продукция, что для ее изготовления подход FLEX будет избыточным?**

**Е. Липкин:** Конечно, бывают и такие заказчики, которым нужны совсем простые решения. Мы не ставим перед собой цель силами одной команды перекрыть всё, что есть на рынке. Мы концентрируем усилия на том, что считаем наиболее востребованным и перспективным, учитывая тенденцию на повышение сложности выпускаемой в нашей стране продукции, о которой говорилось ранее.

Но нижняя планка целесообразности применения решений FLEX связана даже не столько со сложностью производимых изделий, сколько с потребностью заказчика обеспечить серийный выпуск продукции с управляемым качеством и заданными параметрами эффективности. Для штучного производства уникальных и очень дорогих изделий, скорее всего, концепция FLEX не подойдет. Но серийный выпуск продукции, пусть даже и при широкой номенклатуре, предполагает определенную культуру производства, прозрачность процессов, соответствие стандартам и регламентам, управляемость с точки зрения показателей производительности, качества и эффективности. Именно эти задачи и позволяет решить FLEX.

Здесь я бы отметил еще один результат полутора лет реализации проектов FLEX. Долгое время на рынке существовал стереотип, что решения от Остека – это всегда дорого. Благодаря FLEX, по нашему мнению, удалось переломить этот стереотип. Мы видим по реакции заказчиков, когда они получают от нас предложения, что решения FLEX отвечают их ожиданиям с точки зрения финансовых вложений в создаваемые производства. Это, можно сказать, был для нас приятный сюрприз, потому что побороть именно этот стереотип не было нашей первоочередной целью. Однако, исходя из обратной связи, это удалось сделать.

Так мы получили еще одно подтверждение того, что нам удалось достичь баланса между технологическими возможностями решений FLEX и необходимыми для их внедрения инвестициями. По истечении полутора лет мы можем уверенно утверждать, что эта концепция действительно позволяет строить в своем сегменте производства мирового уровня за вполне разумные деньги.

**Спасибо за интересный рассказ.**

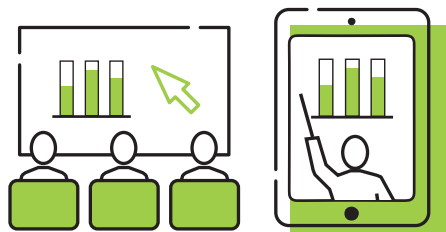
# **FLEX — РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕДОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Когда нет ничего лишнего, но точно есть все нужное



РЕШЕНИЯ ДЛЯ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЭЛЕКТРОНИКИ  
Остек-Умные технологии: [flex@ostec-group.ru](mailto:flex@ostec-group.ru) | [ostec-flex.ru](http://ostec-flex.ru)

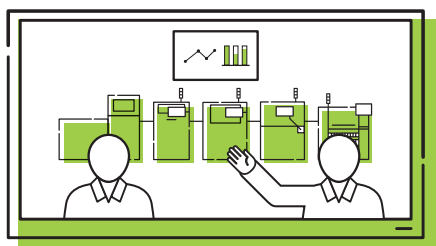
# АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ



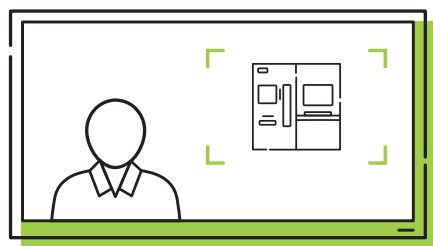
СЕМИНАРЫ  
ОНЛАЙН И ОФЛАЙН



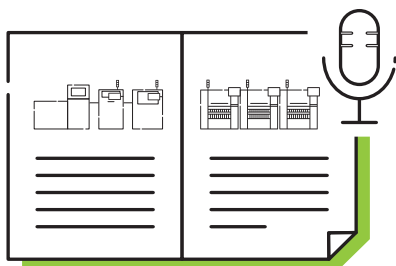
ПРОФИЛЬНЫЕ КАНАЛЫ  
В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



РЕПОРТАЖИ И КЕЙСЫ  
С ПРОИЗВОДСТВ



ВИДЕООБЗОРЫ  
РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ



ЭКСПЕРТНЫЕ  
СТАТЬИ И ИНТЕРВЬЮ



ВИДЕОПРЕЗЕНТАЦИИ  
И ЗАПИСИ WEBИНАРОВ

