

01 (57) апрель 2023

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Научно-практический журнал

ТЕХНОЛОГИИ

Вячеслав Ковенский
Денис Поцелуев

4 ZESTRON УШЕЛ...
ГИДРОНОЛ ПРОДОЛЖИТ!

КАЧЕСТВО

Андрей Насонов

38 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИИ

КАЧЕСТВО

Интервью с генеральным
директором ООО «Остек-
Умные технологии»
Е. Липкиным

42 РОССИЙСКОЕ КАЧЕСТВО
ДОЛЖНО СТАТЬ БРЕНДОМ
НА МИРОВОМ РЫНКЕ

FLEX — РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕДОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Когда нет ничего лишнего, но точно есть все нужное





Уважаемые читатели!

Мы, авторы и редакция научно-практического журнала «Вектор высоких технологий», рады новой встрече с вами!

Нам пришлось сделать почти годовой перерыв, чтобы адаптировать в новых условиях ключевые процессы взаимодействия с клиентами и партнёрами Остека. И новые условия стали импульсом к изменениям – появлению новых поставщиков, развитию оборудования и материалов собственной разработки. Что осталось неизменным – это высокая квалификация и экспертиза сотрудников, многие из которых являются нашими авторами. И обо всех значимых изменениях они рассказывают на страницах нашего журнала.

Дорогие читатели, мы надеемся, что этот номер журнала «Вектор высоких технологий» будет как никакой другой актуальным и интересным для вас!

Возможно, вы спросите, а что дальше, когда мы увидим следующий номер? Пока у нас в планах на этот год два выпуска – тот, который вы держите в руках, и номер к осеннему Российскому форуму «Микроэлектроника 2023».

А чтобы быть в курсе наших актуальных новостей и событий, подписывайтесь на социальные сети Остека!

С уважением,
Антон Большаков



Телеграм

https://t.me/ostec_news



ВКонтакте

https://vk.com/ostec_group

Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий», учредитель ООО Предприятие Остек.

Редакционная группа: Большаков Антон, Волкова Ирина.

121467, Москва, Молдавская ул., д. 5, стр. 2.

E-mail: marketing@ostec-group.ru

тел.: 8 (495) 788-44-44

факс: 8 (495) 788-44-42

Оформить бесплатную подписку на журнал можно на сайте www.ostec-group.ru

В НОМЕРЕ



ТЕХНОЛОГИИ стр. 4

ТЕХНОЛОГИИ

ЗЕСТРОН УШЕЛ... ГИДРОНОЛ ПРОДОЛЖИТ! 4

Авторы: Вячеслав Ковенский, Денис Поцелуев

ТЕНДЕНЦИИ КОРПУСИРОВАНИЯ И СБОРКИ ДИСКРЕТНЫХ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БАЗЕ ПОЛЕВЫХ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ 12

Автор: Владимир Иванов

ПРЕЦИЗИОННОЕ УТОНЕНИЕ ПЛАСТИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЕЖУТОЧНОГО НОСИТЕЛЯ ИЗ СТЕКЛА 24

Автор: Дмитрий Суханов



ТЕХНОЛОГИИ стр. 12

МЕТОД ПОВЕРХНОСТНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА УРОВНЕ МИКРОСХЕМЫ С ВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ 32

Авторы: Виктор Ульянов, Артем Коротков

КАЧЕСТВО

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИИ 38

Автор: Андрей Насонов

РОССИЙСКОЕ КАЧЕСТВО ДОЛЖНО СТАТЬ БРЕНДОМ НА МИРОВОМ РЫНКЕ. ИНТЕРВЬЮ С Е.Б. ЛИПКИНЫМ 42

Автор: Юрий Ковалевский

МЫ ХОТИМ СТАТЬ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ЗАКАЗЧИКОВ КОМПАНИЕЙ, КОТОРОЙ ОНИ БОЛЬШЕ ВСЕГО ДОВЕРЯЮТ. ИНТЕРВЬЮ С ФАХМИ ХЭЛМИ (FANMI HELMI) 49

Автор: Юрий Ковалевский



КАЧЕСТВО стр. 54

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 54

Автор: Сергей Максимов



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 62



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 72

ОПТИМИЗАЦИЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ. . . 62

Автор: Артем Кручинов

ТЕХПОДДЕРЖКА

СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: ОБЗОР ПРОДУКТОВ КОМПАНИИ JATEN И LVC 72

Автор: Александр Фролов

ПРЕИМУЩЕСТВА СБОРКИ МИКРОСХЕМ В КОМПАКТНЫХ QFN-КОРПУСАХ 80

Авторы: Григорий Савушкин, Владимир Иванов

АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-SMT

ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА. ЧАСТЬ 1: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА 84

ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА. ЧАСТЬ 2: ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ 88

ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА. ЧАСТЬ 3: СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ 92

ГИБКАЯ ИНСПЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА V91 ОТ КОМПАНИИ VITROX 94

АВТОРЫ НОМЕРА

- Вячеслав Ковенский**
Генеральный директор
ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru
- Денис Поцелуев**
Директор по продажам и маркетингу,
к.э.н
ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru
- Владимир Иванов**
Начальник группы пресейл-инженеров
Технического управления
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Дмитрий Суханов**
Заместитель технического директора
по продуктам для полупроводниковых
производств
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Виктор Ульянов**
Ведущий инженер отдела ЭМС и
акустики
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru
- Артем Коротков**
Ведущий специалист отдела ЭМС и
акустики
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru
- Андрей Насонов**
Технический директор
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru
- Юрий Ковалевский**
Журнал «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Сергей Максимов**
Ведущий специалист отдела научно-
исследовательского и лабораторного
оборудования
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru
- Артем Кручинов**
Главный специалист отдела
автоматизированных систем хранения
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru
- Александр Фролов**
Начальник отдела научно-
исследовательского и лабораторного
оборудования
ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru
- Григорий Савушкин**
Инженер группы пресейл-инженеров
Технического управления
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru

ТЕХНОЛОГИИ

Zestron ушел...

Гидронол продолжит!

Текст: Вячеслав Ковенский
Денис Поцелуев



В марте 2022 года поставки в Россию отмывочных жидкостей Zestron и Vigon прекратились. Но на российских предприятиях этого практически никто не заметил и не столкнулся с дефицитом жидкостей и отсутствием технической поддержки. Все предприятия, использовавшие продукцию Vigon и Zestron, продолжают работать, мыть платы в еще большем объеме с максимальным качеством отмывки и высокой эффективностью процессов. Как это получилось, и что такое неизвестная ранее продукция под названием Гидронол – обсудим в этой статье.



1

Отмывочные жидкости Гидронол

Более 15 лет Остек поставлял клиентам в России и странах СНГ жидкости и решения под брендами Zestron и Vigon. Для большинства специалистов в нашей стране Zestron был именем нарицательным в отмывке и ассоциировался с лучшими и эффективными жидкостями для отмывки при производстве электроники, с высоким и стабильным качеством продукции, с полным спектром сопутствующих решений, профессиональной технической поддержкой и стабильными поставками. Но 2022 год все изменил. Как и многие другие поставщики Dr. Wack O.K. Chemie остановил поставки в Россию, чем создал для нас как поставщиков крайне затруднительное положение, оставив со складским запасом продукции всего на 3–4 месяца.

Варианты решений в этой ситуации были очевидны – либо импорт через третьи страны, либо поставки новой продукции из Китая, либо вывод на рынок наших собственных жидкостей. Не будем вдаваться во все плюсы и минусы каждого из этих вариантов. В марте 2022 года мы приняли решение о выводе на рынок отмывочных жидкостей и сопутствующей продукции нашей собственной разработки и нашего производства под торговой маркой Гидронол (рис 1 и 2).

Конечно, возникает резонный вопрос – разве можно успеть разработать и организовать производство с нуля за 3–4 месяца? Ведь только поиск, закупка и логистика сырья и образцов для испытаний занимают до 2 месяцев! И поэтому ответ очевиден – это невозможно. Но мы готовились к такому развитию событий заранее. В 2014 году стало понятно, что есть риск полной остановки поставок материалов для производства электроники в Россию, и мы начали действовать. Поэтому еще в 2014 году начали работу над основными жидкостями для отмывки печатных узлов и трафаретов.

В 2015–2016 годах были разработаны первые образцы жидкостей, проведены первые испытания и инициирована

доработка составов. В 2018 году основные жидкости были готовы и успешно испытаны. В 2022 году оставалось только найти новых поставщиков сырья взамен европейским, наладить поставки в новых условиях, развернуть производство, внедрить входной/выходной контроль, оформить документы и завершить разработку некоторых жидкостей и сопутствующих решений. И это было сделано. Работу над некоторыми жидкостями и решениями мы ведем до сих пор, и она уже перешла в перечень стандартных задач отдела исследований и разработки новых материалов.

Заблаговременная готовность основных продуктов, наличие опытной команды и ключевых компетенций, накопленные знания и экспертиза, острая необходимость предложить нашим клиентам лучшее и надежное решение – все это позволило нам в марте 2022 года решительно взяться за вывод на рынок



2

Наборы Гидронол для оценки состояния раствора отмывочной жидкости и контроля качества отмывки

продукции собственного производства. Жидкости и решения Zestron и Vigon мы определили для себя как эталон, на который мы должны выйти.

Мы поставили перед собой цель – обеспечить всех отечественных производителей электроники не только лучшими жидкостями для отмывки, не уступающими по своим характеристикам мировым продуктам, но и максимальным спектром сопутствующих решений, услуг, технической поддержкой. Мы стремимся к тому, чтобы единственными изменениями, которые заметит клиент при переходе на Гидронол, были название продукции и этикетка на упаковке, а все остальное осталось на таком же высоком уровне. Чтобы наши постоянные клиенты и те, кто начнет применять Гидронол без предыдущего опыта использования зарубежных жидкостей, получили всю полноту преимуществ современного комплексного решения. Это – высокое качество отмывки, эффективность технологического процесса, уверенность в стабильности процесса благодаря наборам для контроля концентрации и контроля качества отмывки, техническая поддержка высокого уровня и стабильные поставки. В **Т 1** приведено сравнение номенклатуры жидкостей Гидронол с жидкостями Zestron и Vigon.

С первых этапов работы над продукцией Гидронол были сформулированы конкретные требования и задачи, они отражены на **рис 3**.

Давайте рассмотрим основные требования, которыми мы руководствуемся при разработке и производстве жидкостей и сопутствующей продукции Гидронол.

Технологическая и эксплуатационная плоскость

Главное, что производители электроники ожидают от отмывки, – качественное и стабильное удаление загрязнений на различных этапах производственного процесса с использованием имеющихся на производстве процессов и максимальным технологическим окном. Это ключевое условие для определения пригодности продукции в производстве. Понимая это, мы сделали серьезный упор на проверку работоспособности жидкостей и их эффективность (**рис 4**).

Уже в мае 2022 года на отмывочные жидкости Гидронол у нас было более 30 официальных протоколов об успешно проведенных испытаниях по отмывке печатных узлов и трафаретов на ведущих производствах радиоэлектронной аппаратуры. Сегодня мы имеем уже более 300 работающих технологических процессов с использованием продукции Гидронол. За 9 месяцев применения на предприятиях жидкости показали высокую эффективность удаления остатков более 79 типов паяльных материалов от 27 производителей. Понимая высокую важность данного критерия, мы постоянно мониторим российский рынок на предмет появления новых материалов для пайки и обязательно испытываем их в части отмывки жидкостями Гидронол. Если у клиента есть паста или флюс, которые ранее не были

Т 1

Сопоставление номенклатуры жидкостей ГИДРОНОЛ и жидкостей Zestron/Vigon

НОМЕНКЛАТУРА ЖИДКОСТЕЙ ZESTRON/VIGON	НОМЕНКЛАТУРА ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОНОЛ
ОТМЫВКА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ	
Zestron FA+	Гидронол C10
Vigon A 200 / A 201 / A250 / A 300	Гидронол B20
Vigon US	Гидронол У50
Vigon EFM	Гидронол P30
Zestron VD	Гидронол Д70
Vigon PE180	Гидронол H18 *
ОЧИСТКА ТРАФАРЕТОВ	
Vigon SC200	Гидронол Т60
Vigon SC202	Гидронол Т62
Zestron SW	Гидронол Т57
Zestron SD301	Гидронол Т31
ОЧИСТКА ОБОРУДОВАНИЯ	
Atron SP200	Гидронол П12 *
Zestron RC303	Гидронол П33 *
КОНТРОЛЬ РАСТВОРОВ ЖИДКОСТЕЙ И КАЧЕСТВА ОТМЫВКИ	
Bath Analyzer 10	Гидронол K14
Bath Analyzer 20	Гидронол K07 *
Easy Bath Control Kit	Гидронол K01
Flux Test	Гидронол КФ
Resin Test	Гидронол КС

* продукция, находящаяся в разработке на дату публикации статьи.

испытаны, мы можем провести испытания в нашей лаборатории или на других действующих производствах. Такой подход даст клиенту максимальную уверенность в работоспособности продукции Гидронол еще до внедрения жидкостей на его производстве.

Конечно, эффективное удаление остатков паяльных материалов – это важный критерий при выборе отмы-

Технологическая и эксплуатационная плоскость

- Качество и эффективность процессов отмывки на уровне продуктов эталонов. Удаление максимального количества загрязнений и остатков флюсов.
- Решение основных производственных задач, а именно: отмывка печатных узлов после сборки, очистка трафаретов от паяльной пасты и сборочно-монтажного оборудования от нагара, удаление ошибочно нанесенной паяльной пасты.
- Возможность отмывки печатных узлов после сборки с использованием основных наиболее распространенных технологических процессов: струйная отмывка, отмывка в ультразвуке, ручная отмывка, отмывка в вакуумных системах очистки.
- Наличие полного спектра сопутствующих решений для контроля процесса и оценки результата.
- Эффективная техническая поддержка.
- Максимальная безопасность персонала, работающего с жидкостями Гидронол.
- Совместимость с компонентами и узлами оборудования для отмывки.
- Совместимость с компонентами и материалами печатного узла.

Требования к организации производства и качеству продукции

- Обеспечение 100 % соответствия производимой продукции техническим характеристикам и свойствам, указанным в документации.
- Обеспечение 100 % повторяемости характеристик и свойств продукции от партии к партии, начиная от образцов и заканчивая серийными партиями продукции.
- Обеспечение 100 % прослеживаемости истории производства и возможность контроля качества произведенной продукции в течение года с момента производства.

Экономико-коммерческая плоскость

- Стоимость продукции для клиентов не выше продукции Zestron.
- Минимальное влияние на себестоимость конечной продукции заказчиков (максимальная эффективность процессов и максимальный срок жизни продукции).
- Постоянное наличие продукции на складе. Стабильный и надежный запас сырья на длительный период (минимум 6 месяцев).
- Минимальные сроки отгрузки клиентам.

3

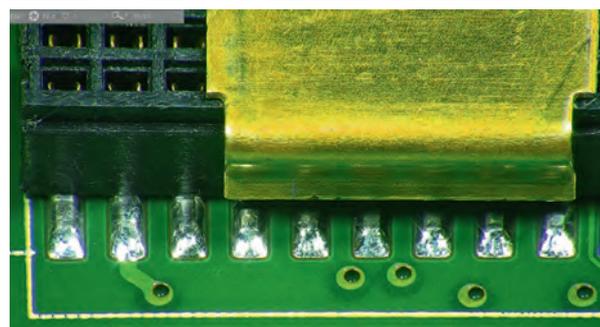
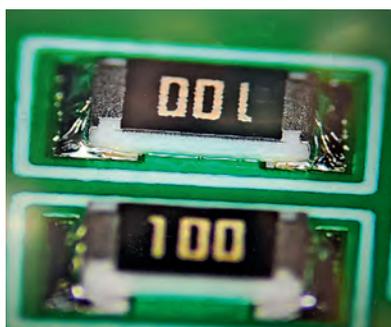
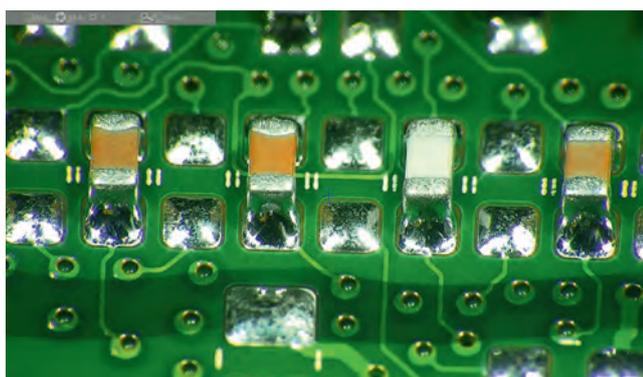
Требования к разработке продуктов Гидронол

вочной жидкости, но он не единственный. Отмывочная жидкость должна быть применима в существующем или предполагаемом технологическом процессе.

Данные о способе применения и типовых параметрах процесса должны быть обязательно указаны в листе технической информации на продукт. Подробная информация о применимости отмывочных жидкостей Гидронол в различных техпроцессах приведена в 1 2. Важно, что в ассортименте нашей продукции есть жидкости для всех основных технологических процессов отмывки печатных узлов, и на сегодняшний день все они испытаны и активно применяются.

Следующий критерий для принятия решения о выборе отмывочной жидкости – ее совместимость с материалами и компонентами печатного узла или оборудования. Совместимость лучше проверять с по-

мощью официальных документов, т. к. выведенное из строя оборудование для отмывки или испорченный печатный узел могут обойтись гораздо дороже не-



4

Демонстрация качества отмывки печатного узла с помощью жидкостей Гидронол

Т 2

Применимость отмывочных жидкостей Гидронол в техпроцессах

ЗАДАЧА	ОЧИСТКА ТРАФАРЕТОВ	ОТМЫВКА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ	ОЧИСТКА ОБОРУДОВАНИЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ПАСТА/КЛЕЙ	ОСТАТКИ ФЛЮСА / ИОННЫЕ И ЖИРОВЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ПАСТА / НАГАР / КОНДЕНСАТ
РУЧНАЯ ОТМЫВКА	Гидронол Т60 Гидронол Т31	Гидронол Р30	Гидронол П33*
СТРУИ В ВОЗДУХЕ	Гидронол Т60 Гидронол Т62	Гидронол В20 Гидронол Н18*	Не применимо
В ПРИНТЕРАХ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ	Гидронол Т57 Гидронол Т31 Гидронол Т60 Гидронол Т62	Не применимо	Не применимо
УЛЬТРАЗВУК/ СТРУИ В ОБЪЕМЕ	Гидронол Т60 Гидронол Т62	Гидронол У50 Гидронол С10	Гидронол П12*
ОЧИСТКА В ПАРОВОЙ ФАЗЕ	Не применимо	Гидронол Д70	Не применимо

На водной основе

На основе растворителей

* продукция, находящаяся в разработке на дату публикации статьи

скольких десятков литров жидкости. Официальным документом будет являться лист совместимости с материалами на конкретную отмывочную жидкость, данные в котором подтверждены проведенными испытаниями.

Рассмотрим на примере жидкости для ультразвуковой отмывки печатных узлов Гидронол С10, как проводятся испытания на совместимость с самыми распространенными материалами печатного узла, компонентов и оборудования. Материалы для электронных компонентов (полимеры, металлы, этикетки, стекло, толсто пленочные резисторы, органическое защитное покрытие) тестируются в следующих условиях:

- Электронные компоненты:
 - › Проводится пятикратная отмывка при температуре +50 °С в течение 10 минут при рекомендованной концентрации раствора.
 - › После отмывки и ополаскивания проводится оценка совместимости по следующим критериям:
 - + разрушение, коррозия, потемнение;
 - + изменение цвета раствора.
- Материалы (полимеры, металлы, материалы уплотнений):
 - › Погружаются в концентрированную отмывочную жидкость и выдерживаются при комнатной температуре в течение 7 дней.
 - › Через 7 дней проводится оценка совместимости по следующим критериям:
 - + разрушение;
 - + изменение внешнего вида;

- + изменение размеров;
- + изменение цвета раствора.

Приведенные выше условия испытаний представляют собой наихудший сценарий, т. к. в обычных процессах очистки материалы печатного узла и оборудования не подвергаются воздействиям такой интенсивности. По итогам испытаний для каждого материала выводится характеристика о совместимости с отмывочной жидкостью: «полная совместимость», «не совместим» или «требуется испытание перед применением».

Еще один немаловажный критерий при выборе отмывочной жидкости – ее безопасность для персонала. Еще 5–10 лет назад немногие из наших клиентов задумывались о том, как отмывочная жидкость может влиять на здоровье сотрудников. Сегодня охране труда и производственной безопасности на предприятиях уделяется значительное внимание. Основным документом, который содержит данные об опасности продукции и ее влиянии на человеческий организм, является паспорт безопасности. В нем обязательно должна быть указана информация о возможных видах опасности, об обращении с продукцией, мерах по обеспечению безопасности персонала и рекомендуемых или необходимых средствах индивидуальной защиты. Паспорт безопасности должен быть предоставлен поставщиком по первому требованию заказчика. Все отмывочные жидкости Гидронол имеют такой паспорт и не содержат никаких существенных объемов веществ с предельными значениями, которые необходимо отслеживать на рабочих местах. При соблюдении на производстве простых мер предосторожности жидкости Гидронол безопасны для персонала.

Надежный, контролируемый и повторяемый процесс отмычки невозможен без контроля параметров отмывочной жидкости. Одни из ключевых параметров – это концентрация и уровень щелочности растворов отмывочных жидкостей. Для достоверного измерения и оценки концентрации и состояния рабочего раствора специалистами нашей компании был разработан тестовый набор Гидронол К14. Принцип метода основан на химической реакции реактива и раствора отмывочной жидкости. Во время разработки и тестирования Гидронол К14 результаты, полученные с использованием этого метода, сравнивались непосредственно с результатами, полученными методом газовой хроматографии. Сравнение проходили как свежеприготовленный раствор отмывочной жидкости, так и загрязненный остатками флюса. Концентрация, измеряемая тестовым набором Гидронол К14, почти полностью совпала с результатами анализа методом газовой хроматографии с максимальной разницей в 3 %.

Резюмируя, еще раз подчеркнем наше отношение к ответственности за поставляемую нами продукцию. Наша цель – чтобы жидкости и решения Гидронол работали надежно, стабильно и эффективно, уверенно решая производственные задачи наших клиентов. При этом, конечно, не всегда и не все идет гладко в процессе отмычки. Так как отмычка является одним из завершающих процессов сборки печатного узла, то и проявиться в нем могут результаты предыдущих технологических операций: начиная от производства самой печатной платы и заканчивая режимом пайки. Если что-то идет не так – мы рядом. Служба технической поддержки готова пристально и внимательно проанализировать возникшие

проблемы, локализовать причины проявления дефектов и сделать все возможное для их устранения. Какие-то работы выполняем дистанционно, а в некоторых случаях выезжаем непосредственно на производство и вместе с клиентами решаем задачу. Мы постоянно развиваем эту область для максимальной пользы отечественных производителей РЭА.

Требования к организации производства и качеству продукции

Опыт нашей многолетней работы с технологическими материалами и результаты многочисленных опросов говорят о том, что для потребителей крайне важной является стабильность свойств и характеристик материалов от партии к партии. И это понятно. Плохой материал отсекается при первичных испытаниях и вреда производству не приносит. А вот материал, хорошо показавший себя при испытаниях и внедренный на производстве, может добавить проблем в случае нестабильности свойств разных партий и ухода ключевых параметров. Мы это отлично понимаем и уделяем пристальное внимание повторяемости свойств и характеристик продукции в каждой партии.

Для этого мы внедрили 100 % входной контроль сырья и 100 % выходной контроль готовой продукции. Как сырье не попадает на производственный участок без проверки качества, так и готовая продукция не попадает на склад в зону отгрузки без выходного контроля по ключевым параметрам. Все результаты входного и выходного контроля фиксируются в соответствующих актах и журналах, которые хранятся в течение длительного периода в службе ОТК.

Многолетняя глубокая экспертиза в области отмычки при производстве электроники

100 % выходной контроль продукции и стабильность качества от партии к партии

Высококвалифицированная техническая поддержка



Максимальная безопасность для персонала и окружающей среды

Современные эффективные жидкости для любых задач и процессов производства РЭА

Решения для контроля и поддержания стабильности процессов отмычки

Решения для контроля качества отмычки

Для каждой произведенной партии мы сохраняем арбитражные пробы. В случае вопросов от клиентов о качестве продукции и подозрении об отклонении свойств/характеристик от заявленных – арбитражная проба всегда доступна. Если отклонения действительно выявлены, мы обязательно решим возникшую проблему у клиента и зафиксируем в части действующих у нас процессов и регламентов. При помощи арбитражных проб, внутренних записей и журналов об использованных партиях сырья и их происхождении обеспечивается прослеживаемость истории производства, а также возможность контроля и подтверждения качества произведенной продукции в течение года с момента производства

Экономико-коммерческая плоскость

При выборе отмывочных жидкостей, равно как и других технологических материалов, значительное внимание уделяется стоимости. Иногда вопрос цены может стоять на первом месте, затмевая другие важные факторы, о которых мы говорили в этой статье. Как ни странно, в случае с отмывочными жидкостями дешевый продукт может обходиться дорого и наоборот, потому что цена не равна стоимости применения. Как мы уже не раз писали в статьях и говорили на наших семинарах, не так важна цена за 1 литр жидкости, как то, насколько сильно влияет процесс отмывки на себестоимость изделия. Мы стремимся к минимизации именно этого фактора. Эффективность отмывочной жидкости и влияние на стоимость процесса отмывки определяют ключевыми характеристиками, среди которых:

- Способность жидкости в течение длительного времени качественно удалять загрязнения или срок жизни отмывочной жидкости без замены.
- Рабочая концентрация раствора (для жидкостей на водной основе).
- Наличие инструментов достоверного определения и контроля состояния раствора (концентрация – для жидкостей на водной основе; pH).

- Качество процесса отмывки и стабильность процесса, исключение брака, исключение необходимости в ремонте и доработке.
- Исключение или минимизация рисков повреждения оборудования или элементов и компонентов печатного узла.

Мы стараемся обеспечить минимальную стоимость применения и при общении с клиентами приводим конкретные расчеты. Конечно, чаще всего для уверенности в экономическом эффекте теоретических расчетов недостаточно, но мы готовы проводить длительные сравнительные испытания, которые помогут убедиться в преимуществах жидкостей и продукции Гидронол.

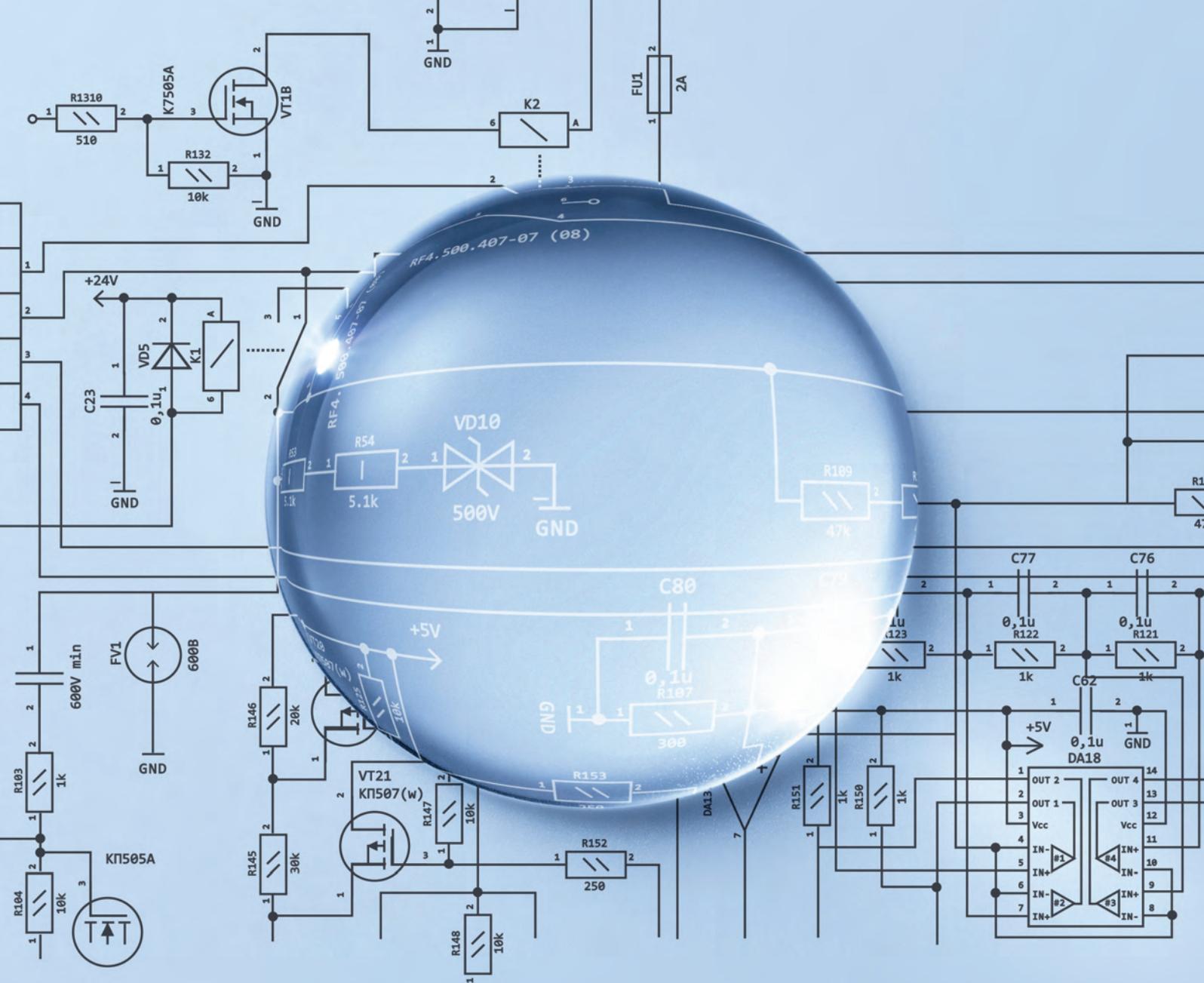
Помимо стоимости важными аспектами являются надежность и скорость поставок, наличие стабильного складского запаса продукции. Мы выделяем существенное финансирование на формирование складского запаса продукции и запасов сырья. Нашим нормативом сейчас является стабильный складской запас на 6 месяцев вперед (имеются ввиду запасы сырья и готовой продукция на наших складах в России).

Отгрузка возможна в течение одного дня и в основном зависит от условий нашего сотрудничества, наличия соответствующих вариантов в договорах. Мы организовали наши процессы таким образом, что клиенты могут получить продукцию Гидронол с нашего склада в день заказа. Срок доставки до дверей производства уже зависит от удаленности и способов доставки.

Сегодня Гидронол – это не просто набор жидкостей, а современное комплексное решение для очистки трафаретов, отмывки печатных узлов после пайки, удаления ошибочно нанесенной паяльной пасты, очистки сборочного-монтажного оборудования. Это полноценная замена жидкостей Zestron, Vigon и других мировых брендов, не уступающая им по своим техническим и эксплуатационным характеристикам. 

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ОТМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

- Убедитесь в эффективности и качестве отмывки
- Убедитесь в совместимости с материалами оборудования и компонентов
- Убедитесь в безопасности для персонала
- Убедитесь в наличии полного комплекта документов на жидкость
- Получите отчеты об успешных испытаниях на производствах
- Убедитесь в наличии инструментов достоверного контроля состояния раствора
- Получите от поставщика рекомендации по параметрам технологического процесса отмывки
- Проведите собственные испытания и примите решение



ЧИСТАЯ РАБОТА В НОВЫХ УСЛОВИЯХ

Полный спектр эффективных жидкостей
для отмычки печатных узлов,
очистки трафаретов и оборудования

С гордостью представляем собственную линейку современных жидкостей и сопутствующих решений для отмычки при производстве изделий радиоэлектронной аппаратуры. Практичные в использовании, со стабильными характеристиками, эффективные и разработанные с учетом специфики российского производства – теперь новые высококачественные материалы всегда в наличии независимо от условий и обстоятельств. Как и наша экспертная поддержка, которую мы оперативно оказываем по любым вопросам. Держите все под контролем с решениями Гидронол и продолжайте делать свое дело, ни о чем не беспокоясь.

ОСТЕК-ИНТЕГРА
Технологические материалы для электронной промышленности
+7 495 788-44-44 | ostec-materials.ru

ГИДРОНОЛ



Разработано
и произведено
в России

Тенденции корпусирования и сборки дискретных силовых элементов на базе полевых МОП-транзисторов

Текст: Владимир Иванов

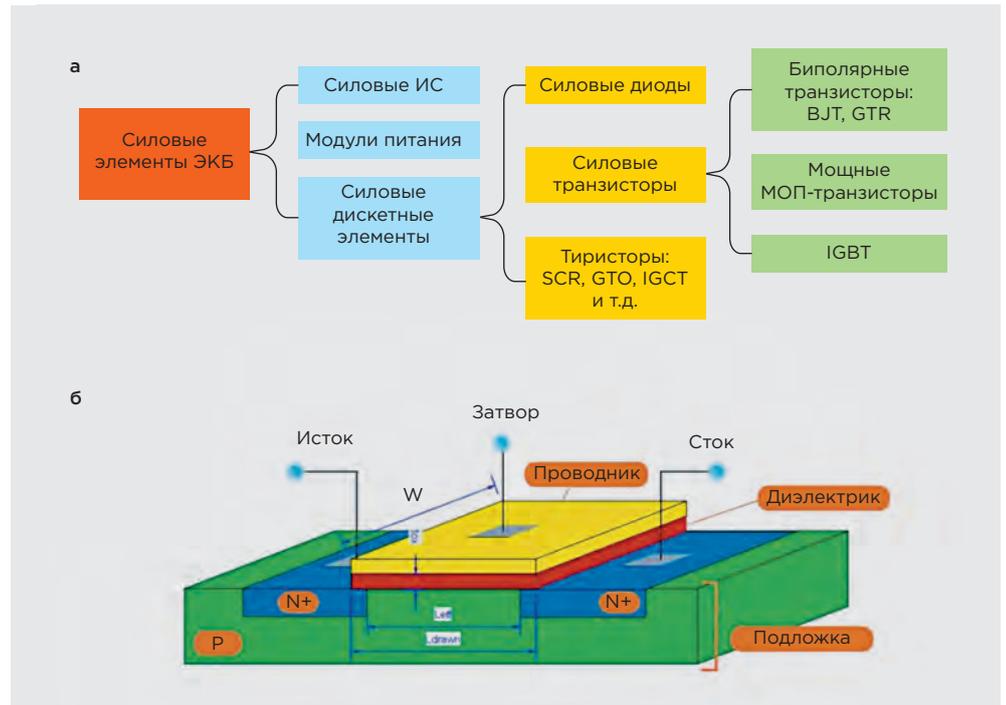


Силовые полупроводниковые устройства широко применяются в промышленности, энергетике, машиностроении, медицине и других отраслях. В статье мы рассмотрим варианты исполнения силовых элементов в зависимости от их применения.

Введение

Для наглядности представим силовые элементы в виде схемы (рис 1а) и покажем структуру полевого МОП-транзистора (MOSFET) (рис 1б).

Также все силовые элементы можно разделить на типы и категории в зависимости от схемы управления (Т1). При этом они различаются по своим рабочим параметрам, таким как: рабочее и выдерживаемое напряжение, рабочий и допустимый ток, импеданс и пропускная способность. Поэтому выбор подходящего элемента и его исполнения будет напрямую зависеть от области применения и предъявляемых требований. Основные преимущества и недостатки силовых элементов приведены в Т2.



1 Деление силовых элементов (а) и структура MOSFET (б)

Т1

Классификация силовых элементов

ХАРАКТЕРИСТИКА	ТИП	СХЕМА
Степень контроля по сигналу	Полууправляемый	Тринистор (SCR)
	Управляемый	Запираемый тиристор (GTO), большой транзистор (GTR), MOSFET, IGBT
	Неуправляемый	Силовой диод
Управляющий сигнал	По напряжению	IGBT, MOSFET, тиристор статической индукции (SITH)
	По току	SCR, GTO, GTR
Форма управляющего сигнала	Импульсный	SCR, GTO
	С электронным управлением	GTR, MOSFET, IGBT
Полярность	Биполярный	Силовой диод, SCR, GTO, GTR, биполярный транзистор со статической индукцией (BSIT), биполярный плоскостной транзистор (BJT)
	Униполярный	MOSFET, тиристор статической индукции (SIT)
	Составной	МОП-управляемый тиристор (MCT), SITH и биполярный транзистор с коммутируемым затвором (IGCT)

Т 2

Преимущества и недостатки силовых элементов

ГРУППА	КАТЕГОРИЯ	ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	
Силовые дискретные элементы	Силовой диод	<ul style="list-style-type: none"> - Простая схема - Простой принцип работы - Высокая надежность 	<ul style="list-style-type: none"> - Способ коммутации задается об-щей схемой конечного устройства, что усложняет и может увеличить ее стоимость - Ограничение по высоким частотам из-за низкой скорости переключения 	Промыш-ленность и энергетика	
	SCR	<ul style="list-style-type: none"> - Высокое выдерживаемое на-пряжение - Высокий допустимый ток 	<ul style="list-style-type: none"> - Скорость переключения ниже чем у MOSFET - Рабочие напряжение и ток ниже чем у GTO 		
	IGBT	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая скорость переключе-ния по напряжению с малыми потерями - Выдерживает воздействия им-пульсного тока 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая скорость переключения по току - Высокий входной импеданс - Сложная схема 		Серверы, телеком, потреби-тельские и автомобиль-ные схемы питания
	GTR	<ul style="list-style-type: none"> - Высокое выдерживаемое напря-жение и допустимый ток - Хорошие характеристики пере-ключения - Высокая пропускная способ-ность - Низкое напряжение насыщения 	<ul style="list-style-type: none"> - Очень маленький коэффициент уси-ления по току - Большой обратный импульсный ток затвора - Низкая частота переключения - Сложная схема 		
	GTO	<ul style="list-style-type: none"> - Высокие рабочие напряжение и ток - Высокая пропускная способ-ность при большом уровне мощ-ности за счет эффекта модуляции проводимости 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкое выдерживаемое напряжение - Низкий допустимый ток - Подходит для силовых устройств мощностью не более 10 кВт 		
	MOSFET	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая скорость переключе-ния - Хорошая термостойкость - Малая требуемая управляющая мощность - Высокие рабочие частоты - Простая схема 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкое выдерживаемое напряжение - Низкий допустимый ток - Высокий входной импеданс - Подходит для силовых устройств мощностью не более 10 кВт 		
Силовые ИС	<ul style="list-style-type: none"> - Небольшие размеры - Малый вес - Небольшое количество выводов - Долгий срок службы - Высокая надежность - Оптимальные эксплуатацион-ные характеристики - Низкая стоимость - Простота массового производ-ства 		Различные электрон-ные прибо-ры		
Модули питания	<ul style="list-style-type: none"> - Могут состоять из нескольких компонентов и выполнять раз-личные функции 				

Т 3

Три поколения полупроводниковых материалов

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ		$E_g, \text{ЭВ}$	$T_{\text{плав}}, \text{°C}$	ОСНОВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
I поколение	Ge	1,1	938,2	Низковольтные, низкочастотные транзисторы и фотодетекторы средней мощности
	Si	0,7	1410	
II поколение	GaAs	1,4	1238	Микроволновое устройства мм-диапазона и светоизлучающие устройства
III поколение	SiC	3,05	2730	Устройства высокой мощности Синие, зеленые и УФ-светодиоды, полупроводниковые лазеры
	GaN	3,4	2500	
	AlN	6,2	2200	
	C	5,5	4000	
	ZnO	3,37	1975	

Т 4

Сравнение силовых элементов

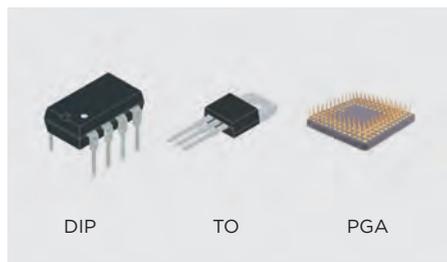
КАТЕГОРИЯ	ТИРИСТОРЫ	ТРАНЗИСТОРЫ	MOSFET	IGBT
Тип управления	Импульсное	По току	По напряжению	По напряжению
Самовыключение	Коммутация выкл.	Самовыключение	Самовыключение	Самовыключение
Рабочая частота	<1 кГц	<30 кГц	20 кГц – 1 МГц	<40 кГц
Управляющая мощность	Малая	Большая	Малая	Малая
Потери при переключении	Большие	Большие	Маленькие	Большие
Потери на электропроводность	Маленькие	Маленькие	Большие	Маленькие
Уровень по напряжению и току	Максимальный	Большой	Минимальный	Средний
Типовое применение	Индукционный нагрев	Инвертор ИБП	Импульсные источники питания	Инвертор ИБП
Стоимость	Минимальная	Низкая	Средняя	Высокая
Эффект модуляции проводимости	Есть	Есть	Нет	Есть

В полупроводниковой промышленности постоянно происходят изменения за счет внедрения и развития новых материалов (Т 3). Но все равно самым распространенным остается кремний (Si), он по-прежнему широко используется и в производстве силовых полупроводниковых устройств.

Для удобства обобщим в Т 4 основные различия между силовыми элементами.

Почему MOSFET?

Процесс производства МОП-транзисторов прост. Они имеют высокое входное сопротивление, низкий уровень шума, хорошую термостойкость и высокий коэффициент усиления, поэтому обычно используются в схемах усилителей или переключателей. Их основные параметры: напряжение сток-исток V_{DS} (выдерживаемое напряжение), ток стока I_D , сопротивление $R_{DS}(R_{ON})$ в открытом состо-



2

Вставные корпуса



3

Корпуса под поверхностный монтаж

нии, емкость перехода C_j , добротность (показатель качества) $FOM = R_{ON} * Qg$ (Qg – полный заряд затвора).

В зависимости от производственного процесса силовые MOSFET бывают:

- траншейного типа, работающие в области низких напряжений до 100 В;
- с разделенным затвором, работающие в области среднего и низкого напряжений до 200 В;
- с суперпереходом, работающие в высоковольтной области 600–800 В.

Большую половину доли рынка MOSFET наполняют крупные международные конгломераты: Infineon, выкупившие IR (International Rectifier Corporation) в 2015 году, чтобы стать лидером отрасли, и Onsemi, купившие Fairchild Semiconductor в сентябре 2016 года. Оставшуюся часть рынка занимают Renesas, Toshiba, IWC, ST, Vishay, Anexperia, Magna и др.

Для замены импортных силовых элементов на собственные в Китае есть локальные производители – Silan, China Resources Micro (Aviation), Jilin Huawei – китайские компании уверенно выходят на международный рынок. У отечественных предприятий есть потенциал и преимущества – да, это не очевидно, но не означает, что нет возможности увеличить производственные мощности под потребности внутреннего рынка.

Классификация корпусов

Глобально все корпуса, не только для полевых МОП-транзисторов, делятся по методу монтажа на печатную плату (ПП). Существует два основных класса:

вставные и для поверхностного монтажа. У вставных корпусов контакты проходят через монтажные отверстия ПП и припаиваются к ней, данный класс делится на DIP, TO и PGA (рис 2).

Метод поверхностного монтажа заключается в том, что выводы и теплоотвод припаиваются к контактным площадкам на поверхности ПП. Типовыми корпусами для поверхностного монтажа являются D-PAK, SOT, SOP, QFP, PLCC и т.д. (рис 3).

С развитием технологий сборок на ПП, особенно это коснулось материнских плат и графических видеокарт, все меньше применяют корпуса вставного класса, используя корпуса для поверхностного монтажа. Рассмотрим каждый тип корпуса.

Корпуса DIP

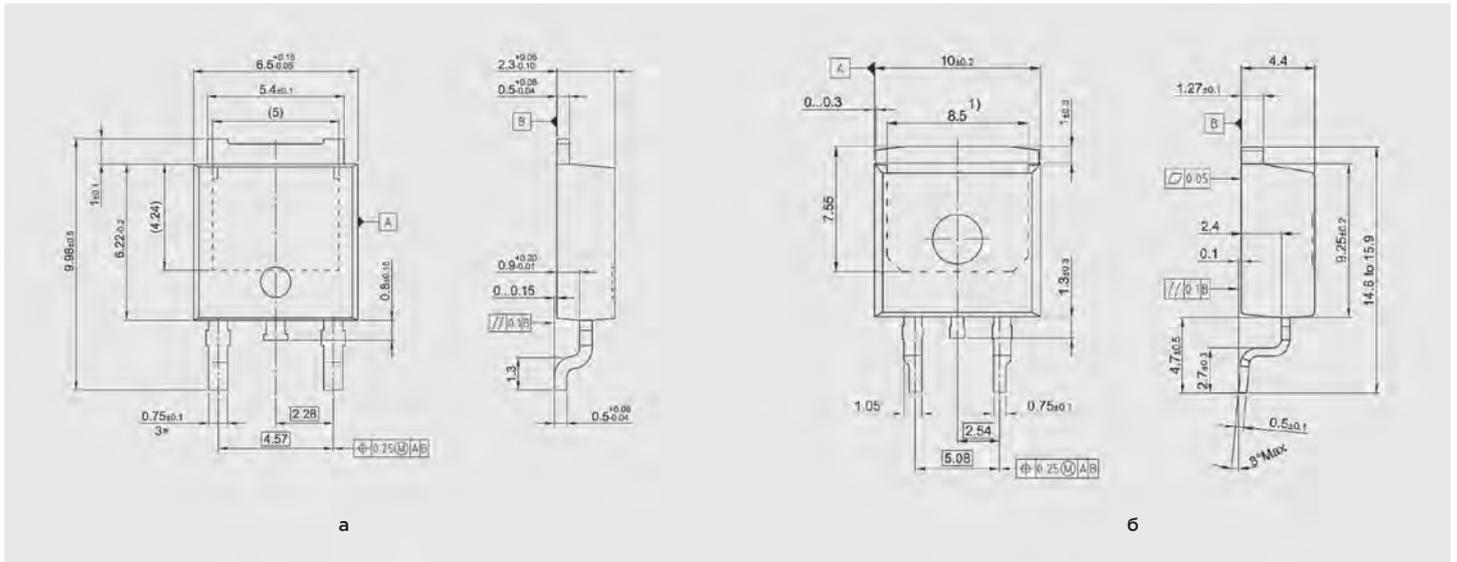
Есть несколько вариантов DIP: керамический CDIP, пластиковый PDIP, малогабаритный пластиковый SPDIP. Особенность данного типа заключается в том, что за счет длины выводных штифтов он может монтироваться сначала на вспомогательную печатную плату (sub board), а затем на основную плату (main board), за исключением SDIP, который имеет плотность контактов в 6 раз выше, чем у DIP.

Однако из-за габаритов и толщины, а также из-за того, что штифты легко повреждаются в процессе монтажа, надежность DIP считается низкой. В то же время количество контактов данного корпуса может достигать 100, поэтому он высоко ценился в электронной промышленности, но из-за интеграции технологических процессов применение DIP корпусов постепенно снижается.



4

Внешний вид корпусов TO



5 Размеры корпуса TO-252/D-PAK (а), размеры корпуса TO-263/D2PAK (б)

Корпуса TO

Следующий тип вставного корпуса – это TO, который имеет целый ряд модификаций: TO-3P, TO-247, TO-92, TO-92L, TO-220, TO-220F, TO-251 и т.д. (рис 4).

TO-3P/247: широко используемый форм-фактор для силовых MOSFET среднего и высокого напряжения при больших токах, имеющих хорошие эксплуатационные характеристики – высокие выдерживаемое напряжение и сопротивление электрическому пробое.

TO-220/220F: TO-220F представляет собой полностью пластиковый корпус и при его установке на радиатор не требуется изоляционная прокладка; TO-220 имеет металлическое основание, соединенное со средним выводным штырем, и при установке радиатора требуется изолирующая прокладка. МОП-транзисторы в этих корпусах очень похожи и могут быть взаимозаменяемыми.

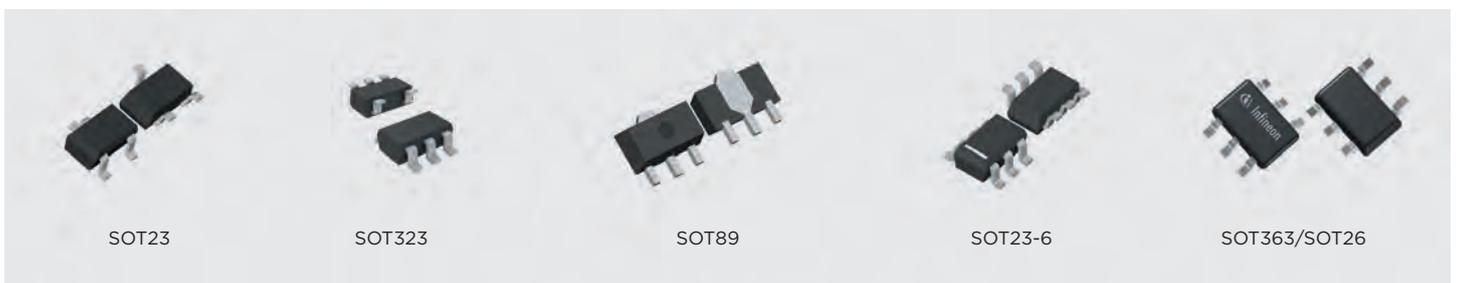
TO-251: в основном используется для уменьшения массогабаритных показателей при работе в высоковольтной области до 700 В с высоким током до 60 А.

TO-92: в этом корпусе для снижения себестоимости используются только низковольтные MOSFET (ток до 10 А, выдерживаемое напряжение до 60 В).

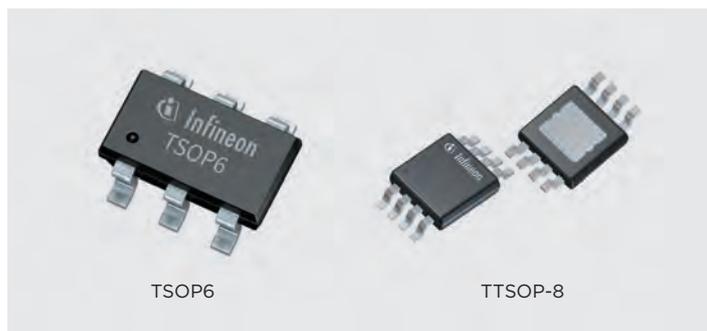
В последние годы из-за плохого рассеивания тепла и высокой стоимости пайки вставных корпусов спрос на транзисторы для поверхностного монтажа вырос, что привело к развитию технологии TO, и появились корпуса TO-252 (также известные как D-PAK) и TO-263 (D2PAK).

TO252/D-PAK представляет собой пластиковый корпус для поверхностного монтажа, который обычно используется для силовых транзисторов и микросхем стабилизаторов напряжения. В настоящее время он является одним из самых ходовых (рис 5а). MOSFET в этом корпусе имеет три электрода: затвор (G), сток (D) и исток (S). Вывод стока (D) обрубается и не используется, а радиатор на задней панели используется как сток (D), который паяется непосредственно к ПП, и как выводит большой ток, так и рассеивает тепло.

TO-263/D2PAK – вариант исполнения TO-220. В основном предназначен для повышения производительности и рассеивания тепла, чаще всего встречается как MOSFET среднего напряжения от 30 В под большие токи до 150 А (рис 5б). Также есть TO263-2, TO263-3, TO263-5, TO263-7, отличающиеся количеством выводов и расстоянием между ними.



6 Типы корпусов SOT



7

SOP для MOSFET

Корпуса PGA

Последним из вставных корпусов является PGA, который имеет внутренний массив штыревых контактов на обратной стороне в виде рядов, каждый из которых расположен на определенном расстоянии по периферии. В зависимости от количества контактов может быть от 2 до 5 рядов. При монтаже микросхема вставляется в специальное гнездо PGA, которое отличается простотой подключения и отключения, высокой надежностью и может адаптироваться под высокие частоты. Большая часть подложек для PGA изготавливается из керамического материала, шаг между контактами обычно составляет 2,54 мм, а их количество варьируется от 64 до 447.

Чем меньше площадь корпуса PGA, тем меньше энергопотребление и производительность, и наоборот. Этот тип был более востребован для изделий с высоким энергопотреблением, таких как процессоры Intel 80486 и Pentium, но не был распространен среди производителей полевых МОП-транзисторов.

Корпуса SOT

Корпуса SOT разработаны под маломощные транзисторы и имеют более компактное исполнение в сравнении с TO (рис 6), к данному типу относятся: SOT 23, SOT 89, SOT 143, SOT 25 (SOT 23-5), SOT 323, SOT 363/SOT 26(SOT 23-6) и т. д.

SOT 23 – это широко используемая форма корпуса для триодов. Он имеет три вывода в форме крыла чайки: коллектор, эмиттер и база. Силовые транзисторы, полевые транзисторы и составные транзисторы с резисторными цепями в этом форм-факторе имеют хорошую прочность, но плохую паяемость.

SOT 89 имеет три коротких вывода, которые распределены по одной стороне транзистора, а другая сторона представляет собой металлический радиатор, соединенный с основанием для увеличения отвода тепла. Он применяется для силовых кремниевых транзисторов под поверхностный монтаж и подходит для работы с более высокой мощностью, например, полевые МОП-транзисторы SOT-89 с четырьмя выводами являются неотъемлемой частью материнских плат.

SOT 143 имеет четыре коротких вывода в форме крыла чайки, которые расположены с обеих сторон, широкий конец вывода является коллектором. Этот тип корпуса обычно используется под высокочастотные транзисторы.

SOT 252 – мощный транзистор с тремя выводами по одной стороне. Средний из них короче других и является коллектором. Он подключен к большему контакту на другом конце, который представляет собой медный лист для отвода тепла. Форм-фактор SOT 252 очень похож на D-PAK.

Корпуса SOP

SOP – это один из корпусов для поверхностного монтажа, у которого контакты в форме крыла чайки выведены с обеих сторон. Имеет исполнение в пластике и керамике. Семейство SOP включает: SOP-8, SOP-16, SOP-20, SOP-28 и т. д., число указывает на количество контактов. Под MOSFET самым распространенным является SOP-8, и в отрасли иногда опускают букву «P», сокращая до SO.

SO-8 был впервые разработан компанией PHILIPS (Нидерланды). В пластике конструкция корпуса не имеет нижней металлической пластины для рассеивания тепла, поэтому обычно он используется для маломощных MOSFET. Постепенно были разработаны более компактные и тонкие форм-факторы TSOP, VSOP, SSOP и TSSOP. TSOP и TSSOP, которые часто используются под MOSFET (рис 7).

Корпуса QFP

QFP является усовершенствованным PGA для одной большой интегральной микросхемы (БИС). Расстояние между выводами маленькое, они очень тонкие, а их количество превышает 100. Четыре базовых особенности кристалла:

- должен выдерживать режимы поверхностного монтажа;
- подходит для работы в ВЧ-диапазоне;
- обладает высокой надежностью и прост в эксплуатации;
- близкое соотношение габаритов кристалла и корпуса.

Унаследованный от PGA недостаток – плохой отвод тепла. В QFP-корпуса монтируют микропроцессоры/логические матрицы, а также аналоговые БИС для обработки видео- и аудиосигналов.

Корпуса QFN

У QFN контакты расположены на обратной стороне и, поскольку нет выводов, их площадь и высота монтажа меньше, чем у QFP. На сегодняшний день это самый востребованный пластиковый корпус под поверхностный монтаж с высокой плотностью контактов и малыми массогабаритными параметрами. Корпус QFN имеет схожую с TSSOP конструкцию, но его габариты

на 62 % меньше, тепловые характеристики на 55 % выше, а индуктивность и емкость выше на 60 и 30 % соответственно. Применение QFN под сборку полевых МОП-транзисторов мы рассмотрим позже.

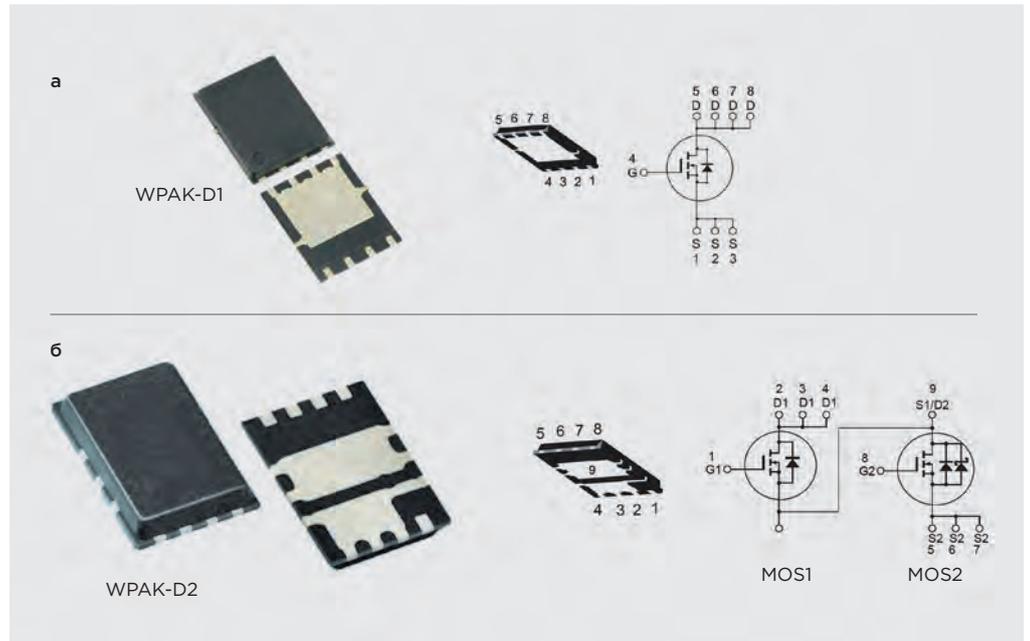
Корпуса PLCC

PLCC – это последнее из стандартных решений корпусирования. Имеет квадратную форму и по габаритам меньше, чем DIP-корпус. Расстояние между центрами контактов составляет порядка 1,27 мм, а количество контактов может быть от 18 до 84. J-образные контакты не так легко деформируются, и с ними проще работать в сравнении с QFP, но визуальный контроль после пайки сложнее. Корпуса PLCC подходят для SMT-монтажа, имеют малые размеры и высокую надежность.

PLCC – распространенный форм-фактор для БИС или программируемых логических устройств. PLCC также часто встречаются в BIOS материнских плат, но в настоящее время редко используются для силовых МОП-транзисторов.

Нестандартные решения по корпусированию

Из-за востребованности ЦП с низким напряжением и высоким током MOSFET должен обладать следующими параметрами: большой выходной ток, низкое сопротивление во включенном состоянии, быстрое рассеивание тепла и небольшой размер. Помимо развития технологии и процессов производства кристаллов силовых микросхем, производители полевых

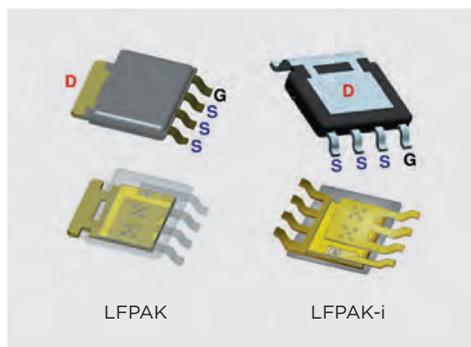


8 Первый вариант исполнения корпуса WPAK-D1 (а) и второй WPAK-D2 с уменьшенной индуктивностью (б)

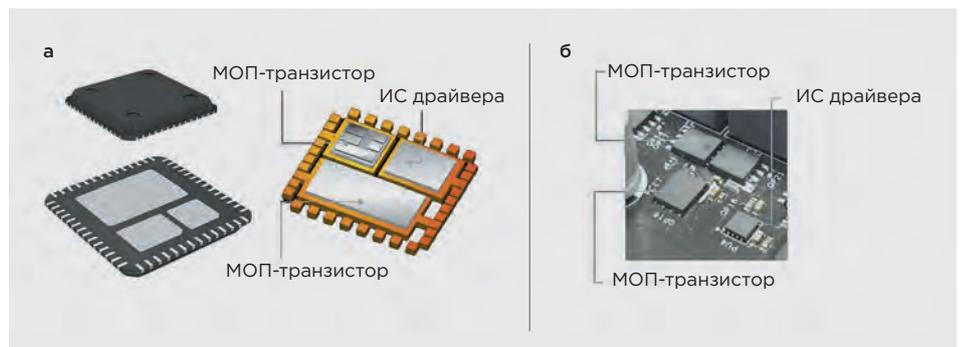
МОП-транзисторов также инвестируют в технологию корпусирования. Исходя из спецификации схем, лидеры рынка разрабатывают и патентуют новые форм-факторы корпусов и регистрируют под них товарные знаки. Наиболее интересные из них рассмотрим далее.

Корпуса WPAK и LFPAK от Renesas

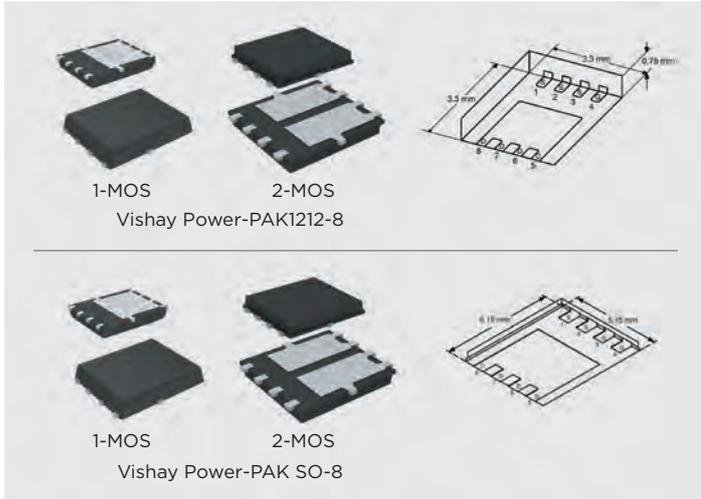
На рис 8а представлен WPAK-корпус, разработанный Renesas (Япония), с высоким рассеиванием тепла. Это достигается путем припайки металлической пластины на обратной стороне микросхемы к материнской плате, также как и у корпусов D-PAK, и рассеивания тепла через материнскую плату. При этом WPAK компактнее, но может достигать выходного тока как у D-PAK. Впоследствии был разработан WPAK-D2 (рис 8б) с двумя МОП-транзисторами для уменьшения индуктивности.



9 Корпуса LFPAK и LFPAK-i от Renesas второй WPAK-D2 с уменьшенной индуктивностью (б)

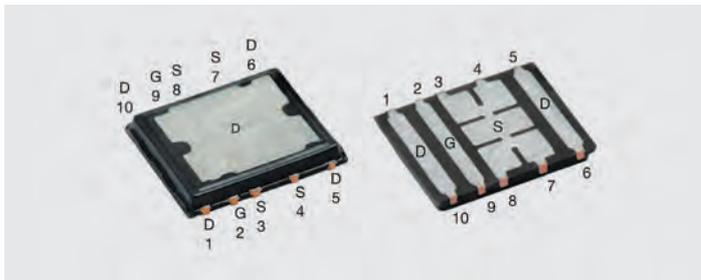


10 DrMOS от Intel (а) в сравнении со стандартным вариантом сборки (б)



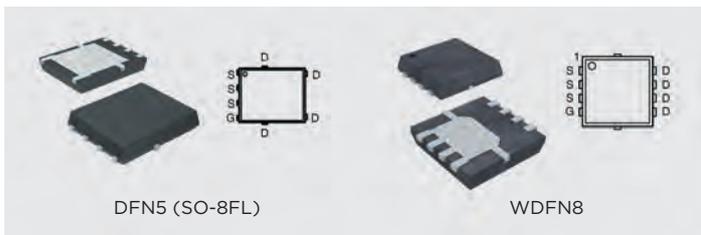
1 1

Power-PAK1212-8 и Power-PAK SO-8 от Vishay



1 2

Polar PAK от Vishay



1 3

DFN5 и WDFN8 от Onsemi



1 4

LFPAK и QLPAK от NXP

Также в Renesas были разработаны еще два корпуса LFPAK и LFPAK-i (рис 9) под замену/совместимость с SO-8, у LFPAK-i радиатор расположен сверху.

DrMOS от Intel

QFN-корпуса предназначались только для интегральных схем (ИС) и их применение под полевые МОП-транзисторы не рассматривалось, пока компанией Intel (США) не была выпущена DrMOS – гибридная сборка ИС-драйвера и полевых МОП-транзисторов в едином корпусе QFN56 (рис 10).

Обычные DC/DC, понижающие импульсные источники питания, плохо работают при высокой плотности потребляемой мощности, а также не могут решить проблему влияния шумов при высоких частотах коммутации. Разработанный DrMOS позволил улучшить массогабаритные характеристики и увеличить плотность энергопотребления.

Power-PAK и Polar-PAK от Vishay

Power-PAK – это название корпуса MOSFET, зарегистрированное корпорацией Vishay. Включает два варианта по спецификации: Power-PAK1212-8 и Power-PAK SO-8 (рис 11).

Корпус Polar PAK является одним из основных у Vishay (рис 12), он имеет уникальную конструкцию и отводит тепло по обеим сторонам, что позволяет увеличить плотность рабочего тока вдвое по сравнению с SO-8. В настоящее время Vishay предоставила STMicroelectronics разрешение на использование технологии Polar PAK.

DFN5 (SO-8FL) и WDFN8 от Onsemi

Недавно компания Onsemi разработала два МОП-транзистора с плоскими выводами под поверхностный монтаж на замену SO-8. DFN5 (SO-8FL) и WDFN8 (рис 13) при низкой добротности и емкости позволяют минимизировать потери на проводимость.

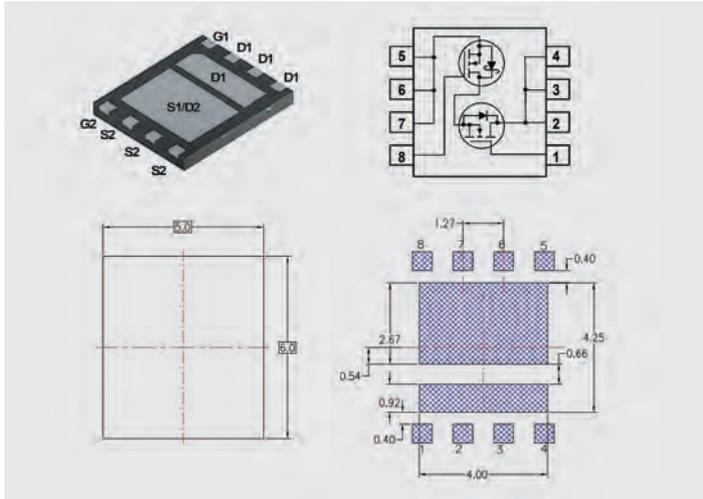
LFPAK и QLPAK от NXP

NXP (основанная Philips) технически усовершенствовала LFPAK и QLPAK. LFPAK считается самым надежным из SO-8 корпусов в мире. Верхний вывод монтируется непосредственно к кристаллу схемы и обеспечивает снижение электрического сопротивления и индуктивности стока, а нижний – это сток, обеспечивающий теплоотвод (рис 14а).

QLPAK имеет малые габариты с высокой эффективностью охлаждения, стандартный SO-8 по сравнению с QLPAK занимает на ПП площадь $6,15 \times 5,15$ мм (рис 14б), а тепловое сопротивление составляет 1,5 К/Вт.

Power 56 от Fairchild Semiconductor

Разработанный Fairchild корпус Power 56 (рис 15) – это улучшенный DFN 5×6 мм. Занимаемая корпусом



1 5
Power 56 от Fairchild

площадь сравнима с обычно используемым TSOP-8, но при этом толщина меньше и обеспечивает уменьшение высоты сборки. Конструкция нижнего вывода позволяет снизить тепловое сопротивление, поэтому многие производители силовых устройств используют DFN 5 × 6 мм.

Direct FET от International Rectifier (IR)

Корпус DirectFET обеспечивает эффективное рассеивание тепла и имеет схожие или меньшие размеры по сравнению с SO-8. Он широко применяется в производстве AC-DC- и DC-DC-преобразователей для компьютеров, ноутбуков, смартфонов и бытовой электроники. Конструкция DirectFET (рис 1 6) позволяет отводить тепло с двух сторон и эффективно использоваться как высокочастотный DC-DC-преобразователь постоянного тока, при этом допустимую нагрузку по току можно увеличить вдвое.

За счет того, что стоком (D) и верхним теплоотводом является медная крышка, корпус DirectFET можно сделать малогабаритным.



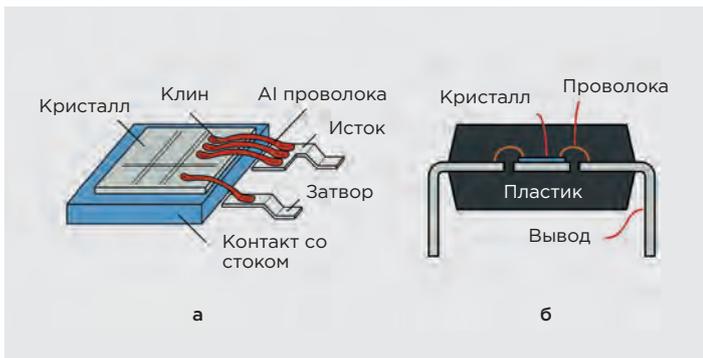
1 6
Конструкция DirectFET от IR

Тенденции сборки

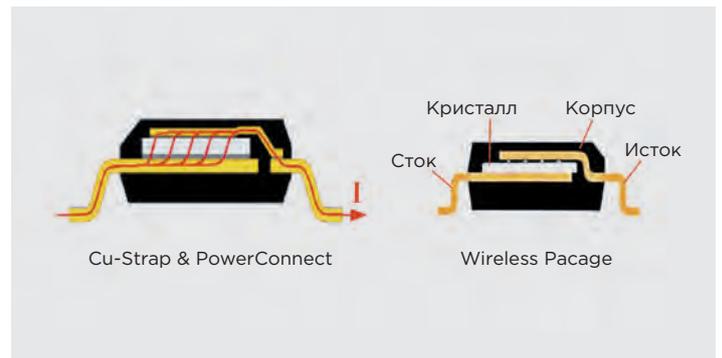
Помимо корпусирования совершенствуются и технологии сборки МОП-транзисторов. Это связано с тремя аспектами: улучшением качества межсоединений, теплопередачей и увеличением отвода тепла.

В стандартных сборках TO, D-PAK, SOT, SOP и т.д. (рис 1 7) межсоединения делают проволочными. Когда питание центрального или графического процессора переходит в режим низкого напряжения и высокого тока, проволочные межсоединения в корпусе начинают играть роль герметизированных резисторов. Это вызывает самоиндукцию и образует PN-переход между платой и радиатором, что влечет за собой и другие ограничения.

По мере увеличения плотности тока производители МОП-транзисторов совершенствовали и технологии для межсоединений, чтобы снизить сопротивление и индуктивность и улучшить термостабильность. Усовершенствованная компанией IR технология называется Cu-Strap, у Vishay – PowerConnect, у Fairchild – Wireless Package (рис 1 8). Новые технологии с использованием медной ленты,



1 7
Проволочная сварка межсоединений в корпусах типа TO, D-PAK, SOT (а) и SOP (б)



1 8
Схемы сборки по технологиям IR, Vishay и Fairchild

заменяющей проволоку, позволили снизить термическое сопротивление на 10–20 %, а электрическое сопротивление соединения от контактов кристалла к корпусу/выводам – на 61 %.

Микросхемы в стандартных пластиковых корпусах для отвода тепла имеют выводы с низким тепловым сопротивлением (сам по себе пластик плохой теплопроводник). Одним из ключевых аспектов усовершенствований технологии стало обеспечение отвода тепла, решаемое конструкционными особенностями, позволяющими увеличить площадь его рассеивания.

Выводы

Электронная промышленность продолжает развиваться в направлении уменьшения массогабаритных параметров микросхем. Поэтому конструкция сборок силовых МОП-транзисторов для низковольтных и сильноточных устройств также меняется, чтобы соответствовать требованиям рынка. Для конечного потребителя при выборе МОП-транзистора помимо различных электротехнических параметров важными являются требования к монтажу. Фактический выбор, как правило, осуществляется по принципу максимума в соответствии с реальными потребностями.

На сегодняшний день практически все электронные системы зависят от размера ПП или подложки и толщины сборки. Например, для модулей питания из-за ограничений по толщине обычно используются силовые элементы в корпусах DFN 5 × 6 или DFN 3 × 3. А некоторые источники питания переменного тока и вовсе имеют ультратонкий дизайн и жесткие ограничения по размерам. Когда для сборки не подходят силовые МОП-транзисторы в стандартных корпусах TO-220 или TO-247, это усложняет подбор элементов.

Фактически, спецификации на силовые МОП-транзисторы поступают к конструктору с подробной информацией, но не всегда понятно, как интерпретировать данные от производителей. В статье мы кратко изложили некоторые из ключевых показателей в виде таблиц. Одним из важных параметров силовых МОП-транзисторов является рабочая температура, поэтому необходимо учитывать условия тестирования и качественные показатели в этих условиях.

Еще один значимый параметр – напряжение сток-исток V_{DS} (выдерживаемое напряжение). МОП-транзистор должен выдерживать гарантированное отсутствие повреждений при максимальном заявленном напряжении, но есть определенное условие, что это «абсолютное максимальное напряжение при 25 °С». Необходимо понимать, что между напряжением и температурой есть связь, и в спецификации должна быть таблица данных по «температурному коэффициенту V_{DS} ». Более того, максимальное V_{DS} – это напряжение постоянного тока плюс возможное в цепи при наличии любых скачков напряжения и

пульсаций. Но если напряжение превысит абсолютный максимальный предел, то устройство может перейти в лавинный режим, и в этом случае надежность МОП-транзистора не гарантирована.

При высоких температурах температурный коэффициент будет значительно изменять V_{DS} . Например, у некоторых МОП-транзисторов n-типа с уровнем напряжения 600 В температурный коэффициент положительный, и вблизи максимальной температуры перехода он сделает их похожими на МОП-транзисторы напряжением 650 В. Поэтому для большинства МОП-транзисторов, согласно правилам проектирования, требуется коэффициент снижения рабочих значений тока от 10 до 20 %.

Также важна роль напряжения затвор-источник V_{GS} . Это напряжение задается при максимальном сопротивлении R_{ON} в открытом состоянии, чтобы гарантировать включение МОП-транзистора по напряжению. Мы не можете использовать большее V_{GS} , чем нужно для достижения номинального значения R_{ON} . Например, для микроконтроллера 3,3 В МОП-транзистор полностью включается при $V_{GS} = 2,5$ В или ниже. Пиковое значение R_{ON} обычно указывается при 25 °С, при более высоких температурах оно возрастает на 30–150 %. Таким образом, R_{ON} МОП-транзисторов n- и p-типа является важным параметром.

В импульсных источниках питания полный заряд затвора Qg влияет на потери при переключении затвора и является значимым критерием для МОП-транзисторов n-типа. На потери при переключении влияют два фактора: во-первых, время преобразования энергии на включение и выключение МОП-транзистора; во-вторых, каждый процесс переключения требует энергии для зарядки емкости перехода C_j (затвор-исток).

Qg зависит от V_{GS} , но даже при низком V_{GS} можно уменьшить потери при переключении. Разработчики МОП-транзисторов часто используют для быстрой оценки качества такой параметр, как добротность: $FOM = R_{ON} * Qg$. Но нужно учитывать, что для точной оценки необходимо определить одинаковое V_{GS} для $R_{ON} * Qg$.

Исходя из различных условий тестирования, большинство МОП-транзисторов в спецификации имеют одно или несколько значений тока стока I_D . Нужно обращать внимание на эти значения – они могут соответствовать указанной температуре корпуса (например, $T_c = 25$ °С) или температуре окружающей среды (например, $T_A = 25$ °С).

Портативные носимые или небольшие устройства работают при температуре окружающей среды и их предельное $T_A = 70$ °С. Для теплоотвода, например, в планшетах или ноутбуках, может применяться принудительное воздушное охлаждение при $T_A = 25$ °С.

Рассеиваемая мощность зависит не только от температуры, но и от времени. Представьте себе устройство

при $T_A = 70\text{ }^\circ\text{C}$ с охлаждающей способностью в 4 Вт и непрерывной работе в течение 10 секунд. Составляющие этого периода времени коэффициенты будут меняться, и придется использовать таблицу данных о переходном тепловом сопротивлении через 10 секунд, 100 секунд или 10 минут. Как только корпус достигнет термического насыщения, охлаждающая способность может упасть до 2 и более раз, то есть в лучшем случае с 4 до 2 Вт или около того. То же самое происходит и в случае с устройствами больших габаритов.

Закключение

Разработка МОП-транзистора состоит из шести шагов.

1. Выбор n- или p-типа

Чтобы разработать правильную конструкцию устройства, необходимо определить тип транзистора. Когда МОП-транзистор подключен к земле, а нагрузка подключена к сетевому напряжению, он представляет собой силовой переключатель нижнего плеча. И в данном случае используется n-тип, который должен отключать или включать напряжение устройства. Когда МОП-транзистор подключен к шине, а нагрузка к земле, то необходимо использовать силовой переключатель верхнего плеча, обычно в этой топологии используется p-тип, который не зависит от напряжения.

2. Определение номинального тока

Номинальный ток должен поддерживаться во всех случаях, чтобы выдерживать максимальный ток. Выбранный МОП-транзистор выдерживает номинальный ток, даже если система генерирует пиковый ток. Есть два варианта работы – непрерывный режим и импульсный с пиками. В режиме непрерывной проводимости МОП-транзистор находится в установившемся режиме работы, затем через него проходит непрерывный ток. Пики отражают наличие большого количества скачков напряжения (или пикового тока), протекающего через устройство. Как только устройство выходит на максимальный ток, то он и выбирается как номинальный.

3. Определение потребностей в теплоотводе

Нужно учитывать два разных случая – наихудший и реальный. Рекомендуется брать результаты расчета наихудшего случая, поскольку они обеспечивают больший запас прочности, гарантирующий, что схема не выйдет из строя.

4. Определение скорости переключения

На производительность влияет множество параметров. Но наиболее важными являются переключения затвор/сток и затвор/исток, а также емкость стока/источника, так как эти переключения происходят с потерями. Чем меньше скорость переключения полевого МОП-транзистора, тем ниже эффективность.

5. Подбор корпуса

Количество вариантов корпусов довольно большое, но следует учесть, что потребуются собственное производство или закупка либо металлокерамических корпусов, либо выводных рамок. Например, выводные рамки могут быть «открытыми» и их можно закупать или производить, не опасаясь ограничений, связанных с правообладанием. А могут быть «закрытыми», когда их невозможно закупить или произвести без нарушения прав разработчика.

6. Определение технологии сборки

Различные требования могут повлиять на подбор технологии сборки, начиная от качественных и массогабаритных показателей до материалов и отработки процессов. 

Компания ООО «Остек-ЭК» обладает опытом проработки и реализации проектов под МОП-структуры и по сборке элементов в корпусах. Обращайтесь к нашим специалистам по телефону: +7 (495) 877-44-70 или по e-mail: micro@ostec-group.ru.

Прецизионное утонение пластин

с использованием промежуточного носителя из стекла

Текст: Дмитрий Суханов



Утонение пластин – отраслевая тенденция, обусловленная функциональными требованиями или соображениями форм-фактора. Давайте разберемся в этой теме.

Для чего необходимо применять промежуточные носители и как выглядит идеальная пластина-носитель?

- Трехмерная стекловая память использует кремниевые пластины, которые утоняются до <50 мкм, чтобы обеспечить требуемые межсоединения через кремний (TSV – through silicon via).
- Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT – Insulated-gate bipolar transistor) используют в своей основе «очень тонкие» – утоненные пластины для реализации их структур в вертикальной плоскости.
- Компоненты для мобильных устройств перед корпусированием утоняются, чтобы они соответствовали ограничениям по высоте, налагаемым дизайном или эстетикой. Когда конечная толщина пластины превышает 200 мкм, обычно используются гибкие носители – пленки для процесса утонения обратной стороны. Утонение сверх этой толщины, то есть когда толщина нужна менее 200 мкм, требует использования более жесткой подложки, такой как несущая пластина (промежуточный носитель).

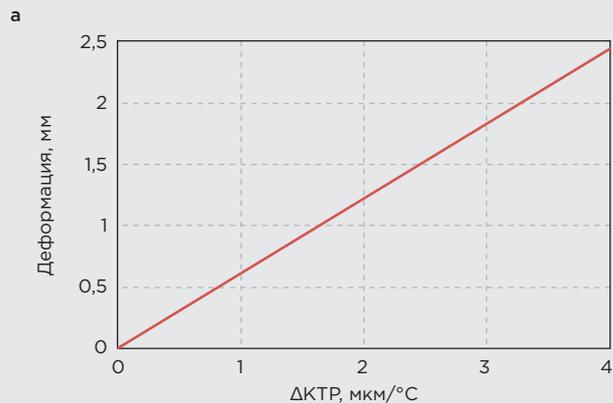
Утонение пластин часто сопровождается последующими технологическими операциями, которые проходят при повышенных температурах, такими как процессы сухого травления, осаждение металлов и диэлектриков. Различия в коэффициентах теплового расширения (КТР) носителя и пластины могут вызвать искажение формы – деформацию, приводящую к нежелательным последствиям, например, к ошибкам литографии или даже к поломке пластины.

Идеальная пластина-носитель для утонения рабочих пластин должна иметь КТР, соответствующий КТР пластины, подлежащей утонению. Помимо этого, есть еще целый ряд факторов, который можно использовать для минимизации искажения формы во время утонения и после данного процесса.

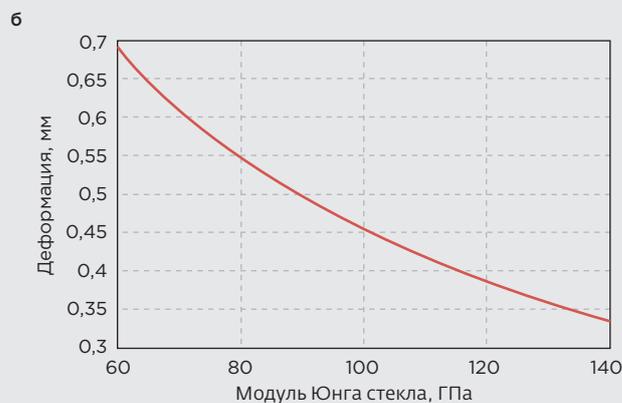
Почему стекло является идеальным материалом-носителем, и почему стеклянные пластины-носители идеально подходят для любого метода дебондинга.

Что влияет на деформацию пластин?

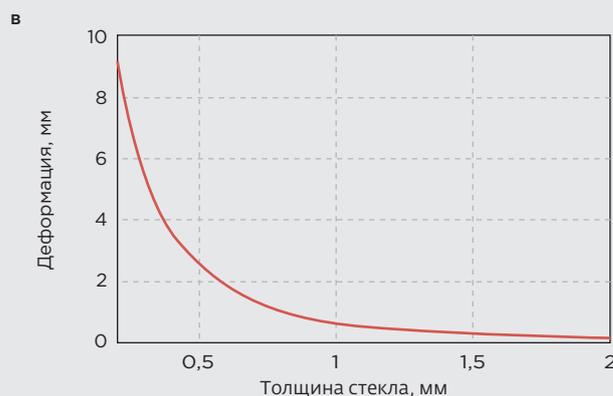
Давайте сначала разберемся в фундаментальном понимании того, что влияет на деформацию пластины. Для этого будем использовать упрощенную формулу для оценки деформации двух слоев в зависимости от свойств материалов. Если мы предположим, что слой пластины после утонения значительно тоньше, чем носитель, выражение деформации будет следующим:



$E_g = 70$ ГПа; $E_s = 20$ ГПа; $v_g = 0,22$; $v_s = 0,35$; $t_g = 1,1$ мм; $t_s = 0,15$ мм; $T_{\text{комн}} = 20$ °C; $T_{\text{проц}} = 250$ °C; $L = 300$ мм



$E_s = 20$ ГПа; $v_g = 0,22$; $v_s = 0,35$; $t_g = 1,1$ мм; $t_s = 0,15$ мм; $T_{\text{комн}} = 20$ °C; $T_{\text{проц}} = 250$ °C; $\Delta\text{КТР} = 1,0$ мкм/°C; $L = 300$ мм



$E_g = 70$ ГПа; $E_s = 20$ ГПа; $v_g = 0,22$; $v_s = 0,35$; $t_s = 0,15$ мм; $\Delta\text{КТР} = 1,0$ мкм/°C; $T_{\text{комн}} = 20$ °C; $T_{\text{проц}} = 250$ °C; $L = 300$ мм

Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

1

а – Деформация в зависимости от ΔКТР
 б – Деформация в зависимости от модуля Юнга носителя
 в – Деформация в зависимости от толщины носителя

Т 1

Значения КТР, наиболее часто используемых в полупроводниковом производстве типов пластин. Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

МАТЕРИАЛ ПЛАСТИНЫ	SI	SIC	GAN	GAAS	SAPPHIRE	LITAO3
Применение	ИС, память	Силовые ИС, LED	СВЧ, LED	СВЧ, LED	LED	ПАВ-фильтры
КТР (22-300°C), мкм/°C	~3,0	~4,0	~3,0-5,6*	~6,0	~5,0-7,0*	4,0-16,0*

* зависит от ориентации кристаллической решетки

$$\approx 0,75L^2\Delta\alpha\Delta T \frac{E_s(1-\nu_g)t_s}{E_g(1-\nu_s)t_g^2},$$

где нижний индекс s используется для обозначения свойств материала полупроводниковой пластины, подлежащей утонению, E_s – модуля Юнга, t_s – толщины пластины, ν_s – коэффициента Пуассона и α_s – коэффициента теплового расширения, нижний индекс g использован для несущего стекла для тех же параметров соответственно, L – размер носителя.

Из приведенной выше упрощенной формулы можно определенно выявить тенденции. Деформация линейно пропорциональна несоответствию КТР, а также разнице температур между склеиванием и работой, обратно пропорциональна модулю Юнга носителя, и деформация также обратно пропорциональна квадрату толщины носителя.

При использовании типовых условий, возникающих при утонении пластин и обработке после утонения, мы можем наблюдать эти тенденции (рис 1а, 1б и 1в).

Преимущества стекла, как материала для носителя

Вышеприведенные обсуждения были сосредоточены на трех рычагах, с помощью которых носитель может помочь справиться с деформацией. Давайте обсудим конкретные требования и ограничения для каждого из трех рычагов.

КТР (является наиболее важным параметром)

В Т 1 показан КТР наиболее часто используемых типов пластин в полупроводниковом производстве. К ним относятся Si с низким КТР и LiTaO₃ с высоким КТР. Стекло может охватывать весь диапазон КТР-материалов, используемых в микроэлектронной промышленности в качестве рабочих пластин. И если инвестиции оправданы, то компания, производящая само стекло, может разработать и изготовить его даже с очень малым КТР вплоть до ~0,2 мкм/°C.

Модуль Юнга

Модуль Юнга является эффективным рычагом для управления деформацией, когда идеальное соответствие КТР невозможно. Популярные составы стекла обычно обладают модулем Юнга в диапазоне 65-75 ГПа, а в высокотехнологичном стекле модуль Юнга может достигать значений до 140 ГПа.

В реальном мире приходится идти на компромиссы между производительностью и технологичностью, что отражается на стоимости.

Толщина носителя

Толщина носителя – еще один рычаг, доступный «пользователю». Соотношение квадрата толщины делает его очень эффективным в борьбе с деформацией (короблением), особенно в диапазоне 0,5–1,0 мм.

Стекло является идеальным материалом-носителем пластины, поскольку оно может обеспечить КТР, соответствующий пластине, которая подлежит утонению. Его модуль Юнга спроектирован так, чтобы быть относительно высоким, а его толщина должна быть оптимизирована в соответствии с ограничениями применения. Прозрачность стекла позволяет проводить лазерный дебондинг, а также делает контроль качества склеивания простым и понятным. К другим преимуществам можно отнести возможность достижения очень низкого разброса общей толщины (TTV – total thickness variation), возможность повторного использования и так далее.

В Т 2 приведено сравнение стекла с Si и пленкой для процесса утонения обратной стороны (BGT – back-grinding tape).

В качестве примера на рис 2 показаны стеклянные пластины, разработанные компанией Corning, которые покрывают диапазон 3-13 мкм/°C. Продукт – Advanced Packaging Carriers (APC) был разработан с учетом высокого модуля Юнга и толщины пластины до 2 мм.

Механическое отделение – демонтаж (дебондинг) стеклянного носителя

Благодаря своей прозрачности стеклянные пластины-носители часто используются только для процесса

T 2

Преимущества стекла для утонения пластин. Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

ПАРАМЕТР	СТЕКЛО	SI	BGT	ЗАМЕЧАНИЯ
КТР соответствует Si	■	■	■	Определенные марки стекла соответствуют по КТР Si во всем диапазоне процессных температур
Стоимость (начальная и последующего использования)	■	■	■	Стеклянный носитель можно полировать, если это нужно
Изготовление на заказ по КТР	■	■	■	КТР стекла может быть адаптирован под разные материалы пластин
Визуальный контроль для производительности склеивания	■	■	■	Стеклянный носитель прозрачен для визуального контроля
ТТВ	■	■	■	Стеклянный и Si-носитель можно отполировать в соответствии с требованиями
Изготовление на заказ по толщине	■	■	■	Толщина стеклянного и Si-носителя может быть оптимизирована в соответствии с требованиями
Совместимость с лазерным и механическим дебондингом	■	■	■	Использование одного материала для разных процессов
Устойчивость края и поверхности	■	■	■	У стекла крайне высокая при бережном обращении
Эластичность (модуль Юнга)	■	■	■	Стекло: 60–90 ГПа Si: 130–170 ГПа BGT: < 10 ГПа

демонтажа при помощи лазера, а о других их преимуществах просто забывают и не используют для механического дебондинга.

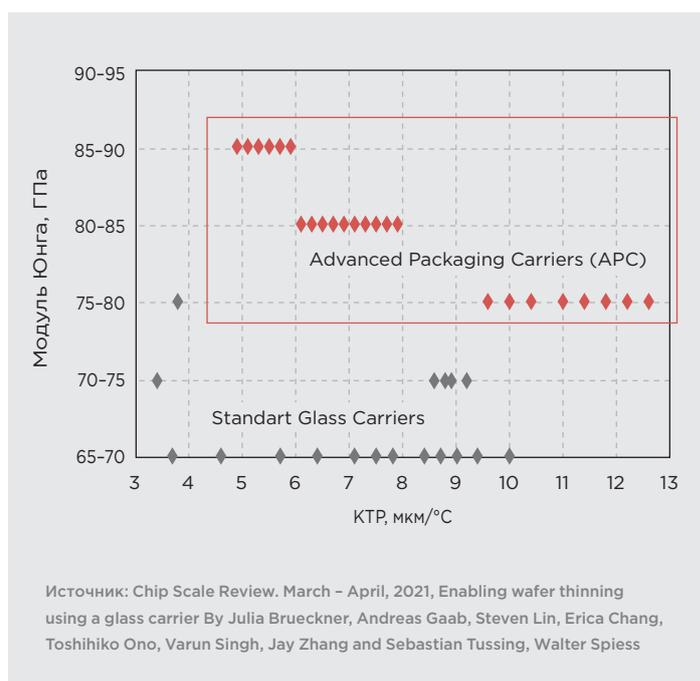
Стеклянные носители повышают ценность механического отклеивания, позволяя проводить визуальный контроль после монтажа пластины на носитель. Эффективность склеивания можно проверить, просто просматривая носитель (оптический контроль дефектов) вместо сложных инструментов контроля, необходимых для кремниевых носителей.

Давайте рассмотрим процесс работы с держателями из стекла на современных системах для механического дебондинга. Общий ход процесса показан на рис 3.

КТР стекла хорошо соответствует КТР кремния в типичном температурном диапазоне, используемом для утонения кремния и обработки после утонения.

Давайте подробнее рассмотрим общий технологический процесс с утонением пластины до 50 мкм.

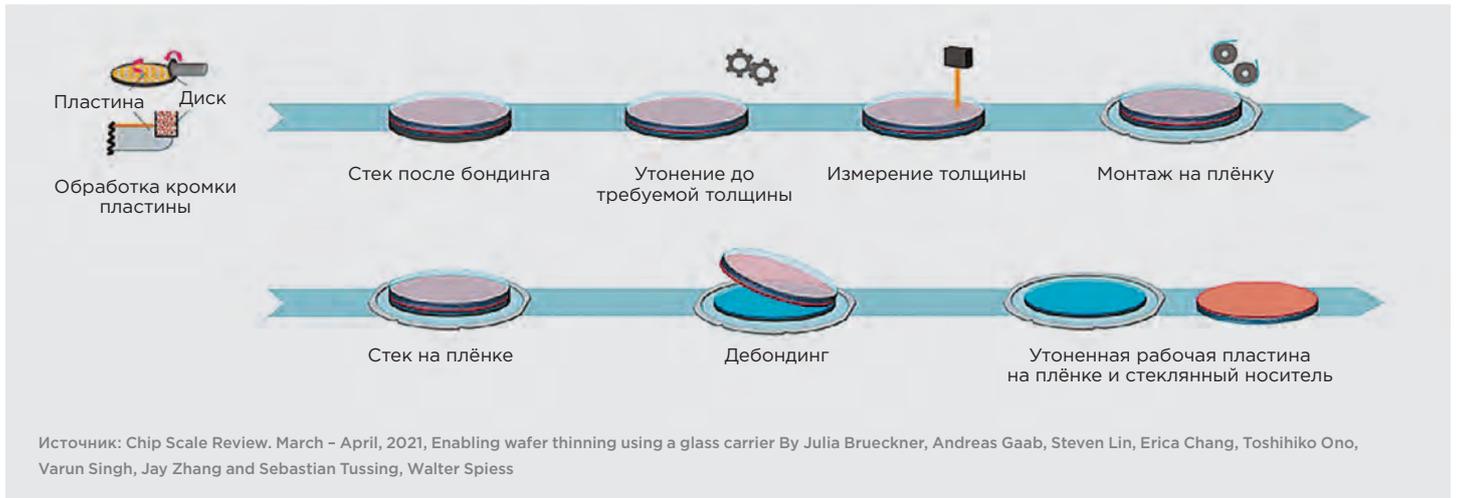
В начале выполняют обрезку кромок кремниевой пластины перед ее монтажом на стеклянный носитель для предотвращения сколов кромок в процессе шлифовки (в качестве кромок стеклянной пластины использовалась фаска С-типа).



Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

2

Стеклянные пластины, покрывающие диапазон 3–13 мкм/°C. Продукт – Advanced Packaging Carriers (APC)



3

Общий технологический процесс: обрезка кромок, монтаж на носитель, утонение обратной стороны, монтаж на ленту, демонтаж с носителя

Далее наносят адгезивный материал и выполняют монтаж пластины на носитель.

Затем проводят визуальный метрологический контроль однородности толщины клея, после чего приступают к процессу утонения обратной стороны. При этом стеклянный носитель позволяет обеспечить метрологический контроль процесса утонения, чтобы гарантировать, что окончательная толщина кремния составит 50 мкм и будет находиться в пределах ожидаемого допуска.

На следующем этапе пластину устанавливают на ленту для последующего процесса резки до того, как произойдет окончательный процесс механического демонтажа. Этот этап, в зависимости от технологии и производителя оборудования, может проводиться и после процесса демонтажа.

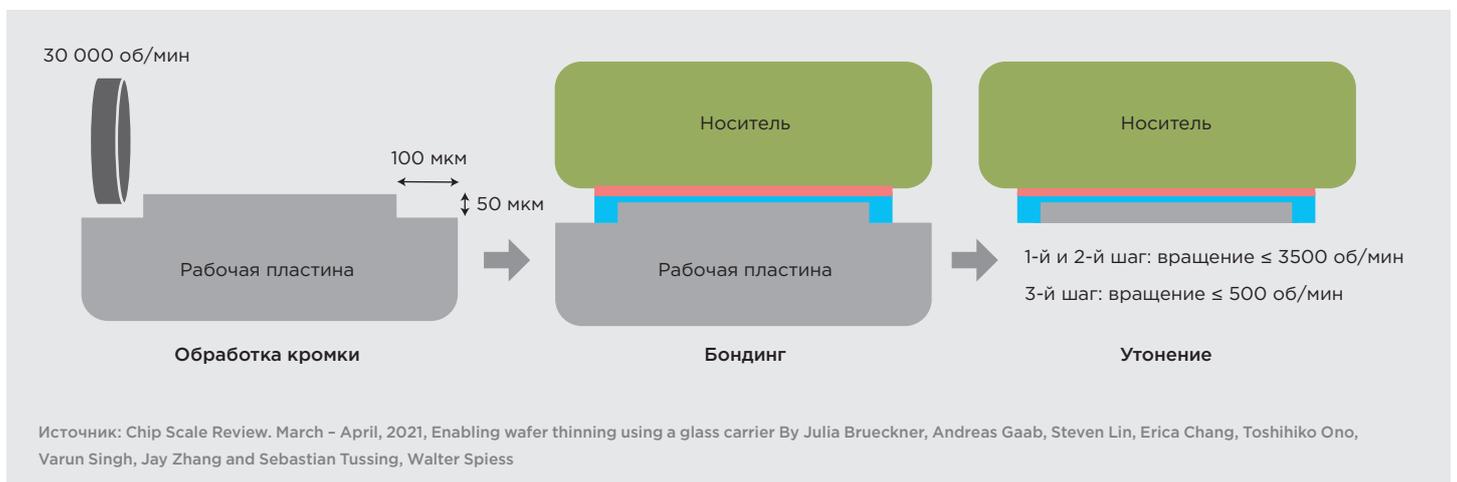
И, наконец, выполняется сам процесс механического демонтажа. У разных производителей различные подходы к данному процессу. Кто-то использует термический

сдвиг, кто-то клиновидный инициатор процесса демонтажа. В обоих случаях пластины фиксируются вакуумом, но для второго варианта существует риск повреждения стеклянного носителя, так как он будет подвергаться деформации в вертикальном направлении. Стеклянные носители Corning позволяют проводить любой из процессов демонтажа.

Рассмотрим некоторые условия обработки кромок и процесса утонения.

На рис. 4 в поперечном сечении показан процесс (в упрощенном виде) обрезки кромок, монтажа на носитель и утонения.

Перед процессом монтажа на носитель у кремниевой пластины необходимо обработать кромку для снижения риска межфазного расслоения и сколов кромок в процессе утонения обратной стороны. Профиль с обрезанными краями имеет ширину 100 мкм и глубину 50 мкм.



4

Поперечное сечение процесса обрезки кромок, монтажа на носитель и утонения

После монтажа выполняется многоэтапный процесс утонения обратной стороны. Первым шагом является грубое удаление большей части избыточной толщины пластины, пока она не достигнет ~100 мкм (grinding). На втором шаге используют шлифовальный круг с мелким зерном для шлифовки до толщины ~52 мкм (lapping). Последний шаг – использование специальной суспензии для точной и медленной полировки Si до заданной толщины 50 мкм (polishing).

На рис 5 показан результат монтажа пластины на стеклянный носитель.

На рис 6 показан результат процесса механического демонтажа пластин со стеклянного носителя. Процесс демонтажа прошел успешно. Видны лишь остатки адгезива, которые можно удалить на последующем процессе отмывки. При таком процессе стеклянный носитель можно использовать многократно.

Крайне важным фактором для успешного процесса механического демонтажа является расчет стресса стеклянного носителя и пластины.

Напряжение изгиба на пластине во время процесса демонтажа можно рассчитать и сравнить с прочностью края, чтобы оценить риск разрушения стеклянного носителя из-за изгиба. Напряжение изгиба, возникающее на краю стекла, можно оценить по радиусу кривизны с помощью теории изгиба по формуле:

$$\sigma = tE/2r,$$

где t – толщина пластины, E – модуль Юнга стеклянной пластины, r – радиус изгиба в процессе демонтажа.

Если предположить, что деформация является просто цилиндрической, то радиус изгиба можно рассчитать:

$$r = (l^2 - h^2)/2h,$$

где r – радиус кривизны, h – высота подъема, l – расстояние между точками поворота.

Рассчитанный радиус кривизны по типовой высоте подъема и расстояние между точками поворота приведены в Т 3.

Наименьший радиус составляет 307 мм, когда подъем составляет 2 мм, а расстояние между точками поворота – 35 мм.

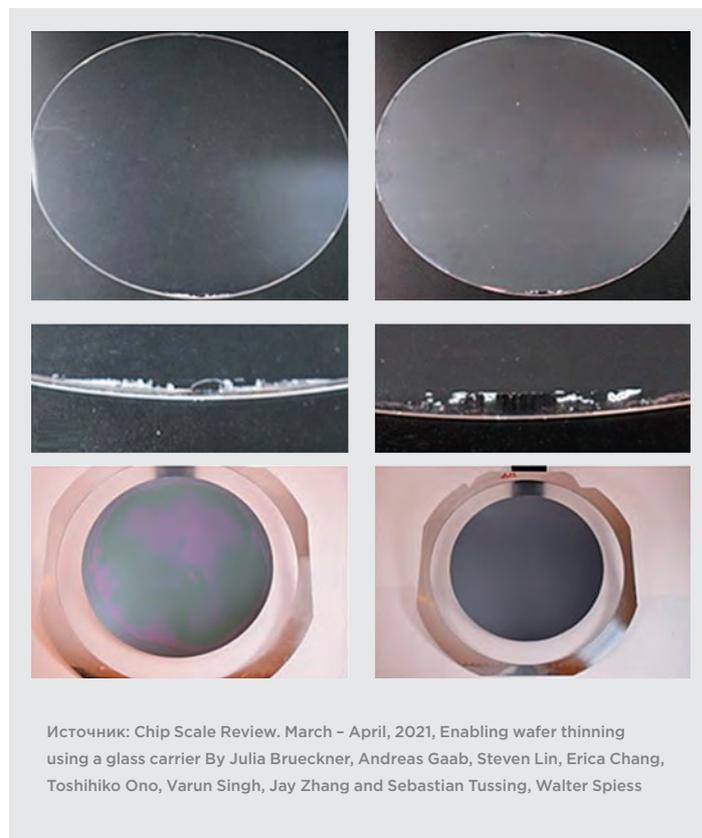
На рис 7 показано схематическое изображение изгиба стекла во время процесса дебондинга.

На рис 8 показана зависимость между радиусом кривизны и напряжением изгиба стеклянной пластины для двух толщин: 0,5 и 0,7 мм.

Горизонтальная синяя линия указывает на типичное низкое значение прочности краев стеклянных пластин. Нижнее значение прочности намного выше, чем напряжение, создаваемое самой узкой кривизной 307 мм во время процесса дебондинга (отметки синей стрелкой). Таким образом, стеклянную пла-



5
Результат процесса монтажа пластины на стеклянный носитель

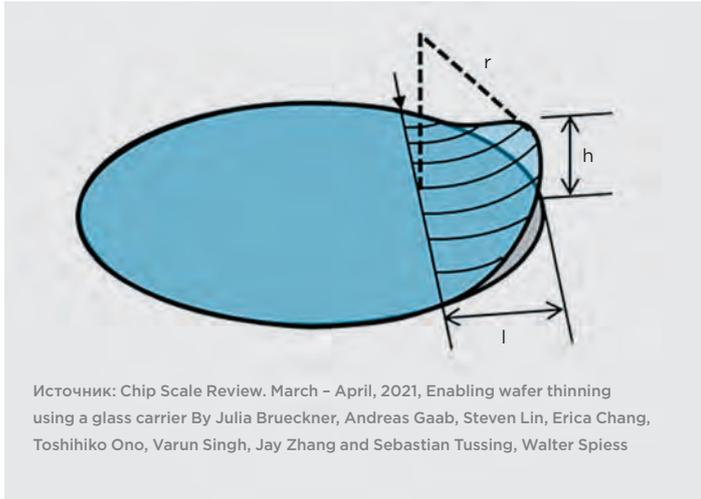


Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

6
Результаты процесса демонтажа со стеклянного носителя

Т 3
Расчетный радиус на основе стандартных значений высоты подъема и расстояния поворота. Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

РАДИУС ИЗГИБА (R), ММ	РАССТОЯНИЕ ОТ ОСИ ВРАЩЕНИЯ ДО ПОДЪЕМНИКА (L), ММ			
	35	40	45	
Высота подъема (h), мм	1	613	800,5	1013
	2	307,3	401	507,3



Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

7

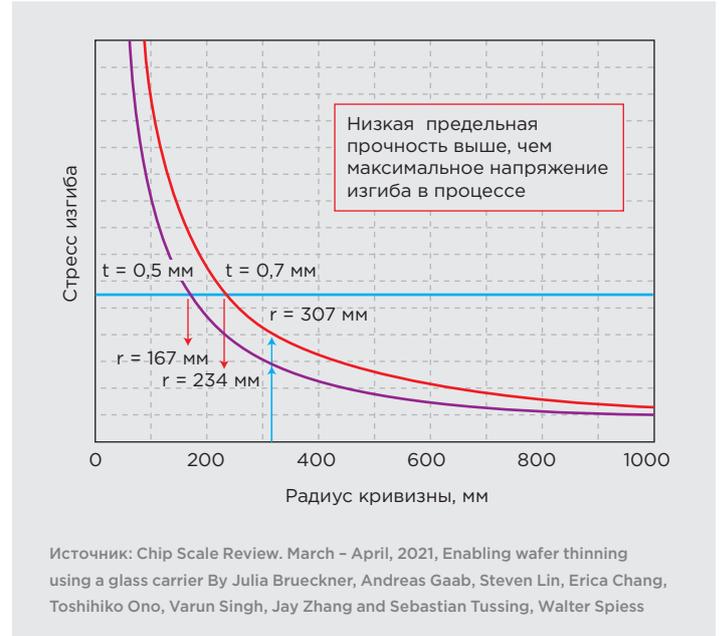
Схематическое изображение изгиба стекла во время дебондинга

стину можно безотказно использовать в процессе дебондинга. От линии прочности и кривизны нижнего предела допустимая кривизна изгиба составляет 167 и 234 мм для стекла толщиной 0,5 и 0,7 мм соответственно.

Подведем итоги применения промежуточного носителя из стекла

Для утонения полупроводниковых пластин стекло является идеальным материалом-носителем и обладает следующими особенностями:

- Способность обеспечивать переменный КТР, соответствующий КТР пластины.
- Гибкость в выборе толщины для минимизации изменения формы во время утонения и обработки после утонения.
- Прозрачность для обеспечения контроля качества процесса.
- Совместимость с различными технологиями дебондинга. 



Источник: Chip Scale Review. March – April, 2021, Enabling wafer thinning using a glass carrier By Julia Brueckner, Andreas Gaab, Steven Lin, Erica Chang, Toshihiko Ono, Varun Singh, Jay Zhang and Sebastian Tussing, Walter Spiess

8

Зависимость между радиусом кривизны и стрессом изгиба стеклянной пластины для толщин 0,5 и 0,7 мм

Поскольку тенденция в отрасли требует все более утоненных пластин, можно предположить, что в будущем лазерный дебондинг станет основным для процесса демонтажа пластины с носителя. Возможность сейчас использовать носитель, который может работать с текущими процессами механического дебондинга и соответствует плану будущего развития – дорожной карте, может помочь компаниям сэкономить время и затраты на разработку. А время и затраты – это ключевые факторы на современном полупроводниковом производстве.



ПО ЩУЧЬЕМУ ВЕЛЕНИЮ ВРЯД ЛИ, НО ПОСТАВИМ МАТЕРИАЛЫ БЕЗ ВОЛОКИТЫ

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

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

100%

согласование договоров с нашими клиентами за последние 3 года

>500

договоров мы подписываем и реализуем ежегодно

ФЗ

четкое соблюдение требований ФЗ 275, ФЗ 223, ФЗ 44

Метод поверхностного сканирования на уровне микросхемы с высокой разрешающей способностью

Текст: Виктор Ульянов,
Артем Коротков



На современном рынке наблюдается тенденция одновременного повышения качественных требований к изделиям и сокращения времени на их разработку. Чтобы оценить электромагнитную совместимость (ЭМС), необходимо специальное оборудование. Усложняет ситуацию и то, что современная электроника, как правило, работает на высоких тактовых частотах и использует компоненты, включающие радиочастотные интерфейсы.

Поэтому особенно важно получить необходимые данные обо всех электрических элементах, прежде чем они будут применены на печатной плате. Это также относится к характеристикам электромагнитной совместимости интегральных схем (ИС). Измерение ЭМС для ИС становится все более распространенным, и необходимо его проводить на нужном этапе разработки устройства.

В конце 2022 года специалисты Остек-Электро оснастили в Институте радиоэлектроники и информатики Российского технологического университета МИРЭА первый в России учебный класс, где студенты будут изучать процесс автоматизированного тестирования помехоэмиссии и помехоустойчивости печатных плат и микросхем на этапе разработки (рис 1).

Учебный класс оснащен следующим оборудованием:

- 3-осевой сканер для контроля ЭМС печатных плат.
- 4-координатная система позиционирования для контроля ЭМС-микросхем.
- Комплект для измерений ЭМС-характеристик интегральных микросхем.
- Наборы для тестирования устойчивости плат к электрическому и магнитному полям.
- Различные наборы пробников ближнего поля.
- Различные наборы для тестирования помехоустойчивости и помехоэмиссии печатных плат.

Рассмотрим подробнее 4-координатную систему позиционирования для контроля ЭМС-микросхем, а именно на поверхностном сканировании микросхем и открытых матриц с высоким разрешением.

Вступление

Характеристики ЭМС в ИС можно разделить: обнаружение излучений и устойчивость к помехам.

Рассмотрим процесс обнаружения электромагнитных помех над ИС с помощью пробников ближнего поля. В соответствии с международными стандартами ЭМС для ИС используются пробники ближнего поля, которые явно превосходят стандартные требования МЭК (как определено в МЭК 61697-3) с точки зрения параметров измерения (таких как разрешение и частотный диапазон). Таким образом, они позволяют разработчикам измерять эмиссию электромагнитных помех на ИС и точно локализовывать соответствующие источники поля. Работы по модернизации ИС могут быть выполнены только при знании проблем ЭМС, когда окончательный результат подтверждается соответствующими измерениями. Так можно сократить стоимость и время на разработку новой микросхемы. Также для разработчика электрических схем на основе ИС точное обнаружение излучения над ИС явно выгодно. С помощью представленных данных можно определить, какой элемент печатной платы требует дополнительного экранирования, а какой нет.

Измерительная система

Для измерения пространственных амплитудно-частотных характеристик электромагнитных излучений требуется испытательная система ИС с такими элементами, как:

- пробники ближнего поля;
- сканер;
- анализатор спектра;
- ПК + специализированное программное обеспечение.



1 Рабочее место для обучения навыкам автоматизированного тестирования помехоэмиссии и помехоустойчивости печатных плат и микросхем в институте радиоэлектроники и информатики РТУ МИРЭА

На рис 2 показана тестовая установка для измерения ИС, основанная на методе сканирования поверхности в соответствии с МЭК 61967-3. Для обнаружения электромагнитного поля в микрометровом диапазоне необходимы три типа пробников ближнего поля:

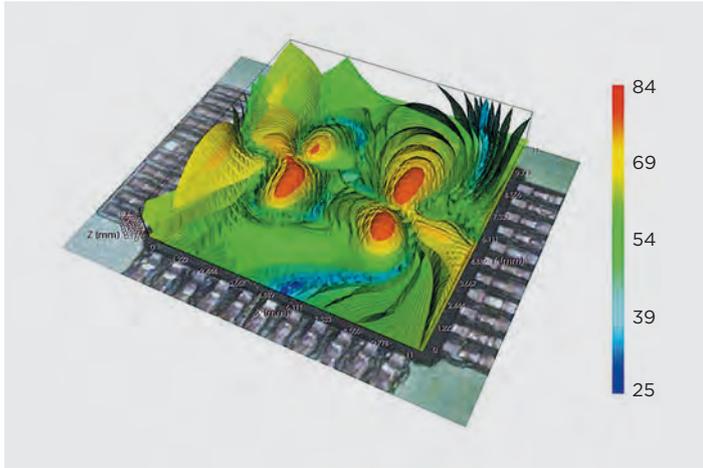
- пробники E-поля для обнаружения электрического поля;
- пробники H-поля типа «Н» для измерения вертикального магнитного поля;
- пробник H-поля типа «V» — к горизонтальному магнитному полю.

Направленность пробника H-поля типа «V» имеет два нулевых значения по физическим причинам. Компоненты поля, расположенные в плоскости вертикального датчика, могут быть обнаружены только при вращении датчика H-поля «V».

Сканер перемещает пробник ближнего поля в нужное положение, обеспечивая высокое механическое разрешение и высокую воспроизводимость. Для измерения электромагнитного поля с высоким разрешением точность должна быть не менее 20 мкм, а воспроизводи-



2 Тестовая установка



3

Результат сканирования. Частота 200 МГц

мость менее 5 мкм. Для полного обнаружения электромагнитных излучений от интегральных схем необходимы, как минимум, четыре оси. Три оси – для движения в направлениях X, Y и Z, а четвертая – для вращения пробника и измерения им магнитного поля в различных поляризациях.

Базовая конструкция пробников сконструирована так, чтобы соответствовать сканерам. Кроме того, возможности монтажа пробников были расширены, чтобы они также подходили к обычным системам сканирования.

Еще одна часть измерительной системы – это ПК с программным обеспечением для управления и измерения.

Функции программного обеспечения:

- обнаружение всех подключенных устройств;
- управление системой сканера интегральных схем;
- инициализация анализатора спектра;
- получение результатов измерений от анализатора спектра;
- визуализация результатов измерений.

Измерения электромагнитных излучений на ИС предоставляют большое количество данных, которые собраны в шести измерениях в базе данных.

Не все шесть измерений могут быть представлены графически одновременно, поэтому представление сводится

к возможным пяти измерениям. На рис. 3 показан пример объемного сканирования ИС вертикальным пробником магнитного поля на определенной частоте.

Пробник ближнего поля

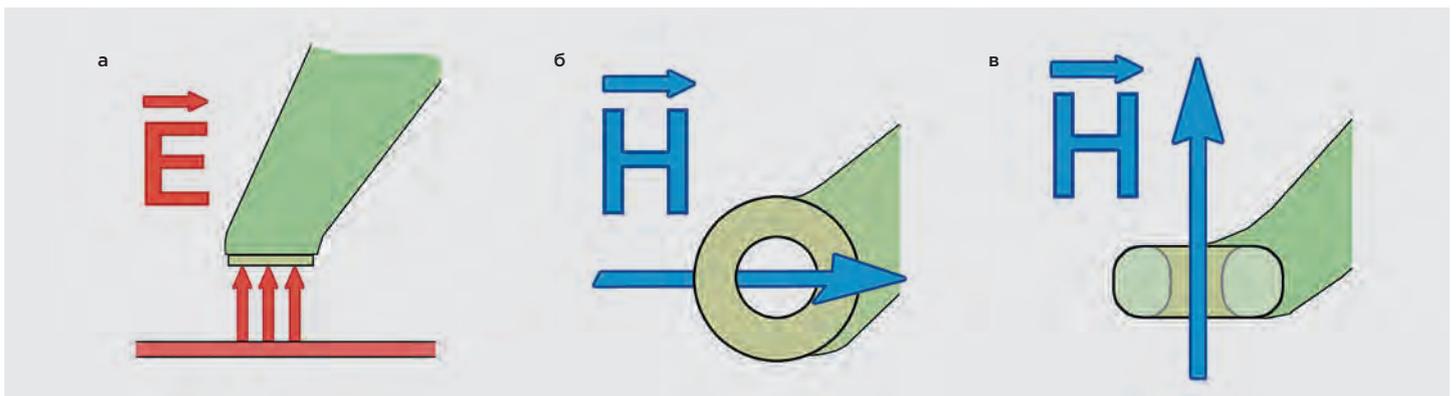
Конструкция пробника

МЭК 61697-3 описывает параметры пробников, а именно – механическую конструкцию, частотный диапазон и разрешение. Согласно стандарту МЭК наконечник пробника должен состоять из полужесткого кабеля с одной катушкой для измерения электромагнитных излучений. Недостаток такой измерительной установки в том, что она не может различать, какая часть измеренного напряжения на наконечнике пробника является результатом магнитного или электрического излучения. Были разработаны два типа пробников: один для измерения электрического поля, а другой – для измерения магнитного. Пробники магнитного поля дополнительно экранированы от воздействия электрического поля. Таким образом, пользователь может отдельно исследовать электрическое и магнитное излучение на поверхностях ИС, соединительных проводах и штифтах. Также можно измерить наконечником проводники или выводы ИС и сделать вывод о токе, протекающем через проводник.

В настоящее время с пробниками электрического поля возможно разрешение до 65 мкм. На рис. 4а показана общая конструкция пробника электрического поля с чувствительным электродом (светло-зеленый) и экраном (темно-зеленый).

Разрешение пробников магнитного поля определяется их внутренним диаметром. Наконечники магнитных пробников состоят из катушки с заданной намоткой и внутренним диаметром (рис. 4б и 4в). Оба эти параметра в основном определяют величину магнитного поля (разрешение) и обнаруживаемую напряженность магнитного поля. Сегодня наименьший внутренний диаметр составляет около 100 мкм для горизонтальной и вертикальной поляризации, что обеспечивает разрешение измеряемого магнитного поля до 80 мкм.

Все магнитные пробники экранированы от электрического поля и оснащены внутренним предусилителем.



4

а – электрическое поле; б – горизонтальное магнитное поле; в – вертикальное магнитное поле

Усилитель позволяет четко определять слабые сигналы. Диапазон частот пробников составляет от 1,5 МГц до 6 ГГц. Диапазон можно расширить до более высоких частот, если появятся микросхемы с более высокими тактовыми частотами.

Определение напряженности магнитного поля и силы тока

Напряженность магнитного поля H_{RF} в катушке пробника магнитного поля может быть рассчитана по выходному сигналу напряжения U_{Probe} пробника магнитного поля с помощью поправочного коэффициента. Поправочный коэффициент K_H не зависит от геометрии измерения в каждом отдельном положении, т. е. пробник можно вести на произвольном расстоянии и под любым углом относительно электрического проводника без какой-либо погрешности в измерениях (рис 5). Результат – среднее магнитное поле, окружающее катушку пробника.

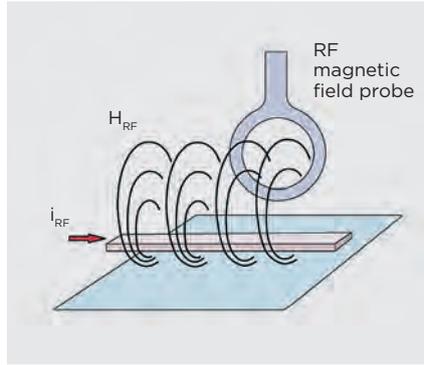
Текущая коррекция

Существует устойчивая физическая корреляция между H_{RF} магнитного поля и I_{RF} тока, которая зависит от геометрии расположения проводника тока. Таким образом, заданный поправочный коэффициент K_I относится к определенной эталонной настройке.

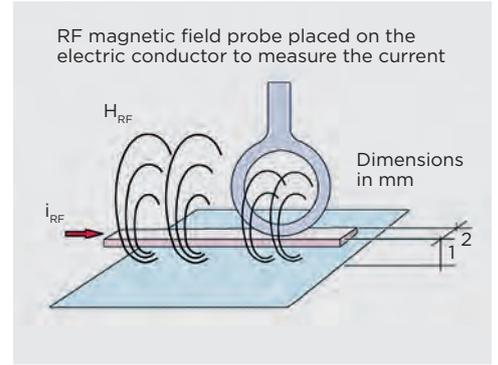
Определенные значения тока I_{Corr} являются правильными только в том случае, если геометрические параметры совпадают с эталонной настройкой (рис 6) при использовании преобразователей. Если есть отклонения от этой настройки, текущие значения I_{Corr} также будут изменяться. Поэтому рассчитанное текущее значение I_{Corr} можно использовать только как ориентировочное.

Использование поправочного коэффициента K_I в адаптированном количественном уравнении:

$$H_{RF} \left[dB\mu \frac{A}{m} \right] = U_{Probe} [dB\mu V] + K_H \left[dB \frac{A}{Vm} \right]$$



5 Общий вид положения пробника



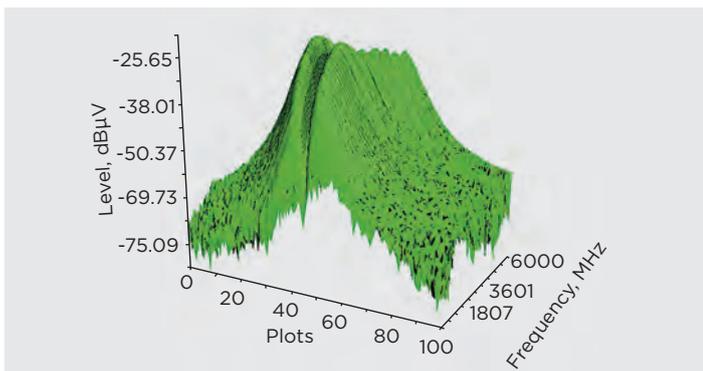
6 Настройка для измерения тока

Измерение над полосковой линией

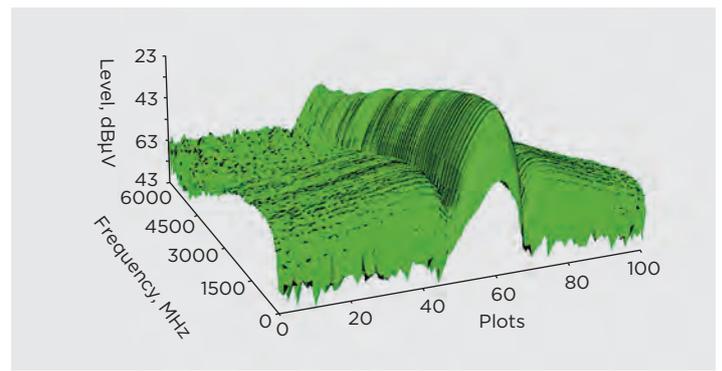
Благодаря особенностям конструкции каждый тип пробника имеет свою измерительную характеристику. Далее рассмотрим оба типа пробников магнитного поля – горизонтальный и вертикальный.

Измерение основано на следующих параметрах: полосковая линия имеет ширину 25 мкм, расстояние до земли 20 мкм, сопротивление 50 Ом. Нижний конец наконечника пробника отрегулирован на 20 мкм выше полосковой линии. Полосковая линия питается от отслеживающего генератора анализатора спектра с уровнем напряжения в 100 дБмкВ. Пробник перемещается над полосковой линией по прямой, длина которой 3 мм, и шагом измерения 30 мкм. На рис 7 и 8 показаны результаты измерения для обоих типов магнитного поля. Для каждой точки измерения (графика) указывается амплитуда по отношению к частоте.

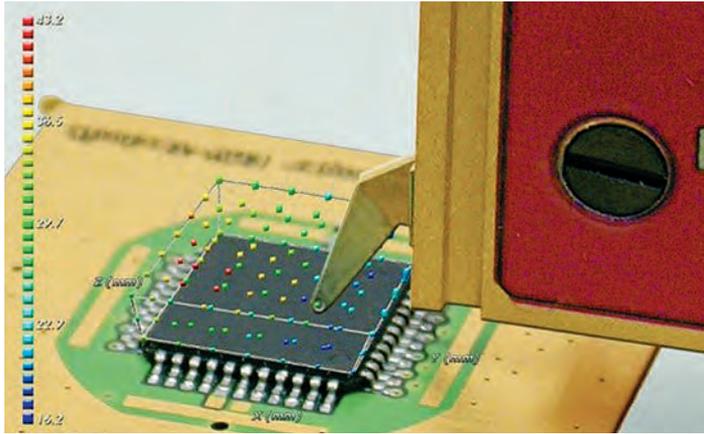
Оба типа пробников измеряют по-разному. Горизонтальный пробник измеряет минимум в центре полосковой линии. Интенсивные магнитные поля располагаются на краях полосковой линии, где также находятся соответствующие локальные максимальные значения объема сканирования. Это связано с направлением силовых линий магнитного поля и зависит от положения измерительной катушки по отношению к силовым линиям. В местах, где



7 Сканирование над полосковой линией горизонтальным пробником H-поля



8 Сканирование над полосковой линией с вертикальным пробником H-поля



9

Схема измерения ИС

катушка параллельна силовым линиям, пробник не может обнаружить магнитное поле.

В отличие от пробника с горизонтальной поляризацией пробник с вертикальной поляризацией измеряет высокую напряженность магнитного поля вдоль пути проводника. На краях полосковой линии вертикальная версия измеряет локальный минимум.

В каждом тестовом случае амплитуда и ширина измеренного минимума или максимума зависят от расстояния кончика пробника до объекта измерения и ширины измеренной полосковой линии или любой другой электрической линии.

Сканирование ИС

Объемное сканирование ИС

В следующем тестовом примере были выполнены два сканирования поверхности на уровне ИС. Тестируемое устройство – микроконтроллер модели 8051, системная частота 20 МГц.

Первое сканирование было выполнено с помощью горизонтального пробника магнитного поля, а второе – с помощью вертикального.

Соблюдены следующие настройки:

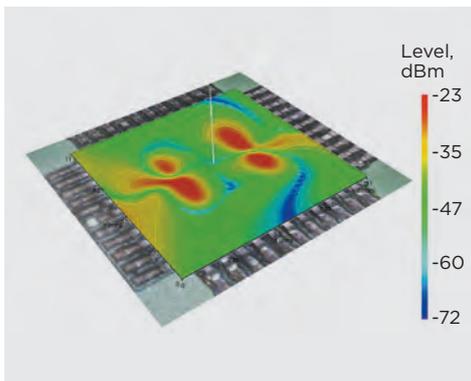
- объем сканирования: 11×11 мм;
- ширина шага: 200 Ом-м;
- измерительный объем: 10 000 точек.

Управление сканером, обнаружение и формирование результатов измерений выполнялись с помощью специального программного обеспечения. На рис 9 показана измерительная установка. Как видно, ИС была смонтирована на заземленной плоскости, а все остальные электрические части – на задней стороне платы. Данная оснастка позволяет свести к минимуму побочные эффекты от других электрических компонентов. Три вывода использовались для управления светодиодами для контроля логических процессов объекта исследования. Все остальные контакты были запрограммированы как входы.

Результаты измерений показаны на рис 10 и 11. Шкала справа на диаграммах показывает напряженность магнитного поля. Красный цвет означает высокий уровень сигнала, равный 80 дБОмВ, а синий – низкий сигнал, равный 20 дБОмВ.

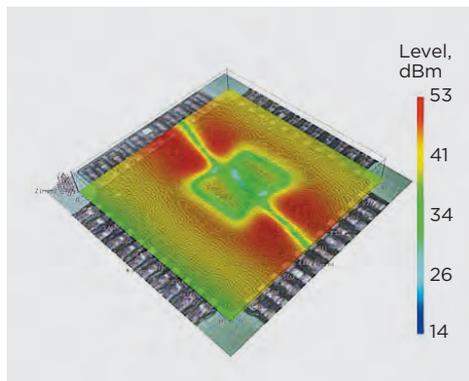
Оба измерения проводились над одним и тем же тестируемым устройством, но с разными пробниками ближнего поля. Как говорилось ранее, горизонтальный пробник магнитного поля измеряет локальный минимум непосредственно на текущий проход, а на краях – локальный максимум. Их также можно увидеть на рис 11. От вывода Vcc ток питания протекает через соединительный проводник в ИС. На микросхеме ток идет разными путями и возвращается через соединительный проводник и вывод Vss на плату.

Вертикальный пробник магнитного поля может измерять только магнитное поле, где ток протекает параллельно измерительной катушке. Таким образом, есть некоторые части, где измеряется магнитное поле, особенно в области источника питания ИС. В других частях ИС пробник почти не обнаруживает никакого магнитного поля. Это может быть связано с отсутствием поля или с тем, что направление магнитного поля не совпадает с диаграммой чувствительности пробника.



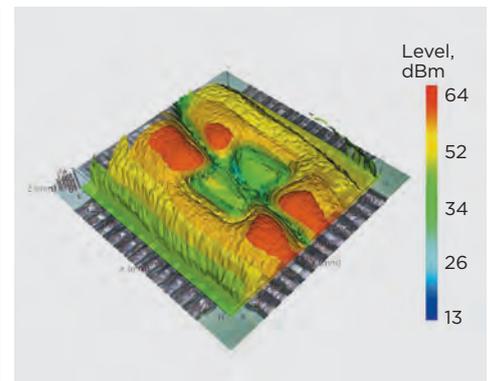
10

Результат поверхностного сканирования тестовой ИС с вертикальным пробником Н-поля, частота 40 МГц



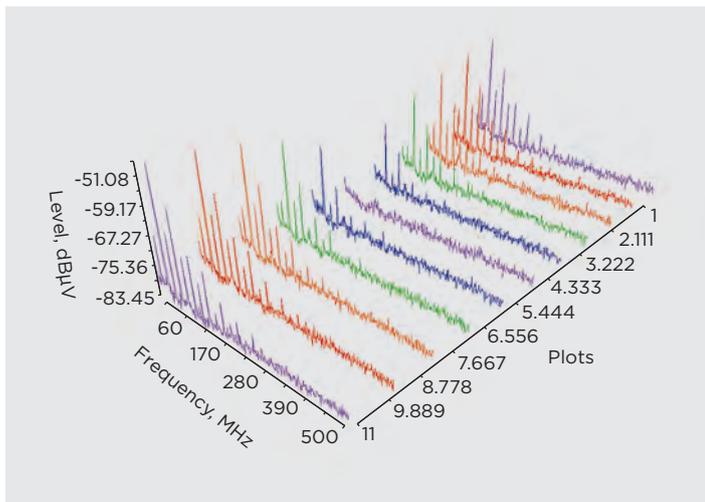
11

Результат сканирования поверхности ИС с горизонтальным пробником Н-поля, частота 40 МГц



12

Результат объемного сканирования ИС с горизонтальным пробником Н-поля, частота 40 МГц



1 3

Результат сканирования контактов ИС

Поэтому следует провести повторное измерение, при котором измерительная катушка (пробник) повернута на угол 90°. Таким образом можно будет обнаружить магнитное поле, которое находится под углом 90° к первому измеренному.

Если такое сканирование поверхности выполняется на разных расстояниях до ИС, то магнитное поле может отображаться во всем объеме над ИС. На рис 1 2 соединены все точки с одинаковой напряженностью поля.

Результат сканирования служит примером исследования эффектов, вызванных взаимодействием ИС с другими металлическими комплектующими, которые могут быть размещены в непосредственной близости к ИС. Например, радиаторы, разъемы, экранирующие детали.

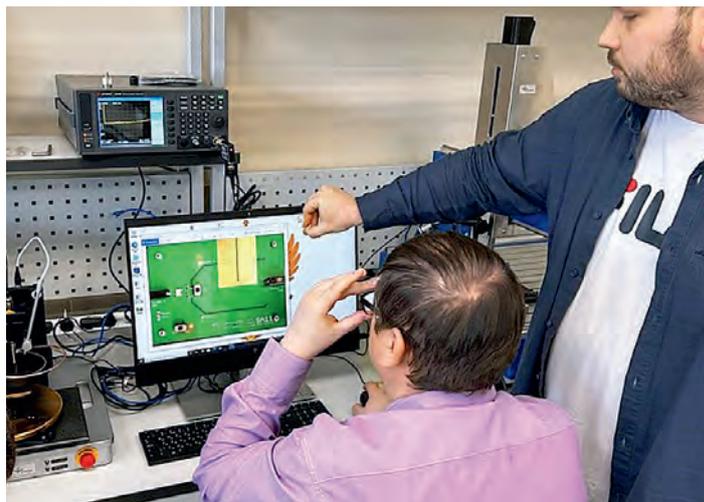
Сканирование контактов микросхемы

Использование вертикального пробника магнитного поля дает дополнительную возможность измерять ток высокой частоты, протекающий через контакты микросхемы. Следуя базовой схеме измерения, показанной на рис. 5, очень просто автоматически разместить пробник рядом с каждым выводом микросхемы и измерить ток. Один из результатов показан на рис 1 3.

Как правило, каждый вывод ИС может быть источником высокочастотного тока — контакты питания, входные/выходные контакты. Это зависит от самой микросхемы и импеданса подключенной электронной схемы. Таким образом, знание этих токов дает разработчику платы возможность оптимально разместить последовательные резисторы или конденсаторы на заземляющей поверхности.

Заключение

В статье рассмотрен метод измерения для обнаружения магнитного и электрического поля в микрометровом диапазоне. Показано, что измерение ближнего поля над



1 4

Рабочий процесс сканирования печатной платы

микросхемами и открытыми матрицами с помощью пробников является идеальным инструментом для инженеров, которым требуется выявлять и решать проблемы ЭМС надежным способом. Измерение может быть выполнено на эталонных печатных платах в сборе или на печатных платах заказчика.

В учебном классе института радиоэлектроники и информатики РТУ МИРЭА теперь есть рабочее место для проведения испытаний на ЭМС как при разработке новых радиоэлектронных устройств (РЭУ) и микросхем, так и для усовершенствования уже существующих РЭУ. Такие испытания важны для локализации проблем в области ЭМС в микросхемах и печатных платах и определения путей их решения. То есть РЭУ проходит проверку на ЭМС не на этапе готового изделия, а на этапе разработки его отдельных узлов и компонентов. Это позволяет выявлять источники помех и неустойчивые к воздействию помех места. Устранив данные недоработки, можно исключить схемотехнический «просчет» при разработке готового изделия для прохождения им успешных испытаний на ЭМС. ▢

Важно внедрять эти технологии на ранней стадии, чтобы обеспечить качество выпускаемой продукции с наименьшими затратами на выявление несоответствий – как на этапе разработки плат, так и при проектировании электронной компонентной базы. В этом случае разработчики будут иметь максимально достоверную информацию о применяемых компонентах и схемотехнических решениях.

КАЧЕСТВО

Инструментальные проблемы метрологии

Текст: Андрей Насонов



Давайте поговорим в этой статье о проблемах с измерениями в электронной промышленности, хотя, в какой-то мере это справедливо и для других областей.

В последние годы отечественная промышленность в силу ряда объективных причин существенно активизировалась. Началось интенсивное развитие, причем не только восстановление старых технологий, но и быстрое освоение новых. Электронная промышленность приступила к выпуску значительного количества новых изделий, принципиально отличающихся от того, что делалось ранее. Соответственно изменились и требования к используемым средствам измерения. Причем это не только

повышение требований к точностным характеристикам, но и появление потребности в принципиально новых измерительных приборах.

До распада СССР электронная промышленность производила почти все необходимые средства измерения самостоятельно, более того, какое-то количество поставлялось и в другие страны. В плане качества наблюдался некоторый паритет. Какие-то приборы были одного уровня с зарубежными, некоторые уступали, а некоторые превосходили,



1

Микроомметр Е6-42

и это позволяло обеспечивать всем необходимым отечественную метрологию. Потом часть предприятий оказалась за пределами России, а остальные постепенно прекратили выпуск средств измерений. В страну хлынул поток иностранных измерительных приборов, и в настоящее время именно они составляют основной парк таких приборов как в промышленности, так и в метрологических службах.

Казалось бы, что в этом плохого? На первый взгляд это хорошо, когда есть возможность использовать лучшее, что есть в мире. Но, к сожалению, часто эти средства измерений не так хороши, как принято думать. Дело в том, что большая часть приборов разрабатывалась, скорее, как сервисные. У них прекрасная эргономика, они удобны, но метрологические характеристики часто не являются их главным достоинством. Нередки случаи, когда прибор не в состоянии сохранить характеристики даже в пределах межповерочного интервала. Отчасти это происходит потому, что производитель из маркетинговых соображений заявляет параметры, практически предельно достижимые для данного прибора, то есть без запаса. Да и комплектация используется, как правило, категории commercial. К тому же аналогичная ситуация сложилась и с эталонами. То есть отечественная метрология оказалась почти в полной зависимости от поставок иностранных приборов и эталонов. Это абсолютно недопустимо, потому что Государственная метрологическая служба Российской Федерации имеет стратегическое значение для страны.

Понимая, что концепция «заграница нам поможет» не работает, становится очевидным, что необходимо в короткие сроки возобновить разработку и производство отечественных средств измерения. Ряд отечественных предприятий уже это делает, но



2

Установка для измерения удельного и поверхностного сопротивления ИУС-7Р

на данном пути выявляется ряд серьезных проблем. Попробую перечислить по меньшей мере те, с которыми столкнулось наше предприятие в ходе разработки и изготовления средств измерения.

К примеру, прибор микроомметр Е6-42 (рис 1). Это прецизионный прибор, позволяющий производить измерения сопротивлений от единиц микроом до сотен мегаом в большом диапазоне измерительных токов. И предназначенный как для автономного использования, так и для работы в составе измерительных установок, например, с зондовой станцией ИУС-7Р (рис 2).

Первое – это элементная база. Конечно, на ее доступность в настоящее время жалуются разработчики любой аппаратуры, не только измерительной. Однако не все так однозначно. Проблемами с комплектующими оправдывают то, что под видом отечественных приборов рынок наполняют «русифицированные» иностранцы. Также если прибор и разработан в России, то часто производство локализовано за границей, вроде как там с комплектацией проще. Наверное, проще, только вот кто сказал, что комплектация должна быть исключительно импортная.

Безусловно, наша промышленность сейчас не в состоянии производить всю необходимую гамму компонентов. Да это и не надо. В современном мире нет смысла обязательно делать все самим до последнего резистора. Однако ключевые компоненты, которые, собственно, являются определяющими для характеристик прибора, конечно должны быть отечественными. Они есть – и не только на уровне лучших мировых образцов, но и в некоторых случаях даже лучше. И вот тут возникает проблема. Такие компоненты есть, но их невозможно приобрести для использования в измерительной технике.

Дело в том, что они выпускаются только с категорией качества «ВП» и часто не имеют аналога категории «ОТК», а значит их можно использовать только в технике, специального назначения. Во времена СССР такая проблема тоже существовала, но была решена. В те годы все средства измерения, кроме приборов для радиолюбителей и сервиса, независимо от конечного пользователя собирались из компонентов «ВП». Видимо было какое-то специальное решение. Такое решение необходимо и сейчас. По опыту наших разработок мы видим, что некоторые приборы возможно создать вообще полностью на отечественной элементной базе. Надо только иметь к ней доступ. И тут в дело может вмешаться вторая проблема.

А вторая проблема – экономическая. Дело не только в том, что цены на некоторые отечественные компоненты имеют уровень за пределами разумного. Иногда отечественный компонент на порядок дороже импортного аналога. Хуже то, что нет складских запасов. Предприятие-изготовитель комплектующих может обеспечить поставку, но только за неприемлемо большой срок. Использование современных технологий проектирования позволило нам сократить сроки от начала разработки до внедрения у заказчика технически сложных приборов до 4–6 месяцев. А в то же время некоторые производители комплектующих предлагают поставку в срок до 8 месяцев. Было даже предложение на заказ в 2023 году со сроком 2025 год. И речь шла не о крупной серии, а о единичных изделиях. Это свидетельствует о том, что подходы к организации производства комплектующих не соответствуют возможностям современных технологий разработки. Такой проблемы бы не было, если бы имелись складские запасы у дилеров. Но их по отечественным комплектующим, как правило, нет.

Также проблемой оказалось отсутствие эталонов. Дело в том, что современные приборы имеют значительно более широкие диапазоны измерений, чем у старых разработок. Например, микроомметр Е6-42 в состоянии мерить единицы микроом при малых измерительных токах. Сейчас это необходимо особенно для измерений в области микроэлектроники. А вот эталонов с такими характеристиками нет. Примеров много, и представляется целесообразным реализовать на государственном уровне программу по развитию базы эталонов для различных видов измерений. Технологические возможности у нашей промышленности для этого есть.

Появилась и сложность, можно сказать, экологическая. За последние годы и десятилетия произошло существенное электромагнитное загрязнение окружающей среды. Уровень помех в населенных пунктах столь высок, что практически стало невозможным использование для радиосвязи диапазонов от длинных до коротких волн. Обусловлено это внедрением



3

HZ184 измерительный кабель Кельвина из ЗИП R&S HM8118

большого количества импульсных источников питания и также повсеместным использованием беспроводных систем связи. Сейчас любая «экологически чистая и энергосберегающая» светодиодная лампочка на деле является мощным источником помех. Все это мешает осуществлять измерения электрических величин с малыми уровнями напряжения и тока без принятия специальных мер.

Учитывая, что создание экранированных рабочих помещений – задача вполне выполнимая, но весьма недешевая, нами разработана индивидуальная рабочая камера. Это, по сути, экранированное рабочее место с нормированным уровнем подавления помех. Внешнее электропитание туда заведено через фильтры, обеспечивавшие подавление помех в широком диапазоне частот. Таким образом, можно получить заданный уровень «электромагнитной чистоты» с существенно более низким уровнем материальных затрат.

Весьма важным представляется вопрос наличия и качества различной измерительной оснастки. Это щупы, пробники, адаптеры и прочее. Во времена СССР данному вопросу не уделялось должное внимание. Приборы тех времен редко оперировали с малыми уровнями токов и напряжений, и уровень помех был значительно ниже. Сейчас ситуация такова, что недостатки оснастки могут не позволить реализовать потенциально возможные характеристики приборов. Что самое удивительное, этот вопрос упущен и у компаний, являющихся лидерами мирового производства средств измерений. В качестве примера на рис. 3 представлен измерительный кабель от RCL метра производства R&S. Отсутствие полной экранировки в совокупности с радиальным расположением



4

Измерительный кабель Кельвина из ЗИП-приборов производства Остек-Электро

контактов делает практически невозможным выполнение точных измерений малых величин индуктивностей, емкостей и сопротивлений. Это проявляется в том, что показания прибора меняются при повторных подключениях щупов.

Чтобы устранить эти недостатки, ООО «Остек-Электро» разработало и освоило в производстве тестовые зажимы с полной экранировкой и осевым расположением контактов. Измерительный кабель на их основе представлен на рис 4.

В некоторых случаях видимо целесообразна унификация средств подключения. В составе различных приборов возможно использование одинаковых щупов, кабелей и адаптеров. Это экономически выгодно и позволит повысить качество этих устройств. От них зависит точность измерения и иногда – в значительной мере. Как пример, на рис 5 представлены четырехзондовые измерительные головки TC_01_10_62.5 производства ООО «Остек-Электро». Они предназначены для использования в составе зондовой станции ИУС-7 для измерения поверхностного сопротивления. Точность измерения полностью зависит от того, насколько точно выдержаны расстояния между иглами. В аналогичных изделиях зарубежного производства стандартное расстояние между иглами 1,58 мм выдержано менее точно. Поэтому и пришлось разрабатывать свое собственное оборудование.

Есть еще одна сложность экономического характера. Дело в том, что разработка средств измерения с предельно достижимыми характеристиками весьма затруднена в условиях рыночного подхода к делу. Это обусловлено тем, что инвестиции в такие работы скорее всего быстро не окупятся. За-



5

Четырехзондовые измерительные головки TC_01_10_62.5

траты значительные, а приборы совсем не массового потребления. И даже при высокой цене изделия их количество незначительно. Можно, конечно, возразить: а как же происходит развитие в «цивилизованных» странах? Так оно и не происходит. Не нужно путать бурное развитие технологий потребительской электроники с действительно серьезными приборами.

Один из примеров в том, что практически во всем мире если встает вопрос о точном измерении напряжения или тока, то, как правило, используется вольтметр НР3458. Вся метрология – конечно, там, где она есть – на нем держится. Замечательный прибор и производится с 1988 года до сих пор. За 35 лет ничего нового? И это в такой области как электроника! Конечно, на рынке появлялись другие вольтметры на 8,5 разрядов, но всей совокупности характеристик его уровня никто не достиг. Желающих инвестировать в развитие не нашлось. ▮

Если мы отдаем себе отчет в том, что развитие средств измерения имеет стратегическое значение для страны, то оно должно опираться на соответствующие государственные программы. Рассчитывать на рыночные механизмы не стоит. Они не работают в областях стратегического и долгосрочного развития.

Российское качество должно стать брендом на мировом рынке



В ноябре 2022 года компания «Остек-Умные технологии» объявила о запуске новой линейки решений для построения производств радиоэлектронной отрасли FLEX.

В основе данной линейки – заранее проработанные решения, учитывающие мировые практики, российскую специфику и тенденции технологического развития с расчетом на длительный срок эксплуатации.

О том, что представляет собой линейка FLEX, какие задачи она призвана решить и почему в текущих условиях отечественным производствам необходимо ориентироваться на мировой уровень и повышать свою эффективность и конкурентоспособность, мы поговорили с генеральным директором ООО «Остек-Умные технологии» Евгением Борисовичем Липкиным.

Евгений Борисович, в этом году случилось достаточно серьезное изменение обстановки, в которой работает наша отрасль. Что вы можете сказать о том, в каком состоянии она сейчас? Какие задачи сейчас перед ней встали?

Действительно, появились новые задачи, связанные с тем, что многое из того, что мы импортировали, оказалось недоступно. Это факт. При этом надо признать, что на момент возникновения текущей ситуации отрасль еще не успела выйти на пик зрелости, готовности по тем задачам, которые стояли ранее. В итоге к старым задачам, еще не закрытым, добавились новые.

Предприятия оказались в той ситуации, когда надо в сжатые сроки решить комплекс задач, которые в эти сроки решить крайне сложно. То есть в каком-то смысле за три-четыре года необходимо пройти «программу средней школы», которая предполагает 10–11 лет.

Очевидных решений, лежащих на поверхности, конечно же, нет. Нужны некие нестандартные ходы. Отрасль нуждается в переосмыслении своего вектора развития с учетом максимально возможной неопределенности на внешнем контуре. Но примеры, когда за короткие сроки удавалось достичь качественного прорыва там, где этого никто не ожидал, существуют – в той же Юго-Восточной Азии.

В чем заключается это переосмысление вектора развития?

В той ситуации, в которой мы оказались, у нас возник существенный дефицит определенной аппаратуры – прежде всего вычислительной техники, телекоммуникационного оборудования и т. п., в том числе электронных средств для объектов критической информационной инфраструктуры. Это сложные изделия, и потребность в них настолько велика, что нам необходимо серийно, а может быть, и массово производить такую продукцию, причем эта продукция должна обладать высоким уровнем качества.

В нашей стране хорошо научились серийно изготавливать относительно простую аппаратуру и штучно – сложную. А с крупносерийным производством сложной аппаратуры у отечественных предприятий часто есть сложности. Поэтому сейчас первоочередная задача – обеспечить приемлемый уровень качества и повторяемости производства в условиях растущих объемов, построить серийные производства действительно мирового уровня.

Так что, я думаю, в текущей ситуации приоритет номер один заключается в том, чтобы системно заняться переходом от количества к качеству продукции. Говоря «системно», я в первую очередь имею в виду на уровне отрасли.

А приоритет номер два – перевод количества и качества в цену. Это должно пойти следом в некоторой обозримой перспективе. Научившись производить сложную аппаратуру качественно и в больших объемах, мы должны научиться делать это экономически эффективно, чтобы себестоимость продукции стала адекватной. Очевидно, на первых этапах достичь высокой эффективности вряд ли получится, но на горизонте трех-пяти лет нужно выходить на миро-



Е. Б. Липкин

вой уровень в том числе и по себестоимости производства, потому что без этого невозможно обеспечить конкурентоспособность.

Почему нам нужно создавать производства мирового уровня? Когда зарубежные бренды уходят с российского рынка, не оказывается ли, что конкурентоспособность становится не столь важна для отечественных производств?

Прежде всего, я хотел бы обозначить, что в данном контексте следует понимать под «производством мирового уровня». Это не гигантское производство, не огромная транснациональная компания и не фабрика, обладающая технологиями, находящимися на самом переднем крае. Здесь под словосочетанием «мировой уровень» я понимаю производственный бизнес, который в состоянии конкурировать на мировой арене – пусть даже в своем небольшом, нишевом, сегменте. Такое производство способно выпускать продукцию, с которой можно уверенно выходить на экспорт либо отстаивать внутренний российский рынок, конкурируя на нем с продукцией, импортируемой из других стран и регионов, без каких-либо значительных мер государственной поддержки.

Если смотреть глобально, конкуренция в производственном сегменте определяется конечным количеством критериев. Во-первых, это технологические возможности, то есть может ли предприятие производить определенные классы продукции, изделия определенной сложности с определенными характеристиками, соответствующими актуальным потребностям.

Причем в зависимости от сектора рынка, ресурсной базы, региона и т. п. требуемый уровень технологий может быть разным: в одном случае необходимо высокотехнологичное производство, а в другом – достаточно правильно организованной, но весьма «аскетичной» фабрики. То есть мировой уровень не обязательно означает, что на каждой операции должны быть самые современные станки и роботы.

Технологические возможности, уровень качества и цена должны быть увязаны в комплекс. Когда по всем трем основным измерениям удастся приблизиться к мировым аналогам, мы можем говорить о производстве мирового уровня

Второй критерий – это уровень качества. Здесь важно не достичь некоего эталонного уровня, а уметь гибко управлять уровнем качества и себестоимости так, чтобы обеспечить конкурентоспособность продукции по отношению к зарубежным аналогам. Качество и надежность для многих классов продукции являются очень значимыми факторами, и не обеспечив соответствующий их уровень, сложно рассчитывать на успех.

И в-третьих, конечно же, цена. Можно получить продукцию требуемого уровня сложности, функциональности, с нужными характеристиками, но цена окажется заоблачной. А клиенты так или иначе на цену смотрят, учитывают коммерческий аспект.

Все эти вещи – технологические возможности, уровень качества и цена – должны быть увязаны в комплекс. Когда по всем трем основным измерениям удастся приблизиться к мировым аналогам, мы можем говорить о производстве мирового уровня.

А что касается того, нужна ли конкурентоспособность как таковая в нынешней ситуации, то конкурентоспособность нужна всегда, потому что конкуренция никуда не уходила и никуда не уйдет. Конкуренты меняются, меняется природа, специфика конкуренции.

В любом случае конкурировать нам придется – в той или иной форме. Сложно найти примеры в истории мировой экономики, когда конкуренция на тех или иных рынках отсутствовала, да и те немногочисленные примеры, которые найдутся, как правило, относятся к коммерчески неинтересным рынкам. Наш же рынок весьма перспективный и привлекательный, и конечно, конкуренция здесь будет. У нас большая страна, необходимо обеспечивать связь между разрозненными городами на больших расстояниях, работу различных информационных сервисов от госуслуг до финтех, управлять энергосистемами...

Изменение формы конкуренции в новых условиях – это конкуренция с Востоком вместо конкуренции с Западом?

В общем и целом, да. Если мы рассматриваем нашу отрасль, то конкуренты у нас в основном снаружи.

Внутри страны мы как-нибудь разберемся. А вот с зарубежными производителями далеко не всегда удастся успешно конкурировать, если убрать меры поддержки и защиты отечественных производителей.

Меры протекционизма и финансовой поддержки, какие бы они ни были, – не панацея. Их нужно рассматривать как временную меру

Изолировать рынок, забетонировать границы мы не сможем. По крайней мере, это очень маловероятный сценарий, потому что он предполагает и отсутствие экспорта. Даже если речь идет об «абсолютно дружественных» странах, взаимодействие с ними – это всегда обмен, это дорога с двусторонним движением. Если мы хотим экспортировать свою продукцию, мы должны открывать границы для импорта. И как минимум по этой причине импорт и, как следствие, конкуренция с зарубежными производителями у нас будет в любом случае.

Действительно, раньше к нам шел импорт преимущественно из США и Европы, хотя и Китай в этом отношении был весьма активен, однако сейчас импорт из Китая вырос, отчасти замещая ту продукцию, которая перестала поставляться из стран Запада.

Но при этом речь идет об одних и тех же технологиях. Китайская промышленность – это не «вещь в себе», а в значительной степени порождение передовых технологических достижений Запада. Во-первых, изначально западные компании активно шли в Китай, строя свои предприятия и тем самым передавая знания, технологии, обучая персонал, выстраивая производство в этой стране. Во-вторых, большое количество граждан Китая приобрели научный и производственный опыт в разных странах мира, а потом, вернувшись в свою страну, стали применять его и делиться им. Так что география конкуренции поменялась, но ее технологическая основа осталась, по сути, той же.

Вы упомянули про государственную поддержку, но в том контексте, что нужно учиться конкурировать в ее отсутствие. Стоит ли это понимать так, что она тормозит процесс построения производств мирового уровня?

Ни в коем случае. Для того чтобы построить в сжатые сроки производства мирового уровня, конечно,

необходим широкий комплекс системных отраслевых мер поддержки. Мировая практика показывает, что в той же Юго-Восточной Азии, которую я приводил в качестве примера успешной реализации подобной задачи, всё опиралось на меры поддержки. Но они были комплексные, и нам необходим также большой комплекс мероприятий.

Однако меры протекционизма и финансовой поддержки, какие бы они ни были, – не панацея. Их нужно рассматривать как временную меру, а на длинной дистанции делать на них ставку как на 100%-ный рецепт выживания бизнеса нельзя.

Технологический суверенитет, к которому мы стремимся, предполагает в том числе жизнеспособность отрасли и ее готовность развиваться. Если мы создадим предприятие, которое жизнеспособно только в тепличных условиях, что произойдет, когда теплица рухнет и это предприятие столкнется с жестоким миром реальной конкуренции, – неизвестно. Есть много примеров, когда слишком большая надежда на инструменты поддержки приводила к фиаско.

Так что необходимо думать о том, как системно поддержать игроков рынка в вопросе обеспечения их полноценной конкурентоспособности как на внутреннем, так и на мировом рынке, но в конечном итоге нам нужна сильная отрасль, а сильной она будет, только если она в состоянии сама себя обеспечить. Если работа отрасли приносит ее игрокам прибыль, то средства из этой прибыли идут на развитие. Это привлекает новых игроков и новых инвесторов. В результате запускается самоподдерживающийся процесс. А дотационная отрасль не может быть сильной. На государственном финансировании долго продержаться невозможно. В неинтересные, не приносящие прибыль рынки никто вкладываться не будет.

Кроме того, если мы с самого начала не будем уделять внимание качеству и себестоимости продукции, готовить платформу для того, чтобы наши производства пусть не сразу, но стали эффективными, скорее всего, у конкурента в определенный момент возникнет возможность перебить нас по цене – даже с учетом всех преференций и других механизмов, которые призваны защищать нас на рынке. Когда разница в себестоимости большая – а такое вполне вероятно, когда наш конкурент построил эффективное производство, а мы нет – это открывает возможность нивелировать практически любые меры поддержки.

На ваш взгляд, какие меры поддержки наиболее актуальны сейчас, на первом этапе?

Как показывает мировая практика, чтобы добиться требуемого результата, необходимы в первую очередь две вещи: ресурсы и мотивация играть в долгую. Проекты, о которых мы говорим, требуют долгосрочных инвестиций, их срок окупаемости

достаточно большой. А с мотивацией вкладываться на длительный период у нас существуют определенные проблемы. Целевые сроки окупаемости, которые могут позволить себе отечественные компании, как правило, не столь велики.

Рассмотрим такой пример: на столе лежит проект со сроком окупаемости, допустим, семь лет, а целевой срок окупаемости – три года. Что нужно предпринять, чтобы такой проект запустился и был реализован? Возможно два варианта.

Первый вариант – когда владельцы предприятия берут на себя риски, связанные с длительным сроком возврата инвестиций и ввязываются в борьбу. Это в хорошем смысле авантюризм, который в современной истории часто стоял у истоков крайне успешных мировых компаний, хорошо всем известных. Но нужно понимать, что это срывает не всегда. Существует систематическая ошибка выжившего: случаи, когда это приводило к провалу, не столь широко известны, и потому ощущение, что такой авантюризм всегда вознаграждается, – ложное. Примеры, когда этот вариант работает и в нашей отечественной отрасли, есть, но здравомыслящие люди адекватно оценивают риски и идут по такому пути не так часто, как это нужно, чтобы поднять отрасль в целом.

Второй вариант – покрыть дельту в сроке окупаемости, скажем, в четыре года с помощью мер поддержки финансового характера, таких как субсидии или льготное кредитование. Это значительно облегчает задачу, и, судя по всему, те меры, которые уже работают, помогают в этом вопросе. В последнее время наблюдается положительный тренд в этой области.

Частный бизнес всё больше инвестирует в крупные амбициозные инвестпроекты с приличным горизонтом планирования и глубокой научно-технической проработкой. Я вижу, исходя из собственного опыта, диалога со многими организациями отрасли, что мотивация работать в долгую растет. Но пока это отдельные ручейки, а чтобы они превратились в большую полноводную реку, конечно, нужен комплекс мероприятий, позволяющий быть уверенным, что успех проекта не зависит от тех или иных случайных факторов.

Еще раз подчеркну, что меры должны быть комплексными. Это касается не только вопросов поддержки в плане финансов – субсидирования, льготного кредитования и т. д., что, в принципе, уже есть. Это также касается мер, связанных с научно-образовательными аспектами технологического развития. На сегодняшний день действительно существует дефицит компетенций, и его далеко не каждое предприятие может восполнить своими силами. Количество квалифицированных кадров в отрасли ограничено, а специалистов, которые имеют опыт работы на зарубежных предприятиях, чью продукцию надо так или иначе воспроизвести и импортозаместить, вообще единицы.

Здесь, наверное, помогла бы работа по консолидации пусть даже фрагментарных знаний, которые сейчас есть в отрасли, по аккумуляции и распространению этих знаний

на отраслевых игроках. Это серьезная образовательная работа. На сегодняшний день она, насколько мне известно, системно не ведется.

У нашей компании есть отдельные инициативы в плане поддержки заказчиков по расширению их кругозора, технологической поддержке и освещению лучших мировых практик по организации производства и обеспечению качества, но, очевидно, только наших усилий будет недостаточно. Конечно, такого рода вещи было бы полезно решать на отраслевом уровне.

Чтобы добиться требуемого результата, необходимы ресурсы и мотивация играть в долгую

А что касается ресурсов, оборудования и программного обеспечения – это вопрос решаемый. С моей точки зрения, именно научно-образовательный аспект, подготовка кадров – определяющий вопрос в обеспечении технологического суверенитета. В мире огромное количество государств, у которых более чем достаточно финансовых ресурсов на покупку станков, но при этом эти страны не совершают прорыва в высокотехнологичных отраслях. А другие страны совершают. Что может быть причиной этого? Скорее всего, в основе таких прорывов всё же люди, которые используют станки, софт и т. п. как инструменты.

В последнее время стали высказываться мнения о необходимости внедрения элементов плановой экономики вплоть до создания «Госплана 2.0». Могло бы это помочь в этой «игре в долгую»?

Не знаком с деталями данной деятельности, но где-то мы уже это проходили. Думаю, стоит проанализировать прежний опыт. Плановая экономика несет определенные риски и при определенных сценариях ее построения может убить конкурентоспособность на корню. Чем будет мотивировано предприятие на обеспечение конкурентного уровня качества, если приоритетная задача – выполнить план по объему производства?

Наверное, если учесть предыдущий опыт и выявить слабые места, мы сможем использовать инструменты плановой экономики, избегая риска потери конкурентоспособности и мотивации предприятий к комплексному самосовершенствованию.

Серийное производство – это в первую очередь система. Это машина, которая работает очень четко, гарантированно дает нужный результат

Выбор между плановой и рыночной экономикой не имеет очевидного решения, так как в чистом виде ни одна из моделей нигде не применяется. Везде есть некий «микс», позволяющий получить нужный эффект в нужных сегментах. С одной стороны, конкуренция позволяет выстроить эффективный бизнес и стимулировать развитие, но с другой – рынок в период его восстановления необходимо защищать и обеспечивать определенные гарантии объемов сбыта.

У нас ушло много лет на то, чтобы выросло сообщество предприятий, руководителей, которые готовы с огнем в глазах биться за рынок, выводить на него продукты, развивать бизнес. Всё это потерять не хотелось бы.

Вы сказали, что первоочередной задачей сейчас является переход от количества к качеству продукции. Но распространенным мнением является то, что сильной стороной российской промышленности исторически были как раз сложные изделия, уникальные, которые отличались в том числе и высоким качеством. В связи с этим, в чем причина такой актуальности вопроса качества?

За последнее время у нас в стране хорошо научились производить относительно несложную продукцию серийно. Что касается сложной продукции, это, как правило, мелкосерийное производство или даже опытное. Кроме того, лучше всего развивались те сегменты рынка, которые были избавлены от прямой конкуренции с импортом, а остальное успешно импортировалось. Это в определенной степени избавляло отечественные компании от борьбы за эффективность, технологичность и качество мирового уровня, так как достаточно было быть немного лучше отечественных коллег по отрасли. Следствием такой практики стало то, что многие направления, влияющие на возможности производства, не получили должного развития. Проблема не была в фокусе внимания, поскольку отрасль росла и финансовые индикаторы радовали глаз.

Сейчас, в условиях новых реалий, как я уже отмечал, возникли задачи серийного производства достаточно сложной продукции. Если говорить о причинах актуальности вопроса ее качества в этих обстоятельствах, то здесь, наверное, корень лежит в специфике наших производств. Те производства, которые занимались сложной продукцией, как правило, были «человекоцентричные», где значительная доля ответственности за технологию, качество, организацию производственного процесса была доверена людям.

На производстве работало ограниченное количество людей, но сверхвысокой квалификации – кандидаты и даже доктора наук. И роль человека была высока: изделие сложное, серийность отсутствовала, формализации техпроцессов практически не было, и человек «колдовал» с этими изделиями, что-то подправляя и корректируя в зависимости от ситуации.

Когда мы говорим про серийное производство, такой подход не работает, потому что сверхквалифицированных людей много быть не может, это всегда ограниченный контингент. Соответственно, начинает возникать проблема неравномерного уровня квалификации персонала, и качество начинает зависеть от того, в чью смену собиралась конкретная партия.

Серийное производство – это в первую очередь система. Это машина, которая работает очень четко, гарантированно дает нужный результат в плане качества, срока выпуска продукции, трудозатрат, себестоимости и т. д. И здесь возникает ситуация, в которой нам надо несколько поменять свою психологию, изменить подход к роли человека на производстве.

В серийном производстве человек – это важный элемент, но его роль и возможность «креатива» существенно ограничены. Нам повезло, что в нашей стране живут очень изобретательные люди. Часто благодаря их производственному героизму удается решать весьма нетривиальные задачи. Но сейчас важно людей обучить новым подходам, дать ресурсы и поставить правильные задачи в контексте современной организации производств. Большинство успешных серийных производств в мире представляют собой хорошо выстроенные процессы, четко формализованные, с инструкциями, регламентами, стандартами, операционными картами и при этом огромным количеством средств, которые помогают подстраховать человека, минимизировав его ошибку и влияние на общий итоговый результат. И в центре этого производства не человек, а система, а чаще всего – оцифрованная система.

Можно сказать, что цифровые технологии – фундамент серийного производства. Прозрачность, аналитика, управление качеством, предупреждение человеческой ошибки – всё это опирается на цифровые инструменты. Если мы говорим о выстраивании системы, которой можно доверять, то без автоматизации и цифровизации обойтись невозможно. Точнее, я бы сказал так: без определенной степени автоматизации и цифровой зрелости предприятия не получится преодолеть определенный порог сложности изделий, производимых на конкурентном уровне с точки зрения качества и цены.

Говоря об обеспечении высокого качества и в целом о построении производств мирового уровня, следует затронуть еще один вопрос. Это применение лучших мировых практик, отраженных в международных стандартах. В этих документах за сухими формулировками стоят чьи-то ошибки и проблемы, для которых было найдено системное решение по их предупреждению в будущем. Этот опыт надо использовать.

Мы недавно проводили оценку соответствия организации отечественных сборочно-монтажных производств радиоэлектронной аппаратуры стандартам IPC. Если применительно к простой продукции всё

не так плохо, прежде всего потому что требования стандартов в этом сегменте не очень жесткие и соответствие им не так критично, то в отношении продукции из среднего и верхнего сегментов сложности видны системные недоработки. Скажем так: нам есть над чем работать.

Можно привести такой пример. У нас порой оборудованию для поверхностного монтажа уделяют несравнимо больше внимания, чем организации складского хранения и учета комплектации, хотя с точки зрения влияния на качество производимой продукции и в целом на эффективность производства организация складского хранения комплектации не менее, а иногда и более значима, чем сборочные операции. Требования к хранению компонентов и печатных плат описаны в стандартах IPC, но многие эти требования игнорируют или не слышали об их существовании.

Когда мы говорим про производства мирового уровня, про их конкурентоспособность, нужно смотреть на реальных конкурентов и отталкиваться от лучших мировых практик, чтобы быть как минимум не хуже, а в идеале – лучше ведущих игроков рынка.

Концепция FLEX заключается в том, чтобы предложить предприятиям современное продуманное решение, которое соответствует лучшим мировым практикам, учитывает российский опыт и в то же время обладает адекватной ценой

Ваша компания недавно представила такое решение – даже можно, наверное, назвать это концепцией – как FLEX. Это ответ на изменившуюся обстановку, на новые технологические вызовы или на те ограничения, которые возникли в работе с западными компаниями?

По всем вопросам – да. В наши непростые времена мы попытались решить следующее противоречие: с одной стороны, надо поднять уровень качества производства, а с другой – оптимизировать инвестиции. Предприятия сейчас испытывают определенную финансовую нагрузку и вынуждены по крайней мере жестче контролировать бюджеты, которые можно выделить на приобретение оборудования. Наша концепция заключается в том, чтобы предложить предприятиям современное продуманное решение, которое соответствует лучшим мировым практикам, учитывает российский опыт и в то же время обладает адекватной ценой. Мы это формулируем так: «Когда нет ничего лишнего, но точно есть всё нужное».

У нас есть дорожная карта по выводу решений FLEX на рынок. Часть из этих решений требует достаточно серьезной проработки вплоть до создания определенных элементов. Но уже сегодня по решениям, которые мы вывели на рынок и активно обсуждаем с потенциальными заказчиками, можно уверенно сказать, что задача, которую мы поставили перед собой, решена: в рамках достаточно приемлемого бюджета предприятия получают комплексные решения, учитывающие все важные аспекты.

Что представляют собой решения FLEX? Это некие конфигурации линий?

FLEX – это несколько комплексных технологических решений, часть из которых уже анонсирована, часть – в проработке. Первыми мы вывели на рынок два решения: комплекс для поверхностного монтажа и комплекс для селективной пайки компонентов, монтируемых в отверстия. Семейство решений FLEX развивается. И главное – это всё про комплексный подход, про решения с глубокой степенью проработки, в которых мы учли текущую мировую практику, отраслевые тенденции, стандарты, которые применимы к конкретным решениям, и наш опыт по реализации проектов, их историю сопровождения, полученную обратную связь от заказчиков.

Здесь во главе угла – передовое оборудование в хорошо продуманной конфигурации, учитывающей то, что оно будет эксплуатироваться десять и более лет.

В решениях FLEX мы в определенной степени лишаем заказчика возможности ошибки, взяв на себя ответственность за конфигурацию

Я много раз в своей практике сталкивался с тем, что заказчики настолько увлекались оптимизацией цены контракта, что вычеркивали многие важные опции, при этом не принимая во внимание срок эксплуатации такого оборудования, а опираясь в основном на текущие, краткосрочные или среднесрочные потребности. Цена становилась красивой, бесспорно. Но через несколько лет, когда появлялись новые изделия и новые задачи, последствия такой оптимизации давали о себе знать. Ведь есть системы, функционал которых невозможно расширить или изменить. Невозможно, например, увеличить длину печи и изменить многие другие возможности оборудования. В результате забытая или вычеркнутая опция, допустим, за 5 тыс. евро может потом привести к необходимости замены оборудования на сумму 150 тыс. евро.

В решениях FLEX мы в определенной степени лишаем заказчика возможности ошибки. Мы решили немно-

го отойти в сторону от традиционного подхода Остека, когда при конфигурировании линии выполняется глубокая предварительная проработка с заказчиком, обсуждается буквально каждая опция. Здесь другая логика. Мы заранее проработали эти решения, взяв на себя ответственность за конфигурацию.

Мы промоделировали возможные сценарии развития технологий, в том числе опираясь на историю наших отношений с заказчиками и жизненный цикл сотен реализованных проектов. Наши решения продуманы на несколько шагов вперед таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность ошибки в обе стороны – ведь ошибиться можно как вычеркнув нужное, так и добавив лишнее.

То есть это «каталожные решения»? Заказчик принимает их такими, какие они есть, без возможности изменений?

Да, это «готовые» решения, к которым предусмотрен набор возможных опций. С учетом специфики проекта могут быть те ли иные вариации, но стартовая конфигурация достаточно глубоко проработана, и практически каждая опция, каждая строчка, каждый пункт – это продукт анализа проектов, которые у нас были в прошлом. Главная идея FLEX в том, что эти решения должны быть применимы для большинства предприятий отрасли.

И конечно, что касается технической поддержки, в состав каждого решения включен комплекс услуг и мероприятий, которые помогут заказчику его эффективно внедрить и успешно эксплуатировать в течение многих лет.

Ваша компания разработала такие средства цифровизации производств, как «Умная линия» и «Умное рабочее место». Комплексы внедрены на десятках предприятий. Использовался ли данный опыт в решениях FLEX?

Безусловно, важным элементом решений FLEX является цифровая компонента, то есть программное обеспечение, которое обвязано вокруг технологии, что дает в зависимости от конкретного решения и прозрачность, и элемент защиты от ошибок, и возможности по повышению эффективности.

Мы очень рассчитываем, что решения FLEX помогут широкому кругу игроков рынка повысить уровень производства, эффективность и качество в рамках адекватных бюджетов и в конечном счете решить задачу создания отечественных производств мирового уровня.

У многих стран промышленность характеризуется какими-то особыми чертами, какими-то ассоциациями. Есть итальянский дизайн, немецкое качество, японская точность. Мы работаем над тем, чтобы российское качество стало таким же мировым брендом.

Спасибо за интересный рассказ.

С. Е. Б. Липкиным беседовал Ю. С. Ковалевский



Мы хотим стать для российских заказчиков компанией, которой они больше всего доверяют



ViTrox Technologies – один из мировых лидеров в области оборудования автоматической инспекции, применяемого в производстве электроники, в том числе при сборке печатных узлов. За без малого четверть века своего существования компания представила рынку множество высокотехнологичных решений, которые с успехом применяются, в частности, на предприятиях ведущих мировых контрактных производителей. Оборудование ViTrox нацелено на автоматизацию как подготовки производства, так и самих технологических процессов с тем, чтобы повысить производительность, качество, повторяемость и максимально исключить влияние на результат человеческого фактора.

В прошлом году компания вышла на российский рынок. О ее истории создания, достижениях и приоритетах, о новых решениях и о том, каких результатов уже удалось достичь на российском рынке и какие задачи она ставит перед собой на ближайшее время, нам рассказал менеджер по развитию регионального бизнеса направления сборки печатных плат ViTrox Technologies Sdn Bhd Фахми Хэлми (Fahmi Helmi).



Ф. Хэлми (F. Helmi)

Господин Хэлми, расскажите, пожалуйста, как была создана компания ViTroх и на каком направлении сфокусирована ее деятельность?

Компания была зарегистрирована в 2000 году. Создали ее два человека – собственно, ее нынешний руководитель, президент и исполнительный директор Чу Джен Вэн (Chu Jenn Weng) и его партнер Стефен Сиау Ко Тон (Steven Siaw Kok Tong). Они учились в одном университете, а после работали вместе в структуре Hewlett-Packard и подразделении компании Agilent, которое занималось системами машинного зрения. Однажды господин Чу посетил тот самый гараж, с которого начиналась история компании Hewlett-Packard и Кремниевой долины в целом. Этот визит произвел на него большое впечатление и вдохновил к созданию собственной компании в Малайзии.

В 2000 году сложились удачные для этого обстоятельства, компания была создана, и началась история развития бизнеса ViTroх. Сначала компания занималась системами машинного зрения для полупроводникового производства, а первая система для инспекции печатных плат, собранных по технологии поверхностного монтажа, разработанная ViTroх, была выпущена на рынок в 2009 году.

Сегмент поверхностного монтажа был новым для нашей компании, тем не менее уже первые прототипы систем оптической и рентгеновской инспекции привлекли внимание крупных заказчиков, преимущественно глобальных контрактных производителей, таких как Jabil, Sanmina и др. У нас установились хорошие отношения, и мы продолжаем работать с ними по сей день. С тех пор прошло много лет, у нас появились новые разработки, такие как системы инспекции нанесения паяльной пасты (SPI, АИП), роботизированные системы; мы выпустили на рынок множество усовершенствованных моделей инспекционного оборудования; нами было разработано

программное обеспечение для производственных задач, в частности такая система, как V-One – единственное ПО, позволяющее осуществлять обмен данными и обеспечивающее взаимодействие между нашими системами и другим технологическим оборудованием в SMT-линии.

Думаю, сейчас решения ViTroх применяются всеми крупнейшими мировыми контрактными производителями.

Как вам удалось заинтересовать крупных контрактных производителей на таком конкурентном рынке, как рынок АОИ? Какие преимущества ваших систем помогли это сделать?

Главная характеристика инспекционного оборудования, на которую обращают внимание контрактные производители, – само собой, помимо качества инспекции – это скорость. Скорость во всем: и в подготовке программ, и в выполнении самой инспекции изделий.

Монтаж компонентов на печатные платы сегодня выполняется очень быстро, современные установщики – это очень высокопроизводительное оборудование, а в линии их может быть несколько штук. Таким образом, системы инспекции, время цикла которых исторически было сравнительно длительным, могут сильно повлиять на производительность всей линии.

Поэтому мы сосредоточены на том, чтобы наши системы были способны находить все дефекты, образовавшиеся в процессе изготовления изделия, за возможно короткое время. Решение этой задачи в большой степени зависит от качества программирования и настройки системы инспекции.

Вообще говоря, программирование инспекционного оборудования – это наиболее критичный момент. После того, как система установлена у заказчика и отлажена, создание программ для инспекции новых изделий, запускаемых в производство, ложится на плечи персонала данного предприятия. Помимо того, что программа должна быть составлена, она должна быть проверена и отлажена: первые несколько изделий партии необходимо проверить вручную, чтобы убедиться, что и система инспекции, и остальное оборудование в линии работают правильно. И если весь этот процесс программирования и отладки занимает, например, десять часов, это недопустимые потери времени для производителя.

Преимуществом наших систем является как раз то, что составление программ для них занимает немного времени и при этом обеспечивается качество инспекции, позволяющее за короткий цикл выявить практически все дефекты с минимальным процентом пропуска. Мы постоянно работаем над улучшением параметров качества и скорости инспекции. Так, сейчас мы начали применять во всех наших системах методы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения. Это очень полезные инструменты, потому что они позволяют системам обучаться самостоятельно, что сильно

упрощает программирование систем и в целом работу с ними, а также обеспечивает возможность быстрее выполнять инспекцию.

Скорость – это первоочередной, но не единственный параметр, который важен для заказчиков. Мы также постоянно работаем над тем, чтобы получить как можно больше информации из захватываемых изображений с целью повышения качества распознавания дефектов. Если мы говорим про инспекцию пасты, это оборудование имеет дело с отпечатками, геометрия которых не столь сложна, и захват и обработка изображений в таких системах примерно одинаковые для разных контактных площадок. Если же речь идет о системе инспекции плат после пайки, там всё гораздо сложнее. Чтобы выявлять дефекты паяных соединений, такие как недостаточное смачивание боковых контактных поверхностей компонента, например, чип-резистора или конденсатора, недопустимое количество припоя под его нижними контактными поверхностями и т. п., изображения, полученного верхней камерой, недостаточно, даже если применяются те или иные методы определения высоты галтели. В нашей системе 3D-АОИ V510i 4.0 используется в том числе камера бокового обзора, что позволяет ей «видеть» профиль галтели и строить 3D-модель паяного соединения, выявляя различные дефекты как пайки, так и самого компонента, скрытые для обзора сверху.

Еще одно важное преимущество наших систем заключается в том, что мы уделяем большое внимание простоте локализации места дефекта на самой плате по его изображению, получаемому от системы инспекции. Это касается всех типов систем, но в первую очередь – рентгеновской инспекции, потому что изображения, полученные оптическими системами – по сути, фотографии платы, и понять, где расположена та или иная область на физическом изделии, не так сложно. Но когда речь идет о рентгеновском снимке, нужно обладать определенной квалификацией, чтобы понимать, что на нем изображено и где это находится в реальном изделии. Просто подумайте, узнали бы вы кисть собственной руки по ее рентгеновскому снимку? Вероятно, это было бы для вас не так просто, если вы не врач.

При применении наших систем, в том числе автоматической рентгеновской инспекции, оператор получает большое количество информации о дефекте, индикаторов, благодаря которым он может легко найти это место на плате и ему проще принять решение, является ли данное состояние реальным дефектом, должно ли быть изделие отбраковано, или его можно исправить и т. п. При этом требуется лишь минимальная подготовка оператора. Например, при рентгеновской инспекции система выдает в том числе индикаторы, помогающие распознать такие дефекты, как «голова на подушке», отсутствующий вывод при монтаже запрессовкой (press-fit), недостаточное количество припоя в соединении компонента BGA и т. п. Это сильно упрощает работу

оператора, потому что такие дефекты являются скрытыми и не могут быть обнаружены невооруженным глазом.

В дополнение ко всему перечисленному, преимуществом наших инспекционных систем, как оптических, так и рентгеновских, является то, что они в полной мере оправдывают название «автоматические». Они выполняют инспекцию на лету без какого-либо вмешательства оператора. Это очень важно не только с точки зрения скорости работы установки и, как следствие, увеличения производительности линии в целом, но и для повышения качества и повторяемости результатов, исключения влияния человеческого фактора.

Вы сказали, что в системах инспекции ViTroх применяется искусственный интеллект. Расскажите, пожалуйста, подробнее об этом. Насколько ИИ в данных системах способен сам принимать решения? На чем основано обучение самого ИИ?

В настоящий момент искусственный интеллект применяется по-разному в наших инспекционных системах. В рентгеновских установках он используется преимущественно на рабочих местах контроля и ремонта, где оператор принимает решение по каждому обнаруженному дефекту и при необходимости его исправляет. Здесь искусственный интеллект помогает оператору именно в том, чтобы принять правильное решение, верно квалифицировать состояние.

В системах же оптической инспекции нанесения пасты и собранных плат искусственный интеллект вовлечен в программирование установки. По большей части он обучен на значительном количестве уже существующих программ. Например, если есть ряд программ, включающих корпус D-Pack, мы стараемся объединить их вместе с помощью ИИ, создав таким образом некий эталон, точку отсчета для последующего программирования инспекции плат с данным корпусом. Также в наших системах учтены требования стандартов IPC для разных классов продукции, поскольку они содержат критерии приемлемости для монтажа большинства применяемых в промышленности корпусов компонентов, и практически все производители используют данные стандарты в своей работе. Здесь искусственный интеллект применяется в том числе для того, чтобы автоматически определить тип компонента с точки зрения применимых требований IPC, на основе которых уже будет выполняться контроль качества монтажа.

В линейке продукции ViTroх есть роботизированные системы инспекции. Как возникла идея объединить робот-манипулятор с АОИ и что это дает?

Эти решения мы называем ARV – Automated Robotic Vision (роботизированное автоматическое зрение). Это один из наиболее успешных типов оборудования, разработанного нашей компанией.

Как вы заметили ранее, рынок автоматической инспекции очень конкурентный. Может быть, это в меньшей степени относится к рентгеновской инспекции, потому что в этом секторе, пожалуй, три лидера, и наша компания – один из них, а производителей АОИ достаточно много. В определенный момент мы задумались, что можно сделать, чтобы предоставить больше возможностей заказчику. Так возникла идея создать установку, которая могла бы выполнять инспекцию на различных операциях производственного процесса, которая была бы способна забрать изделие после одной операции, проинспектировать его и передать далее. И сделать это плавно, стабильно, чтобы производитель мог быть уверен, что изделие не будет повреждено.

Таким образом появилась наша первая установка инспекции с манипулятором. Мы начали ее продвижение на рынке, стали показывать ее на выставках и получили ряд отзывов, которые показали высокий интерес к данному решению: многие говорили, что это очень полезная установка. Однако отзывы также продемонстрировали опасение, что эта установка небезопасна, потому что рядом с ней работают люди, и манипулятор может нанести им травму. Тогда мы сделали защитный кожух, который устранял данную опасность.

В новых установках V9i кожуха нет, но там используется коллаборативный робот (кобот), который может безопасно работать рядом с человеком: если человек коснется к манипулятору, робот немедленно прекратит всякое движение.

Что касается области применения данных решений, она очень широкая. Системы ARV очень полезны для финальной инспекции готовых изделий. У нас есть установки, оптимизированные под финальную инспекцию разных видов продукции, например твердотельных накопителей. Система V9i CI предназначена для контроля качества нанесения и толщины влагозащитного покрытия, что позволяет исключить присутствие человека в помещении, где ведется работа с материалами, которые могут быть вредны для здоровья. Также есть универсальная установка V9i FI, ориентированная на контроль операций финальной сборки и нестандартные инспекционные задачи. По сути, такая система может контролировать любое изделие, которое помещается на ее столе и которое может переместить ее манипулятор.

За это решение ваша компания получила премию Global Technology Award на выставке Productronica?

Это не единственное решение ViTroх, которое было отмечено данной премией. Наша компания несколько раз получала эту награду и неоднократно становилась лауреатом других отраслевых премий. Это потому, что наша философия заключается в том,

чтобы выпускать новые решения и усовершенствованные системы с новыми возможностями как минимум каждые шесть месяцев. А выпуская такие новинки, мы стараемся их сразу же представить рынку по всему миру. Поэтому мы всегда представляем их на различных выставках и стараемся получить обратную связь от заказчиков – насколько это решение будет им полезно, насколько оно соответствует их ожиданиям и современным требованиям.

Но в 2021 году премия Global Technology Award действительно была присуждена нам за роботизированную систему V9i. И это было очень хорошо и полезно для нас, потому что мы получили большое количество отзывов об этой системе и запросов на нее.

На той выставке мы представили систему для финального контроля, которая позволяет выполнять оптическую инспекцию под любым углом, а также новое ПО с очень дружелюбным интерфейсом и возможностью быстрого создания и отладки программ инспекции, буквально за час-два. Причем эта установка позволяет создавать программы по эталонному образцу без использования данных САПР, что является одним из ее ключевых преимуществ.

Вы начали работать с компанией Остек-СМТ в прошлом году. Как вы познакомились и почему вы выбрали в качестве партнера в России именно эту компанию?

Наша компания всегда находится в поисках возможностей для выхода на новые рынки. В российском рынке мы давно видели потенциал, но выйти на него нам было сложно, потому что мы в России никого не знали.

Впервые мы познакомились с представителями компании Остек-СМТ в 2019 году. С этого момента мы провели ряд обсуждений о возможности сотрудничества, но, к сожалению, случилась пандемия COVID-19, и на некоторое время нам пришлось отложить дальнейшие шаги. К данному вопросу мы вернулись в 2022 году, когда представители Остек-СМТ приехали в наш офис в Малайзии. К этому моменту мы уже изучили по информации от наших партнеров и в Интернете, что представляет собой данная компания, и сделали вывод, что это крупнейший поставщик технологического оборудования в России с очень хорошей репутацией, что данная компания обладает большим опытом и обеспечивает сильную техническую поддержку своих заказчиков. Поэтому в прошлом году у нас уже не оставалось никаких сомнений, что мы должны попробовать работать с Остек-СМТ.

Изначально я предполагал, что с момента подписания контракта до первого запроса на поставку оборудования пройдет порядка года, но это случилось менее чем за шесть месяцев, что очень сильно впечатлило меня. Ни одному нашему партнеру ранее такое не удавалось.

Компания оказалась очень активной. Мы каждую неделю проводим совещания, корректируем планы, и от Остек-СМТ поступают всё новые и новые запросы на поставку оборудования. За прошедшее время мы вместе уже реализовали несколько комплексных проектов, включающих более десятка наших установок, в которых также применяется наше программное обеспечение для повышения качества и эффективности производства.

Должен сказать, что Остек-СМТ – один из лучших дистрибьюторов, с которыми мне приходилось работать, и сейчас, когда я оцениваю потенциальных партнеров на новых для нас рынках, я всегда сравниваю их с данной компанией – она стала для меня своего рода «эталоном».

Каковы ваши дальнейшие планы по работе на российском рынке? Какие задачи вы ставите для себя на ближайшую перспективу?

Я вижу в российском рынке производства электроники большой потенциал роста, поскольку перед ним стоит задача создавать собственную, независимую продукцию. У нас был подобный опыт в работе с Китаем, который также наращивал собственное производство, и этот опыт был очень успешным. Мы планируем применить накопленный опыт для под-

держки российских заказчиков в решении задач повышения уровня качества их продукции и эффективности производства.

Конечно, для нас важно сделать бренд ViTroх узнаваемым в России. Мы будем стремиться к тому, чтобы все российские производители электроники знали о нас, о наших разработках, о том, как мы поддерживаем заказчиков, чтобы они получили возможность использовать для своего развития наши решения, наши передовые технологии.

У нас в компании есть пять фундаментальных принципов, которых придерживается каждый сотрудник и вся компания в целом. Мы их называем I. A. C. T. G. – Integrity, Accountability, Courage, Trust and respect, Gratitude and care (добросовестность, ответственность, мужество, доверие и уважение, благодарность и забота). И наша задача – как на ближайшую перспективу, так и в дальнейшем – заключается в том, чтобы производители электроники в вашей стране почувствовали, как это работает, ощутили нашу заботу и готовность помогать решать самые сложные вопросы и достигать самых амбициозных целей. Мы хотим стать для российских заказчиков компанией, которой они больше всего доверяют.

Спасибо за интересный рассказ
С. Ф. Хэлми беседовал Ю. Ковалевский

Экспресс-анализ металлов и сплавов

для радиоэлектронной промышленности

Текст: Сергей Максимов

”

Ежегодно радиоэлектронная промышленность закупает сотни тон металла, и при поставке сырья часто возникают проблемы в виде пересортицы или несоответствия по химическому составу. Пересортица металла является меньшей из бед в отличие от несоответствия химического состава, что может критично сказаться на конечном продукте. В статье мы рассмотрим приборы компании Arun Technology для проведения входного контроля металлов и сплавов.



1 Лазерный искровой эмиссионный спектрометр



2 LIBS Termo Fisher



3 LIBS SciAps

Применение данного метода относят к современным лазерным технологиям. Принцип действия прибора заключается в получении плазмы, которая служит источником возбуждения частиц, а также источником эмиссии, благодаря чему мы получаем аналитический сигнал в виде интенсивности испускания атомных и ионных линий по длине волны. Опираясь на эти данные, прибор (рис 1) в автоматическом режиме показывает подробный химический анализ в процентном содержании.

Calibus от компании Arun Technology может работать практически с любыми металлическими основами, такими как: железо (Fe), алюминий (Al), медь (Cu), никель (Ni), магний (Mg), титан (Ti), цинк (Zn), кобальт (Co), свинец (Pb), олово (Sn). Такой широкий диапазон делает прибор универсальным инструментом для входного контроля при приёмке металла. Помимо проведения входного контроля, он позволяет выполнять сортировку в случае пересортицы сырья на складе.

Технические характеристики Calibus сопоставимы с классическими стационарными приборами (Т 1).

Прибор имеет аргоновую систему как и классические оптико-эмиссионные спектрометры. Такое решение дает возможность с высокой точностью определять легкие элементы, на которые сильное влияние оказывает воздушная среда. Использование инертного газа аргона в анализе позволяет проводить входной контроль и сортировку сплавов на железной основе по углероду (Т 2).

Работа в аргоновой среде значительно повышает качество анализа и точность при работе с легкими элементами и исключает влияние воздушной среды. Конечно, пределы обнаружения легких элементов сильно отличаются от стационарных приборов, но в данном случае также важна портативность.

Calibus по своей эргономике и практичности – уникальный спектрометр (рис 2 и 3). Он является управляемым в отличие от приборов других производителей, которые в аргоновой системе используют сменные баллончики. Компания-разработчик, соз-

Т 1

Технические характеристики Calibus

Источник излучения	Импульсный полупроводниковый лазер <ul style="list-style-type: none"> Частота 50 Гц Длина волны 1064 нм
Приёмник излучения(детектор)	CMOS(КМОП) <ul style="list-style-type: none"> Диапазон длин волн 190–800 нм Количество оптических ячеек – 3
Рабочая температура	0–+40 °С
Рабочая влажность	20–95 %
Вес	2 кг
Габариты (Ш x Д x В)	92 x 295 x 245 мм
Операционная система	Android
Аргоновая система	Заправляемая. Аргон 99,99 %, давление на выходе не более 500 фунтов на квадратный дюйм
Время анализа	От 1 сек.
Влагозащита	IP56
Дисплей	5", цветной, сенсорный
IEC	IEC61000-4-2, IEC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-11
Диапазон измерения	От Li до U, кроме N, O, F, Ne, P, S, Cl,
Время работы	Одна батарея работает 6-10 часов в зависимости от температуры окружающей среды. В комплект поставки входят две перезаряжаемые литиевые батареи

T 2

Диапазон определения концентрации элементов в железной основе

Elements	LOW ALLOY STEELS		STAINLESS STEELS		HIGH MANGANESE STEEL		TOOL STEEL		CAST IRON		GLOBAL PROGRAMME	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Al	0,007	1,27	0,007	1,71	0,013	0,262	0,005	1,63	0,005	0,115	0,005	1,71
C	0,01	1,27	0,01	2,46	0,01	2,38	0,088	2,19	0,96	4,47	0,01	4,47
Co	0,005	0,5	0,008	17			0,009	7,95			0,005	17
Cr	0,005	4,47	0,012	31,48	0,062	3,31	1,85	14,16	0,034	33,9	0,005	33,9
Cu	0,005	0,47	0,007	4,35	0,025	0,474	0,04	0,476	0,02	2,18	0,005	4,35
Mn	0,007	2,1	0,018	16,13	0,11	22,96	0,047	1,67	0,069	4,63	0,007	22,96
Mo	0,015	1,09	0,01	5,61	0,01	1,91	0,022	9,41	0,018	3,92	0,01	9,41
Nb			0,01	2,43							0,01	2,43
Ni	0,01	4,4	0,08	48,2	0,03	3,43	0,07	0,544	0,051	32	0,01	48,2
Si	0,02	3,86	0,02	4,03	0,057	1,69	0,044	1,49	0,246	4,67	0,02	4,67
Ti	0,02	1,18	0,02	1,03	0,02	0,35			0,007	0,976	0,007	1,18
V	0,005	0,9	0,005	9,5	0,006	0,837	0,035	2,44	0,005	1,21	0,005	9,5
W			0,01	4,07			0,03	19,22			0,01	19,22
Zr	0,005	0,348									0,005	0,348
B									0,005	0,524	0,005	0,524
Mg									0,005	0,137	0,005	0,137



4

Схема заправки спектрометра Calibus

датель Calibus, создала заправляемый портативный спектрометр (рис 4), что позволяет использовать прибор не менее 10 лет. Это достаточно большой ресурс для компактного прибора.

Появление на рынке такого оборудования существенно снижает нагрузку на заводскую лабораторию, так как использование портативного спектрометра не требует специальных навыков, специализации в области спектрального анализа и материаловедения. Прибором могут пользоваться рядовые сотрудники складского комплекса предприятия. Интересен прибор и инженерным службам предприятий, которые занимаются обеспечением производства. В случае выхода из строя какого-то агрегата (арматуры, частей станков, гальванических линий и т. д.) можно на месте определить химический состав материала и оперативно принять решение по устранению неполадок.

Комплектация прибора Calibus представлена на рис 5.

В продуктовой линейке Arun Technology также есть портативный рентген-флуоресцентный спектрометр (РФС) Helius (рис 6) и стационарный опико-эмиссионный спектрометр Artus (рис 7).



- Блок спектрометра CALIBUS
- Портативный баллон с аргоном
- ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ образец для энергетической калибровки
- Адаптер для подключения 220 В
- Литиевая батарея (2 шт.)
- Зарядное устройство для аккумулятора
- Защитные очки
- Внешняя USB с РП
- Браслет

5 Комплектация прибора Calibus



6 Портативный рентген-флуоресцентный спектрометр (РФС) Helius

Т 3
 Диапазон определения концентрации элементов в алюминиевой основе

Elements	ALUMINIUM-LOW ALLOY		ALUMINUM-SILICATE		AL-MG		ALUMINIUM-ZINC		ALUMINIUM-COPPER		GLOBAL AL	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Be			0,005	0,21							0,005	0,21
Bi	0,02	0,57	0,029	0,04	0,005	0,57	0,005	0,57	0,005	0,57	0,005	0,57
Cr	0,01	0,15	0,005	0,319	0,005	0,359	0,005	0,367	0,005	0,15	0,005	0,367
Cu	0,005	5,09	0,005	5,88	0,005	5,09	0,015	4,32	0,051	12,2	0,005	12,2
Fe	0,01	3,9	0,026	3,9	0,01	3,9	0,072	0,99	0,072	1,87	0,01	3,9
Mg	0,005	1,21	0,026	1,8	0,005	10,14	0,024	4,07	0,024	2,68	0,005	10,14
Mn	0,005	2,38	0,006	0,993	0,005	2,38	0,02	0,819	0,03	1	0,005	2,38
Ni	0,005	0,231	0,005	2,47	0,005	2,05	0,005	0,205	0,012	2,25	0,005	2,47
Pb	0,005	1,1	0,005	0,42	0,005	1,1	0,005	1,1	0,005	1,1	0,005	1,1
Si	0,01	1,17	0,2	23,9	0,01	8,52	0,028	9,35	0,028	6,86	0,01	23,9
Sn	0,01	0,2	0,005	0,5	0,005	0,201	0,005	0,201	0,005	0,347	0,005	0,5
Ti	0,01	0,231	0,005	0,44	0,005	0,3	0,005	0,26	0,005	0,231	0,005	0,44
Zn	0,01	0,479	0,005	3,04	0,005	0,586	0,023	12,02	0,005	2	0,005	12,02
Li											0,387	1,76
Na					0,00014	0,003					0,00014	0,003

T 4

Диапазон определения концентрации элементов в магниевой основе

ELEMENTS	MIN	MAX
Ag	0,005	0,0342
Al	0,005	12,37
Be	0,005	0,01
Ca	0,005	0,13
Ce	0,005	4,16
Cu	0,005	3,45
Mn	0,005	2,36
Si	0,005	1,83
Zn	0,005	6,68
Zr	0,005	1,03

T 5

Диапазон определения концентрации элементов в титановой основе

ELEMENTS	MIN	MAX
Al	0,005	7,79
Cr	0,005	6,3
Cu	0,005	0,62
Fe	0,009	1,86
Mo	0,005	14,98
Nb	0,001	0,01
Ni	0,002	0,779
Zr	0,005	4,08
Sn	0,005	2,49
Mn	0,005	4,7
V	0,005	9,71

T 6

Диапазон определения концентрации элементов в оловянной основе

ELEMENTS	MIN	MAX
Ag	0,005	4,09
Al	0,005	0,0414
As	0,005	0,097
Au	0,005	0,0262
Bi	0,005	0,123
Cd	0,005	0,1
Cu	0,0073	1,189
Fe	0,005	0,0203
In	0,005	0,104
Ni	0,005	0,0872
Pb	0,005	0,306
Sb	0,005	0,128
Zn	0,005	0,054

T 7

Диапазон определения концентрации элементов в кобальтовой основе

ELEMENTS	MIN	MAX
Al	0,005	0,19
C	0,007	2,39
Cr	18,56	30,64
Cu	0,008	0,229
Fe	0,19	14,7
Mn	0,014	1,9
Mo	0,0503	9,62
Nb	0,005	4,2
Ni	0,138	35,19
Si	0,053	1,22
Ti	0,005	3,03
W	0,02	15,12

T 8

Диапазон определения концентрации элементов в свинцовой основе

ELEMENTS	MIN	MAX
Ag	0,005	5,93
As	0,005	1,43
Bi	0,005	1,186
Cd	0,005	2,09
Cu	0,005	1,58
Fe	0,005	0,0204
Ni	0,005	0,0165
Sb	0,005	15,93
Sn	0,005	61,9
Zn	0,005	0,044

T 9

Диапазон определения концентрации элементов в свинцовой основе

Elements	RED COPPER		SN PB BRONZE		BE BRONZE		AL BRONZES		BRASS		SI BRONZE		COPPER-NICKLE		GLOBAL CU	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Ag	0,0062	0,057	0,005	0,097	0,018	0,19			0,0065	0,097			0,005	0,1	0,005	0,19
Al	0,005	0,015	0,005	0,596			0,005	11,88	0,005	7,99	0,005	0,32	0,005	7,99	0,005	11,88
As	0,005	0,32													0,005	0,32
Be					0,32	3,2									0,32	3,2
Bi	0,005	0,069	0,00658	0,974			0,005	0,12	0,005	6,2	0,005	0,018	0,005	0,103	0,005	6,2
Cd	0,005	0,031							0,005	0,025					0,005	0,031
Co			0,005	0,259	0,14	2,47			0,005	0,291					0,005	2,47
Cr					0,005	0,006			0,005	0,145			0,005	2,65	0,005	2,65
Fe			0,005	1,08	0,021	0,28	0,00569	6,02	0,016	4,48	0,024	1,67	0,0056	4,48	0,005	6,02
Mg							0,005	0,075	0,005	0,11					0,005	0,11
Mn			0,005	0,419			0,005	23,6	0,005	23,6	0,23	1,8	0,005	23,6	0,005	23,6
Ni	0,005	0,48	0,005	5,01	0,005	1,69	0,005	15,41	0,008	15,41	0,047	3,09	0,0944	31,2	0,005	31,2
Pb	0,005	1,48	0,005	21,76			0,005	1,76	0,0056	6,11	0,0102	0,74	0,005	1,76	0,005	21,76
Se	0,005	0,062	0,00554	0,454											0,005	0,454
Si			0,005	1,4	0,02	0,3	0,005	1,3	0,005	4,8	0,77	4,77	0,005	1,3	0,005	4,8
Sn			0,00551	18,8			0,005	11,36			0,04	0,69			0,005	18,8
Ti													0,005	0,15	0,005	0,15
Zn	0,005	0,28	0,005	11,26	0,005	0,23	0,041	28,9			0,04	6,27	0,019	33,41	0,005	33,41

T10

Диапазон определения концентрации элементов на никелиевой основе

Elements	PURE NI		NIMONIC		MONEL		INCONEL		INCOLOY		HASTELLOY		GLOBAL NI	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Al	0,005	3,97	0,005	7	0,005	3,81	0,005	5,61	0,02	3,97	0,005	0,72	0,005	7
B									0,005	1,69			0,005	1,69
Co	0,005	19,9	0,005	33,352	0,005	0,77	0,005	17,9	0,02	19,9	0,005	2,6	0,005	33,352
Cr	0,005	21,8	0,123	49,99	0,005	0,513	2,96	49,99	7,7	23,4	0,123	22,8	0,005	49,99
Cu	0,005	0,642	0,005	0,642	0,0077	32,5	0,005	3,52	0,0076	3,52	0,01	1,54	0,005	32,5
Fe	0,005	7,87	0,02	9,73	0,02	4,71	0,02	38,4	1,26	44,2	0,02	19,92	0,005	44,2
Mg	0,005	0,2	0,005	0,03	0,005	0,2							0,005	0,2
Mn	0,005	0,92	0,005	1,19	0,02	2,35	0,005	1,53	0,025	1,32	0,099	1,19	0,005	2,35
Mo	0,005	17,9	0,01	32,44			0,007	10,8	0,05	17,9	8,32	32,44	0,005	32,44
Nb			0,02	7,4			0,016	7,4					0,016	7,4
Si	0,005	6,49	0,005	6,49	0,005	4,01	0,005	6,49	0,06	6,49	0,005	1,11	0,005	6,49
Ti	0,005	0,52	0,005	5,76	0,005	1,5	0,005	3,34	0,005	3	0,005	0,35	0,005	5,76
V			0,005	0,498							0,01	0,498	0,005	0,498
W							0,005	14,1			0,023	5,34	0,005	14,1

T11

Диапазон определения концентрации элементов на цинковой основе

Elements	LOW AL ZN		ZN (AL 1-5%)		ZN (AL 5-15%)		ZN (AL 15-30%)		GLOBAL ZN	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Ag									0,002	0,01
Al	0,005	1,55	0,005	5,58	0,005	15,03	0,005	30,7	0,005	30,7
Bi	0,005	0,123	0,005	0,027	0,002	0,01			0,002	0,123
Cd	0,005	0,638	0,005	0,638	0,005	0,05	0,005	0,01	0,005	0,638
Cr	0,005	0,184	0,005	0,023					0,005	0,184
Cu	0,005	1,89	0,005	6,05	0,003	4,39	0,005	3,22	0,003	6,05
Fe	0,005	0,14	0,001	0,073	0,003	0,072	0,005	0,072	0,001	0,14
Mg	0,005	0,179	0,005	0,74	0,005	0,1	0,005	0,05	0,005	0,74
Mn	0,005	0,038	0,005	0,048					0,005	0,048
Ni	0,005	0,04	0,005	0,041					0,005	0,041
Pb	0,005	2,87	0,005	2,87	0,005	0,05	0,005	0,03	0,005	2,87
Sb	0,005	0,234	0,002	0,022					0,002	0,234
Si					0,003	0,078			0,003	0,078
Sn	0,005	2,38			0,005	0,05	0,005	0,02	0,005	2,38
Ti	0,005	0,132			0,005	0,02			0,005	0,132



7
Стационарный опико-эмиссионный спектрометр Artus

РФС Helius использует технологию рентгеновского флуоресцентного анализа и позволяет определять химические элементы в металлах, сплавах, геологических породах, почвах. За счет высокоскоростного кремниевого детектора (SSD) определяет химические элементы от Mg до Bi. Его аналитические возможности значительно отличаются от лазерного эмиссионного портативного спектрометра Calibus, но также прибор обладает рядом уникальных особенностей. Например, возможностью проводить не только элементный анализ, но и измерять по слоям толщины металлических покрытий.

ОЭС Artus – высокоэффективный настольный опико-эмиссионный спектрометр, служит идеальным инструментом для входного контроля, лабораторных испытаний на производстве и контроля качества металлов и сплавов на различных основах. Широко применяется в производстве стальной продукции, посуды, автомобилей, экструзии алюминия, чугуна и углеродистой стали и в других видах промышленности. ОЭС ARTUS обеспечивает высокую эффективность анализа химического состава сплавов металлов при высокой точности и надежности результатов. 

Представленное спектральное оборудование имеет широкое применение – это радиоэлектронная промышленность, машиностроение и другие отрасли-потребители металла. Продукция Arun Technology, партнера компании Остек-АртТул, является незаменимым инструментом для оперативного проведения химического анализа, подтверждающего подлинность материала, для входного контроля и сортировки сырья, поступающего на производство. А новые решения в применении лазерных технологий в спектральном анализе формируют современную базу аналитического оборудования, за которым будущее!



СТРИ КОРОБА НЕ ОБЕЩАЕМ, НО БОЛЬШОЙ СКЛАД МАТЕРИАЛОВ ЕСТЬ

У нас собственный склад технологических материалов для производства электроники и микроэлектроники. Склад обеспечивает четыре температурных диапазона хранения от -40 до $+20$ °C, хранение продукции шести классов опасности по ADR, все необходимые условия для хранения прекурсоров и материалов с повышенным содержанием драгоценных металлов. Мы строго контролируем сроки годности и внимательно следим за тем, чтобы на складе поддерживался стабильный запас основных технологических материалов.

Чтобы у вашего производства не было простоев, а у вас — проблем.

> 50 тонн

материалов
всегда в наличии

> 100

типов материалов
в складской программе

> 50 м³

для хранения материалов
при специальных
температурных условиях

ОПТИМИЗАЦИЯ

Организация хранения в инструментальном хозяйстве

Текст: Артем Кручинов

”

Довольно часто приходится сталкиваться с критиками западных принципов в области организации управления и построения эффективных предприятий. Чаще всего звучит аргумент «это невозможно внедрить в наших реалиях», «конечно, в развитых странах это может работать, но не у нас» и т. д. Безусловно, отличия существуют, например, на законодательном уровне, в налогообложении, стоимости рабочей силы и т. д. Однако со временем различия стираются, и почему бы не перенять опыт, если он поможет снизить производственные издержки из-за простоя и одновременно увеличить производительность за счёт экономии времени?



1

Принцип «точно в срок», впервые применённый японцами во второй половине XX века, был взят на вооружение руководителями предприятий во всем мире

О принципе «точно в срок»

Один из основополагающих принципов современного высокоэффективного производства – «поставка точно в срок» (рис 1). Его суть в том, что предприятие не вкладывается в формирование избыточных запасов, параллельно экономя на складских расходах – раз нет необходимости в запасах, то не нужны и складские помещения и обслуживающий их персонал. А все необходимое сырье, полуфабрикаты, комплектующие и готовые узлы поступают непосредственно перед сборкой конечного изделия, после чего оно отгружается заказчику или уходит на склад готовой продукции. Тем не менее, чтобы не попасть под вынужденный простой, предприятиям приходится формировать складские запасы. Однако речь в статье пойдёт не о решениях, которые помогут эффективно и быстро развернуть места хранения для дополнительных запасов, а о гарантированной выдаче «точно в срок» на уровне производственного цеха или участка – о своевременном снабжении рабочих необходимым инструментом и оснасткой.

Отсутствие необходимого для обработки инструмента обнуляет все преимущества высокотехнологичного оборудования и высококвалифицированного персонала. Как результат, предприятие вместо прибыли получает убытки, вызванные простоем. В статье мы рассмотрим современные решения, которые помогут эффективно организовать инструментальное хозяйство предприятия в части хранения инструмента и оснастки, своевременного снабжения ими рабочего, сокращения времени выдачи, экономии за счёт оптимизации персонала и занимаемых площадей, контроля за расходом в режиме реального времени и учёта в общем.

Хранение в инструментальном хозяйстве на уровне производственного участка и цеха

На уровне производственного участка или цеха даже на современно оборудованных предприятиях часто встречается решение в виде организации обособленных



2

Инструментально-раздаточная кладовая с хранением на стеллажах

помещений. Это инструментально-раздаточные кладовые (рис 2), где хранится инструмент, и где материально ответственное лицо – кладовщик – выдает инструмент рабочим и ведет учёт. Инструмент и оснастку в кладовой чаще всего размещают на стеллажах.

Среди плюсов такой организации хранения – её простота и небольшие затраты, а минусы:

- низкая скорость выдачи – оборудование вынужденно простаивает, пока его оператор стоит в очереди на получение необходимого инструмента;
- трудоёмкость учёта – кладовщик вручную вносит в журнал информацию об артикуле и количестве инструмента, кому выдан;
- вероятность ошибки кладовщика – пресловутый человеческий фактор;
- сложность оперативного анализа расхода инструмента и его своевременного пополнения – как бы часто кладовщик не готовил отчёты, это всё равно происходит с временным лагом, т. к. кладовщик непосредственно задействован в процессах выдачи, возврата, получения и списания инструмента.

Это ведёт к невозможности контроля запасов инструмента и оснастки в реальном времени и, как следствие, усложняет процесс анализа расхода инструмента на каждой технологической операции и расчета себестоимости готового изделия.

Автоматизированные решения вопросов хранения и выдачи инструмента и оснастки на уровне производственного цеха или участка

Современные шкафы хранения для инструмента и оснастки, которые устанавливаются прямо в цехе и на производственных участках, позволяют за счет сокращения времени более эффективно организовывать выдачу и возврат, контролировать расход и местонахождение конкретного приспособления в режиме реального времени, а также заранее предупреждать о необходимости пополнения, чтобы



3

Модульный принцип системы хранения Lockcell Master от TMT Tools (Турция) позволяет при необходимости легко увеличить объём хранения

исключить простой дорогостоящего оборудования, снизить расходы на оплату кладовщикам и потребность в площадях.

Далее рассмотрим некоторые системы хранения и их технические характеристики.

Система хранения с выдвижными полками Lockcell Master

Один из примеров – система Lockcell Master от турецкого производителя TMT TOOLS. Она представляет собой

одну или несколько объединённых тумб с выдвижными полками (рис 3).

Доступ к разрешённым полкам и конкретным ячейкам осуществляется по персональным картам-ключам и/или паролю. Система управления отслеживает все обращения и записывает их в специальный журнал, к которому могут получить доступ доверенные лица по локальной сети предприятия. Считыватель штрихкодов для идентификации инструмента и оснастки и 21-дюймовый сенсорный дисплей сводят к минимуму потерю времени и исключают ошибки при получении и возврате. Параметры, по которым ведётся специальный журнал учёта (геометрия инструмента, его производитель, инструментальный сплав, тип износостойкого покрытия, данные о получателе и пр.), могут быть настроены под конкретного заказчика благодаря WMS-системе LogISt – собственной разработке ООО «Остек-АртТул». Более подробно о системе управления складом LogISt можно узнать в статье «Онлайн-торговля: новые потребности на складе», журнал «Вектор высоких технологий» № 54-55, декабрь 2021.

Основные технические характеристики системы представлены в Т 1.

Высоту выдвижных полок и их наполнение (разделение на ячейки) можно выбрать из доступных рядов в любом сочетании (рис 4 и 5): пять видов полок и восемь типоразмеров ячеек (см. Т 2).

Т 1

Основные технические характеристики системы хранения Lockcell Master

МОДЕЛЬ	LOCKCELL MASTER (МАКС. КОЛ-ВО ЯЧЕЕК В ПОЛКЕ)	LOCKCELL MASTER (МИН. КОЛ-ВО ЯЧЕЕК В ПОЛКЕ)	ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТУМБА В ПОЛКЕ
Допустимая влажность воздуха (без образования конденсата), %	10–90		
Допустимая температура окружающей среды для работы, °C	+10...+60		
Максимальное количество полок, шт.	12 (при высоте полки 75 мм)		
Максимальное количество ячеек	768 (для ячеек 103 × 51 мм)		
Среднее время доступа к товару, с	5		
Максимальная нагрузка на ячейку, кгс	2	80	80
Максимальный уровень шума, дБ	не более 70		
Электропитание	220 В × 50 Гц × 1,5 А		
Потребляемая мощность, ВА	350		
Масса пустой тумбы, кг	500	250	250
Масса полностью занятой тумбы, кг	1000	1000	1000
Ш × Г × В, мм	1000 × 800 × 1750		1000 × 800 × 1150

Т 2

Размеры полок Lock Master

ГАБАРИТЫ ПОЛКИ (Ш × Г), мм	ВЫСОТА ПОЛКИ, мм	МАКСИМАЛЬНАЯ ВЫСОТА ХРАНИМОГО ИНСТРУМЕНТА, мм
605 × 845	75	51
	100	76
	125	101
	150	126
	175	151

Т 3

Размеры ячеек Lock Master

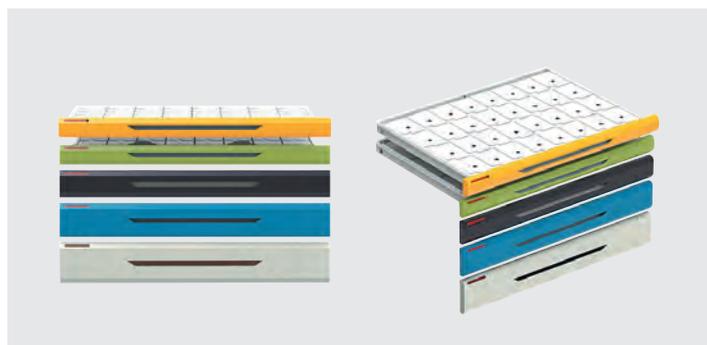
№	ВЫСОТА, мм	ШИРИНА, мм	ГЛУБИНА, мм	КОЛИЧЕСТВО ЯЧЕЕК
1	50 / 75 / 100 / 125 / 150	103	51	64
2			61	56
3			75	48
4			94	40
5			123	32
6			171	24
7		123	206	16
8	75 / 100 / 125 / 150 / 175	605	845	0

Для удобства работы полки оснащены телескопическими направляющими.

Преимущества: высокая скорость выдачи (среднее время доступа – 5 с), модульный принцип для простого увеличения объёма хранения при небольших вложениях, размещение относительно крупногаба-

ритного инструмента (дисковые пилы, ленточные полотна, слесарный и мерительный инструмент и пр.), организация доступа только к определённым ячейкам.

Недостатки: небольшая эффективность использования площади из-за малой высоты тумб (1150 мм).



4

В системе хранения и выдачи Lockcell Master на выбор заказчика представлены пять видов выдвижных полок



5

Для наполнения полок системы Lockcell Master заказчику на выбор доступны восемь различных типоразмеров ячеек



6

Система Lockcell X с большим количеством мест хранения отлично подойдет для сменных многогранных пластин, цельного осевого инструмента и мелкой станочной оснастки (кулачки, патроны, цанги и пр.)

Система хранения с выдвижными ячейками Lockcell X

Система хранения с выдвижными ячейками Lockcell X использует больше доступного по высоте пространства по

сравнению с Lockcell Master. Есть возможность расширения за счёт добавления дополнительного шкафа, на выбор доступны различные размеры ячеек для максимальной эффективной организации хранения (рис 6).

В зависимости от задач хранения можно выбрать оптимальный размер ячеек (Т 5, рис 7).

Можно настроить доступ только к конкретным ячейкам после подтверждения личности при помощи карты-ключа и/или пароля. В распоряжении персонала, как и в случае с Lockcell Master, считыватель штрихкодов и 21-дюймовый сенсорный дисплей. Ячейки оборудованы телескопически направляющими, обеспечивающими плавное движение и долгий срок службы даже с учётом жёстких условий эксплуатации в производственном цехе.

Преимущества: высокая скорость выдачи (среднее время доступа – 5 с), модульный принцип для простого увеличения объёма хранения при небольших вложениях, оптимально для хранения мелких товаров, хорошая эффективность использования площади (высота шкафа – 1550 мм), организация доступа только к определённым ячейкам.

Недостатки: меньшая по сравнению с Lockcell Master максимальная высота хранимого груза

Т 4

Основные технические характеристики системы хранения Lockcell X

МОДЕЛЬ	LOCKCELL X (МАКС. КОЛ-ВО ЯЧЕЕК В ШКАФУ)	ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТУМБА
Допустимая влажность воздуха (без образования конденсата), %	10 – 90	
Допустимая температура окружающей среды для работы, °С	+10...+60	
Максимальное количество полок, шт.	12 (при высоте полки 75 мм)	
Максимальное количество ячеек в одном шкафу	6 × 13 = 78 (для ячеек 55 × 39 мм)	
Максимальное количество дополнительных шкафов	16	-
Максимальное количество ячеек при 16 дополнительных шкафах	16 × 78 + 78 = 1326	-
Среднее время доступа к товару, с	5	
Максимальная нагрузка на ячейку, кгс	2	
Максимальный уровень шума, дБ	не более 70	
Электропитание	220 В × 50 Гц × 1,5 А	
Потребляемая мощность, ВА	350	
Масса пустой тумбы, кг	450	420
Масса полностью заполненного шкафа, кг	750	
Ш × Г × В, мм	595 × 590 × 1950	595 × 590 × 1550

Т 5

Размеры доступных для заказа ячеек для Lockcell X

ГЛУБИНА ЯЧЕЙКИ, ММ	ШИРИНА ЯЧЕЙКИ, ММ	ВЫСОТА ЯЧЕЙКИ, ММ
360 по глубине ячейку можно разбить при помощи регулируемых разделителей	55	39
		64
		114
		100
	100	39
		64
		114
		144
	144	39
		64
		114
		234
	234	39
		64
		114
		522
	522	39
		64
		114

(114 мм против 151 мм), получение доступа ко всей ячейке независимо от разбивки регулируемыми разделителями.

Системы хранения с вращающимися дисками Tom 3D и TomWork + 5.0

Итальянская компания Indaco Project предлагает системы с вращающимися дисками хранения. Они позволяют, с одной стороны, обеспечить высокую частоту деления на ячейки, что эффективно для хранения мелких товаров, например, сменных многогранных пластин, а с другой – разрешить доступ к ячейкам адресно, в случае с Lockcell X это невозможно.



7

Сравнение различных типоразмеров ячеек Lockcell X



8

Системы дискового хранения итальянской компании Indaco Project: Tom 3D и TomWork + 5.0

Внутри системы несколько дисков хранения – до 6 шт. для Tom 3D и до 10 шт. для TomWork+ 5.0 (рис 8). Количество дисков и их сегментирование можно выбрать из доступных вариантов (см. Т 6). Вместо стандартного по вы-

Т 6

Размеры доступных для заказа дисков хранения для Tom 3D и TomWork + 5.0

РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО ДИСКОВ ХРАНЕНИЯ			
Количество ячеек	Угол, °	Макс. размер, см	Мин. размер, см
71	5	2,8	0,6
35	10	5,6	1,3
23	15	9,0	1,9
17	20	11,5	2,6
11	30	17,2	4,2
8	40	23,0	5,7

Т 7

Основные технические характеристики систем хранения Tom 3D и TomWork + 5.0

МОДЕЛЬ	ТОМ 3D	ТОМWORK+ 5.0
Габаритные размеры, Д × Г × В, мм	1000 × 780 × 1300	1000 × 780 × 1900
Количество дисков хранения, шт.	3-6 (на выбор)	До 10 (на выбор)
Глубина ячейки, мм	270	
Высота диска хранения, мм	110 (стандарт) 260 (двойной) 460 (тройной)	
Количество ячеек, шт.	До 426	До 710
Дисплей (цветной, сенсорный)	7" - стандарт 10" - опционально	
Считыватель электронного ключа (бейджа)	Магнитный инфракрасный 125 кГц, УВЧ-диапазон, Mifare, СВЧ-диапазон, Legic или биометрический	
Интерфейсы передачи данных	Ethernet - стандарт Wi-Fi - опционально 4G-роутер - опционально	
Электропитание	220 - 12 В 50 / 60 Гц	

соте диска 110 мм можно выбрать двойной 260 мм или даже тройной 460 мм в зависимости от задач хранения (Т 7).

Забрать выбранный товар можно через окно выдачи после проверки прав доступа с помощью карты-ключа. Через графический сенсорный дисплей можно выбрать

нужные инструмент или оснастку и заранее получить информацию о них.

Для размещения более габаритных изделий можно дооснастить систему дополнительным рабочим пространством BobLock (рис 9, Т 8).



9

Дополнительное рабочее пространство BobLock для хранения более габаритных вещей (опция)

Т 8

Технические характеристики дополнительного рабочего пространства BobLock

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО BOBLOCK

Габаритные размеры, Д × Г × В, мм	1000 × 780 × 1900
Количество ячеек, шт.	18
Глубина ячейки, мм	450
Высота ячеек, мм	170 300 576
Высота диска хранения, мм	110 (стандарт) 260 (двойной) 460 (тройной)
Электропитание	220 - 12 В 50 / 60 Гц



10

Конструкция вертикальных карусельных систем хранения

Преимущества: высокая плотность хранения, оптимально для хранения мелких товаров, хорошая эффективность использования площади (высота шкафа – до 1900 мм), организация доступа только к определённым ячейкам.

Недостатки: невысокая по сравнению с другими типами систем скорость выдачи из-за последовательного доступа к ячейке, ячейка неправильной формы (заужение к оси диска), малая пригодность для хранения габаритной оснастки из-за небольшого размера доступных ячеек.

Вертикальные лифтовые системы центрального инструментального склада предприятия

Статья была бы неполной, если не рассмотреть в ней вопросы организации хранения инструмента и



11

Конструкция вертикальных лифтовых систем хранения

оснастки на центральном инструментальном складе предприятия – в ЦИС. В общем случае при поставке инструмента на производственное предприятие первичная приёмка осуществляется на ЦИС, а уже потом происходит распределение по производственным цехам и участкам. Очевидно, что объёмы хранения и средние габариты хранимого груза (товар хранится в более крупной таре/упаковке) на ЦИС гораздо выше, чем в цехе, поэтому рассмотренные выше системы здесь не подойдут – необходима на порядок большая площадь хранения и грузоподъёмность.

Здесь на помощь приходят уже знакомые нам вертикальные лифтовые системы карусельного (Eurot,

T9

Основные технические характеристики вертикальных карусельных систем Eurot

ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ КАРУСЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ EUROT		
Модель	70-415	70-615
Высота системы, мм	2780...6560	2870...6530
Ширина полки, мм	2 850	
Глубина полки, мм	415	615
Максимальная общая масса ТМЦ, кг	7000	
Максимальная нагрузка на полку, кг	300	
Занимаемая площадь, Ш × Г, мм	3364 × 1315	3364 × 1715

T 1 0

Основные технические характеристики вертикальных лифтовых систем Vertimag

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЛИФТОВЫЕ СИСТЕМЫ VERTIMAG					
Ширина полки, мм		1 950	2 450	3 050	3 650
Глубина полки, мм		650 / 840 / 1 030			
Габариты основания с внутренним окном выдачи, мм	Ширина	2 455	2 955	3 555	4 155
	Глубина	2 521			
		3 091			
Габариты основания с внешним окном выдачи, мм	Ширина	2 455	2 955	3 555	4 155
		Глубина	3 661		
			4 146	4 906	
Нагрузка на полку, кг		300			
		550			
		800			
		990			
Максимальная высота груза, мм		695			
Высота системы, мм		3 200-12 000 (с шагом 200 мм)			
Шаг укладки полок, мм		25			
Возможность установки нескольких окон выдачи		Да			

T 1 1

Итоговая сравнительная таблица систем хранения

МОДЕЛЬ	LOCKCELL MASTER	LOCKCELL X	TOM 3D	TOMWORK + 5.0	EUROT	VERTIMAG
Максимальное количество отдельно адресуемых мест хранения ¹ , шт.	768...2304	78...1326	426	710...728	32 ²	209 ²
Плотность хранения	Средняя	Очень высокая	Высокая	Высокая	Сверхвысокая	
Масса хранимой единицы товара (макс), кг	80	2	2	10	300	990
Габариты хранимой единицы товара (макс), мм	605 × 845 × 175	522 × 360 × 114	230 × 57 × 270	250 × 450 × 576 ³	2815 × 615 × 400	3650 × 1030 × 695
Скорость обработки груза	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя	Ниже средней	Самая низкая
Занимаемая площадь	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая

¹ Диапазон указывается для случаев одиночно стоящей системы и максимально доступных дополнительных модулей.² Указано максимальное количество полок из-за невозможности организации контроля доступа к отдельным ячейкам на полке.³ При установке опции «BobLock».

Италия) (рис 10) и лифтового типа (Vertimag, Италия) (рис 11).

Отличие карусельного типа от лифтового – в первом полки движутся по кругу до момента, пока нужная полка окажется напротив окна выдачи; во втором подачу полки осуществляет лифтовый механизм, доставляя её к оператору напрямую.

Из сравнения технических характеристик систем (см. Т9 и Т10) видно, что по объёму хранения, грузоподъёмности, плотности хранения, использованию доступной высоты помещения лифтовые системы являются приоритетным выбором. Карусельные выигрывают только по занимаемой площади – их можно разместить в условиях дефицита свободного места.

Конечно, физически разместить инструмент и оснастку можно не только в карусельных и лифтовых системах хранения, но и в более объёмных и грузоподъёмных складских комплексах, например таких, как AS/RS, однако это в подавляющем большинстве случаев уже будет экономически нецелесообразно.

Итоговое сравнение

Представим основные технические характеристики всех описанные в статье систем хранения в общей сравнительной Т11.

Таблица показывает, что для оснащения производственного цеха или участка в первую очередь следует обратить внимание на решение от итальянского производителя Indaco Project – TomWork+5.0. Решение пред-

лагает большое количество отдельно адресуемых мест хранения, что отлично подойдёт для сменных многогранных пластин – основная расходная часть современного обрабатывающего инструмента. А наличие опционального дополнительного пространства BobLock позволит разместить более крупногабаритные инструмент и оснастку.

Когда крупногабаритную оснастку хранить не требуется, а объём хранения лучше отдать для сменных пластин и мелкого цельного инструмента, внимания заслуживают системы от турецкой компании ТМТ – Lockcell X и Lockcell X. Для оснащения ЦИС идеально подойдут вертикальные системы хранения от итальянского производителя Ferretto Group Spa – Eurot и Vertimag. 

Если ваше производство нуждается в автоматизации складского хозяйства, и вы ищете оптимальный вариант хранения, выдачи и учёта, что непросто, принимая во внимание различные компоновки и разнообразие вариантов исполнения, обращайтесь к специалистам ООО «Остек-АртТул», которые подготовят предложение, полностью подходящее под ваши требования и условия.

ТЕХПОДДЕРЖКА

Системы бесконтактных измерений:

обзор продуктов
компании Jaten и LVC

Текст: Александр Фролов



Для промышленных предприятий отрасли задачи линейно-габаритного контроля всегда были и остаются актуальными. Многие поставщики ушли, потеряв большой объем заказов и тем самым предоставив шансы другим брендам утвердиться на новом рынке сбыта.



1
Профильный проектор Jaten JT-3020

Компания Jaten Instrument Limited – один из высокотехнологичных производителей метрологических приборов в Китае. С 2005 года занимается исследованиями, разработкой, производством и экспортом оптических измерительных машин. На сегодняшний день компания произвела и установила более 10 000 оптических измерительных приборов у более чем 5000 клиентов во всем мире.

В статье представлен обзор линейки систем бесконтактных измерений этой компании, куда входят:

- профильные проекторы или оптические компараторы;
- видеоизмерительные микроскопы и мультисенсорные машины (ВИМ).

Профильные проекторы Jaten JT или оптические компараторы

Начнем обзор с наиболее востребованных и популярных благодаря своей простоте приборов – **профильных проекторов Jaten JT или оптических компараторов.**

Проекторы измерительные Jaten предназначены для измерений линейных и угловых размеров объектов. В основном используются для контроля форм и размеров разнообразных объектов (заготовок, обрезаемых по форме, зубчатых колес и зубчатых валиков для механизмов малых размеров, винтов, метчиков, нарезчиков и т. д.) или для исследования поверхностей. У большинства этих проекторов свет от лампы собирается в пучок конденсором, а затем направляется на образец, помещаемый на подставке.

Принцип действия приборов основан на технологии оптического проецирования, при котором изображение объекта, расположенного на измерительном столе, про-



2
Микропроцессор DP300

ецируется на оптическую систему прибора – проекционный блок – при проходящем или отраженном освещении. С помощью системы призм и зеркал изображение передается на проекционный экран. Для определения координат точки на объекте измерений необходимо совместить неподвижное перекрестие на экране проектора с изображением необходимого элемента объекта, проецируемого на экран. Определение линейных и угловых размеров выполняется на основе измеренных координат точек на элементах объекта с помощью измерительно-программных функций прибора.

Приборы имеют консольную конструкцию: основание на регулируемых опорах, на которое установлены подвижный предметный столик с нижним осветителем, вертикальная колонна с оптической системой, проекционный экран и верхний осветитель.

Нижний осветитель применяется для измерений при проходящем свете, верхний – для измерений в отраженном свете. При одновременном включении осветителей проходящего и отраженного света на экран проецируются изображение поверхности объекта и его теневой контур.

Измерительный стол с предметным стеклом предназначен для установки измеряемого объекта и его перемещения с помощью микровинтов в продольном (ось X) и поперечном (ось Y) направлениях. Для настройки фокусировки у стола есть функция вертикального перемещения (ось Z). В качестве отсчетной системы используются преобразователи линейных перемещений.

Проекторы имеют настольный вариант исполнения и оснащены устройством цифровой индикации на поворотном экране. Измерения проводятся в ручном режиме.

Т 1

Технические характеристики профильного проектора JT-3020

МОДЕЛЬ	JT-3020
Размер столика, мм	350×170
Размер предметного стекла, мм	246×120
Перемещение столика: оси X и Y, мм	200×100
Перемещение по оси Z, мм	100 (для фокусировки)
Точность, мкм	≤3+L/200
Повторяемость X и Y-шкала, мм	0,0005
Экран	Диаметр: Ø312 мм, эффективный диапазон ≥ Ø300 (с сеткой [* °) Диапазон поворота: 0-360; разрешение поворотного индикатора: 1' или 0,01
Цифровое считывание	DP300 (561-301). Многофункциональная система обработки данных
Освещение	Поверхностное и контурное освещение: галогенная лампа 24 В/150 Вт (регулируемая)
Система охлаждения	Принудительное охлаждение (3-осевые вентиляторы)
Объектив	Стандартный X10, X20, X50, X100
Источник питания	110 В переменного тока/60 Гц; 220 В/50 Гц, 650 Вт
Размер (Д × Ш × В), мм	780 × 530 × 1150
Размер упаковки (Д × Ш × В), мм	990 × 765 × 1340
Вес брутто/нетто, кг	210/155

Приборы представлены в шести модификациях: JT-3015, JT-3015Z, JT-3020 (рис 1), JT-3020Z, JT-3025, JT-3025Z, которые различаются между собой диапазоном измерений. Приборы с индексом «Z» имеют прямое изображение.

Т 2

Метрологические и технические характеристики линейки профильных проекторов

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ		
Модификация	JT-3015, JT-3015Z	JT-3020, JT-3020Z	JT-3025, JT-3025Z
Диапазон изменений линейных размеров по оси X, мм	от 0 до 150	от 0 до 200	от 0 до 250
Диапазон изменений линейных размеров по оси Y, мм	от 0 до 50	от 0 до 100	от 0 до 150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров*, мкм	±(2,8+L/200), где L – длина объекта в мм		
Дискретность отсчета измерений линейных размеров, мкм	0,5		
Диапазон измерений плоского угла, °	От 0 до 360		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плоского угла*, '	±1		
Дискретность отсчета плоского угла, ''	1		

* при температуре окружающей среды от +17 до +23 °С

Управление приборами происходит с помощью встроенного метрологически значимого программного обеспечения: микропроцессора DP300 (рис 2) для обеспечения взаимодействия узлов приборов и выполнения, сохранения и обработки результатов измерений.

Технические характеристики наиболее популярной модели профильного проектора JT-3020 представлены в Т 1.

Метрологические и технические характеристики линейки профильных проекторов JT-3015, JT-3015Z, JT-3020, JT-3020Z, JT-3025, JT-3025Z представлены в Т 2.

ТЗ

Основные технические характеристики профильных проекторов

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ					
Модификация	JT-3015	JT-3015Z	JT-3020	JT-3020Z	JT-3025	JT-3025Z
Габаритные размеры, мм, не более						
длина	780	792	780	770	780	780
ширина	530	544	530	550	530	550
высота	1150	975	1150	1120	1150	1150
Масса, кг, не более	150	150	155	155	165	165
Параметры электрического питания: напряжение переменного тока, В	220±22					
Диапазон рабочих температур, °С	от +15 до +35					
Относительная влажность воздуха, %, не более	80					

Основные технические характеристики профильных проекторов JT-3015, JT-3015Z, JT-3020, JT-3020Z, JT-3025, JT-3025Z представлены в ТЗ.

Микроскопы видеоизмерительные Jaten JTVMS

Далее рассмотрим линейку видеоизмерительных микроскопов Jaten JTVMS для измерений линейных и угловых размеров деталей.

Микроскопы видеоизмерительные, сокращенно ВИМ, предназначены для бесконтактных и контактных измерений линейных и угловых размеров, а также определения взаимного расположения элементов различных деталей в прямоугольных и полярных координатах.

Приборы имеют консольную конструкцию: гранитное основание, на которое установлены подвижный предметный столик с нижним осветителем и вертикальная колонна с подвижной оптико-электронной системой, включающей видеоизмерительный блок и верхний осветитель.

Принцип действия приборов основан на считывании: с электронных измерительных шкал осей X, Y значений перемещений подвижного предметного стола; с измерительной шкалы оси Z значений перемещений видеоизмерительного блока. При этом используются технологии оптического и цифрового проецирования увеличенных изображений объекта, расположенного на измерительном столе в проходящем или отраженном свете. При измерениях по оси Z предусмотрена функция автофокусировки. При необходимости для измерений по оси Z приборы могут быть оснащены контактным датчиком. Управление оборудованием происходит с помощью входящего в комплект персонального компьюте-

ра. Измерения проводятся в ручном и автоматическом режимах.

Приборы выпускают в семи модификациях: JTVMS-1510, JTVMS-2010, JTVMS-2515, JTVMS-3020, JTVMS-4030, JTVMS-5030, JTVMS-5040, которые различаются между собой диапазонами измерений (рис 3).



3

Общий вид микроскопов видеоизмерительных Jaten

Т 4

Технические характеристики измерительного микроскопа JTVMS-3020

МОДЕЛЬ	JTVMS-3020
X,Y,Z-, мм	300×200
Точность, мкм	$\leq 2,8 + L/200$
Разрешение, мкм	0,5
CCD-камера	Встроенная
Оптика	Зум-объектив, коэффициент увеличения 12X, Общее увеличение: 30X-230X Лазерный центрир Дополнительная опция: датчик Renishaw
Освещение	Кольцевой LED-осветитель, коаксиальный осветитель QuickMeasuring, ПО для auto-видеоизмерений
Размер (Д × Ш × В), мм	945×646×1096
Вес нетто, кг	95

Т 5

Метрологические и технические характеристики микроскопа JTVMS-3020

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ							
Модификация	JTVMS-1510	JTVMS-2010	JTVMS-2515	JTVMS-3020	JTVMS-4030	JTVMS-5030	JTVMS-5040	
Диапазон измерений по оси X, мм	От 0 до 150	От 0 до 200	От 0 до 250	От 0 до 300	От 0 до 400	От 0 до 500	От 0 до 500	
Диапазон измерений по оси Y, мм	От 0 до 100	От 0 до 100	От 0 до 150	От 0 до 200	От 0 до 300	От 0 до 300	От 0 до 400	
Диапазон измерений по оси Z, мм	От 0 до 200	От 0 до 200	От 0 до 200	От 0 до 200	От 0 до 200	От 0 до 200	От 0 до 200	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров по осям X и Y при использовании оптического датчика, мкм	$\pm(2,8+L/200)$							
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z при использовании оптического датчика, мкм	$\pm(20+L/200)$							
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z при использовании контактного датчика, мкм	$\pm(4+L/200)$							
Диапазон измерений плоского угла, °	От 0 до 360							
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плоского угла, '	± 1							

где L - длина объекта в мм

Т 6

Основные технические характеристики моделей JTVMS-1510, JTVMS-2010, JTVMS-2515, JTVMS-3020, JTVMS-4030, JTVMS-5030, JTVMS-5040

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ						
Модификация	JTVMS-1510	JTVMS-2010	JTVMS-2515	JTVMS-3020	JTVMS-4030	JTVMS-5030	JTVMS-5040
Дискретность отчета измерений линейных измерений, мкм	0,5						
Дискретность отсчета плоского угла, "	1						
Габаритные размеры, мм, не более							
длина	600	600	690	780	945	960	780
ширина	530	550	550	670	646	750	600
высота	950	920	1020	1060	1096	1100	1060
Масса, кг, не более	97	102	141	165	245	255	281
Параметры электрического питания: напряжение переменного тока, В	220±22						
Диапазон рабочих температур, °С	От +17 до +23						
Относительная влажность воздуха, %, не более	75						

Технические характеристики наиболее популярной модели измерительного микроскопа JTVMS-3020 представлены в Т 4.

Метрологические и технические характеристики моделей измерительного микроскопа JTVMS-1510, JTVMS-2010, JTVMS-2515, JTVMS-3020, JTVMS-4030, JTVMS-5030, JTVMS-5040 представлены в Т 5.

Основные технические характеристики моделей JTVMS-1510, JTVMS-2010, JTVMS-2515, JTVMS-3020, JTVMS-4030, JTVMS-5030, JTVMS-5040 представлены в Т 6.

Описанные выше линейки измерительных приборов прошли положительные испытания в целях утверждения типа средств измерений и внесены в государственный Реестр СИ.

Мультисенсорные измерительные машины с ЧПУ, линейка QVS

Также в линейке оборудования Jaten есть мультисенсорные измерительные машины с ЧПУ – линейка QVS (рис 4). Это комбинированная система, которая будет внесена в Госреестр СИ как видеоизмерительный микроскоп и координатно-измерительная машина (т. е. измерения по XYZ как оптическим (бесконтактным), так и контактным методом).



4

Общий вид систем QVS



5

Общий вид систем LVC400

Т 7

Технические характеристики мультисенсорной видеоизмерительной системы LVC400

Диапазон измерений, мм	400 × 300 × 200
Встроенная камера, мп	5
Трансфокатор с коэффициентом масштабирования	6.5:1 (увеличение от 80 до 300х на мониторе 25")
Разрешение энкодеров, мкм	1
Верхняя подсветка	Светодиодная квадрантная 4-секторальная
Нижняя подсветка	Светодиодная
Погрешность измерения бесконтактным в плоскости, мкм	XY: $\pm(1,3 + 10,5 \times L/1000)$ Z: $\pm(8 + 0,7 \times L)$

Остановимся более подробно на **системе LVC400**, поставляемой в Россию и уже внесенной в Госреестр СИ.

Системы мультисенсорные для бесконтактных и контактных измерений LVC предназначены для измерений линейных размеров деталей оптическим бесконтактным или контактным способами.

Т 8

Метрологические характеристики систем LVC200 и LVC400

МОДИФИКАЦИЯ	LVC200	LVC400
Диапазон измерений, мм:		
по оси X	От 0 до 200	От 0 до 400
по оси Y	От 0 до 150	От 0 до 300
по оси Z	От 0 до 200	От 0 до 200
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений по осям X и Y оптическим бесконтактным способом, мкм	$\pm(1,3 + 10,5 \cdot L/1000)$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений по оси Z оптическим бесконтактным способом, мкм	$\pm(8 + 0,7 \cdot L)$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений по осям X, Y и Z контактным датчиком, мкм *	$\pm(1,7 + L/100)$	
Цена единицы наименьшего разряда линейных измерений, мм	0,0001	
Диапазон измерений плоского угла, °	от 0 до 360	
Цена единицы наименьшего разряда при измерении плоского угла, "	1	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении плоского угла, "	± 20	

Принцип работы систем основан на считывании с измерительных шкал осей X, Y значений перемещения подвижного измерительного стола и с измерительной шкалы оси Z значений перемещения оптоэлектронного измерительного блока. При измерениях по оси Z предусмотрена функция автофокуса. Опционально для изме-

Т 9

Технические характеристики систем LVC200 и LVC400

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ	
	LVC200	LVC400
Условия эксплуатации:		
температура окружающей среды, °С	от +18 до +22	
относительная влажность воздуха, %	от 30 до 90	
атмосферное давление, кПа	от 84 до 106	
Параметры электрического питания:		
напряжение переменного тока, В	220±22	
частота переменного тока, Гц	50/60	
Габаритные размеры, мм, не более*		
ширина	616	916
длина	650	650
высота	1108	1108
Масса, кг, не более	350	400
Средний срок службы, лет	10	
Средняя наработка на отказ, ч	10000	

рений по осям X, Y и Z системы могут быть оснащены контактным датчиком Renishaw TP 20.

Системы состоят из гранитного основания, измерительного стола, встроенных измерительных шкал и оптоэлектронного измерительного блока, включающего осветитель, оптическую систему и датчики, а также джойстика, персонального компьютера (ПК) и монитора. Система обработки измерений производит обработку полученных результатов и выводит их на экран в цифровой и графической формах.

В зависимости от типоразмеров системы изготавливают в двух модификациях – LVC200 и LVC400 (рис 5).

Системы LVC оснащены моторизованным столом и штативом, управление осуществляется при помощи ЧПУ. Измерения проводятся в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме перемещение осуществляется с помощью джойстика, в автоматическом – с помощью компьютера. В процессе работы на экран монитора выводятся программа измерения, чертеж модели, изображение измеряемого образца и текущие координаты.

В Т 7 представлены технические характеристики наиболее популярной модели мультисенсорной видеоизмерительной системы LVC400.

В Т 8 представлены метрологические характеристики систем LVC – LVC200 и LVC400.

В Т 9 представлены основные технические характеристики систем LVC200 и LVC400.

Представленное выше оборудование обладает интуитивно понятным дружественным интерфейсом полностью на русском языке для измерительных микроскопов, ПО с возможностью управления джойстиком, мышкой и клавиатурой или сенсорным монитором. 

С 2022 года ООО «Остек-АртТул» возобновил сотрудничество с производителем Jaten, подписав эксклюзивный контракт. Компания Jaten планомерно улучшает качество и точность выпускаемых измерительных приборов. Заказав партию измерительных приборов для осуществления процедуры внесения линейки оборудования в Госреестр СИ, специалисты компании «Остек-АртТул» еще раз убедились в качестве и метрологических характеристиках этих измерительных приборов и готовы предлагать их для решения задач линейно-габаритного контроля на ваших предприятиях.

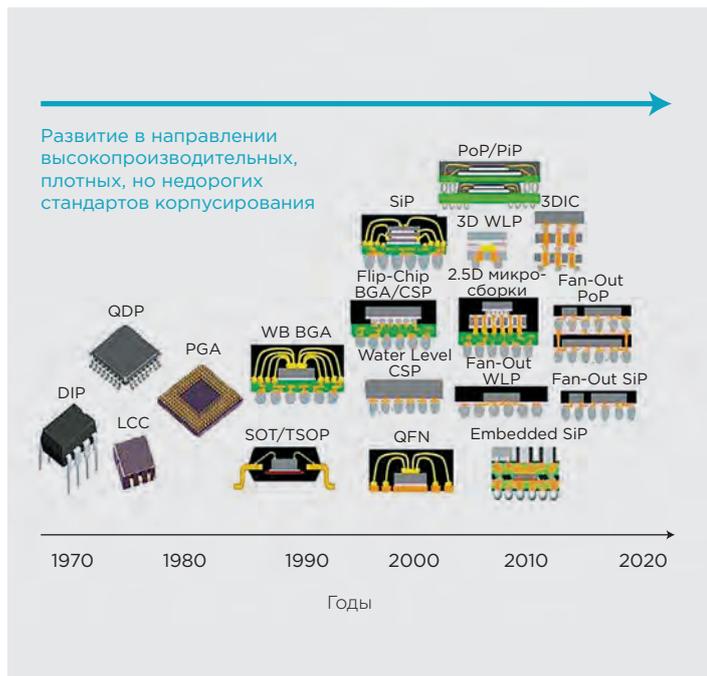
Преимущества сборки микросхем

В компактных QFN-корпусах

Текст: Григорий Савушкин,
Владимир Иванов



QFN (Quad Flat No-lead Package) – тип пластикового корпуса квадратной формы с планарными выводами, расположенными непосредственно под микросхемой по всем четырём сторонам. Является одним из наиболее востребованных в мире стандартов корпусирования электронных устройств. В статье мы рассмотрим его преимущества и технологический маршрут сборки микросхем в QFN-корпусах.



1 Хронология разработки различных типов корпусов и методов микросборки

Преимущества

Стоимость производственной линии микросхем в QFN-корпусах ниже, чем для более сложных корпусов (например, FCBGA) или активно развиваемых в последнее десятилетие 2,5D- и 3D-сборок. На рис 1 видно, что корпус QFN был разработан позже большинства стандартных типов корпусов, таких как DIP, SOP, SOT и TO. Корпус QFN имеет большую плотность контактов и более широкий спектр применений.

Среди преимуществ QFN – небольшой размер, малый вес, хорошее рассеивание тепла, хорошие электрические характеристики и надежность. Сравним 32-контактный QFN и 28-контактный PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier), которые решают одни и те же задачи (рис 2). По сравнению с PLCC площадь поверхности корпуса QFN (5 × 5 мм) меньше на 84 %, толщина (0,9 мм) меньше на 80 %, а вес (0,06 г) меньше на 95 %. Такое существенное превосходство QFN в компактности относительно других корпусов с выводами по четырём сторонам определило их использование для поверхностных сборок большой плотности, применяемых в мобильных телефонах, цифровых камерах, планшетах и других электронных изделиях.

Технологический маршрут

На рис 3 проиллюстрирована последовательность сборки микросхем в QFN-корпусах:

- тейпинг;
- монтаж кристаллов;
- отверждение адгезива;
- разварка соединений тонкой проволокой;

- заливка в пластик;
- детейпинг;
- резка пластины выводной рамки;
- тестирование;
- сортировка и упаковка.

Рассмотрим каждый из основных этапов данного техпроцесса отдельно.

Тейпинг

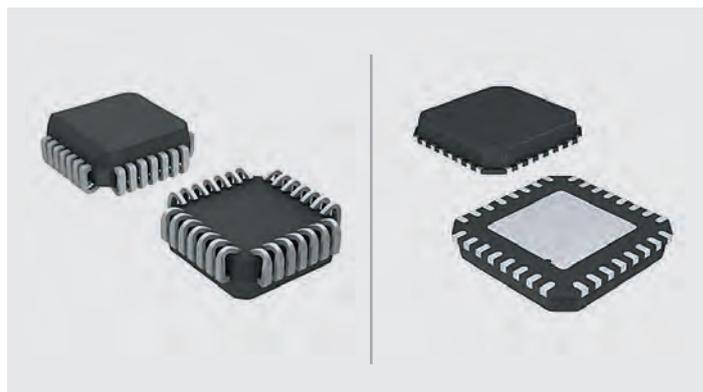
Специальная полиамидная лента наносится на нижнюю сторону выводной рамки, чтобы предотвратить натёки пластика на контакты по время заливки. Самыми распространёнными для данной задачи являются ленты на основе силикона. Перед нанесением ленты рекомендуется плазменная очистка выводных рамок. Тейпинг производится на специализированных автоматических установках. Для отверждения клейкого состава выводную рамку с лентой нагревают.

Монтаж кристаллов

Далее следует нанесение на выводную рамку адгезива или припоя. Дозирование данных материалов производится самой установкой монтажа до размещения кристалла.

Затем следует монтаж кристаллов в соответствующие области выводной рамки (рис 4). Важным параметром здесь является точность монтажа. Неточная и неплоскопараллельная установка кристаллов на выводную рамку повлияет на последующий процесс разварки проволочных соединений. Требуемая точность техпроцесса – не более ±25 мкм, а параллельность должна быть не более ±2°. Также важна поддержка работы с пластинами 150 мм (6") и 200 мм (8"), так как не все производители QFN-устройств работают с пластинами 300 мм (12").

Сам процесс может быть двух типов – либо адгезионный монтаж, либо пайка. Обычно выбирают первый вариант по причине себестоимости. Основное различие между процессами состоит в том, что адгезив отверждается в отдельных печах, а при пайке это происходит в рабочей зоне установки.



2 28-контактный PLCC (слева) и 32-контактный QFN (справа)



3

Последовательность QFN-корпусирования

Отверждение адгезива

На этом этапе происходит отверждение адгезива и, следовательно, скрепление кристаллов с выводящей рамкой. Сам процесс отверждения производится в нейтральной азотной среде с постоянным контролем температуры нагрева. Обычно для данной задачи используются анаэробные печи с настраиваемым термопрофилем по нескольким точкам и с точностью поддержания температуры в пределах 1–1,5 °С.

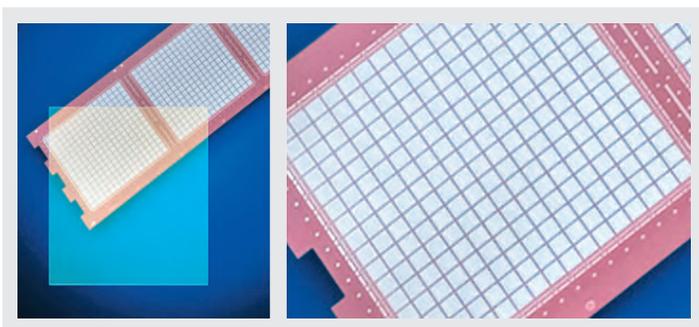
Разварка соединений тонкой проволокой

Суть процесса состоит в том, чтобы соединить контактные площадки кристалла с контактами выводной рамки. Разварка тонкой проволокой является вторым важным этапом микросборки после монтажа кристаллов, и из-за количества контактов вероятность возникновения брака высока.

На рис 5 показана разварка проволокой в корпусах типа QFN48. К кристаллу размером примерно в $\sim 1 \text{ см}^2$ приварены десятки проволочных соеди-

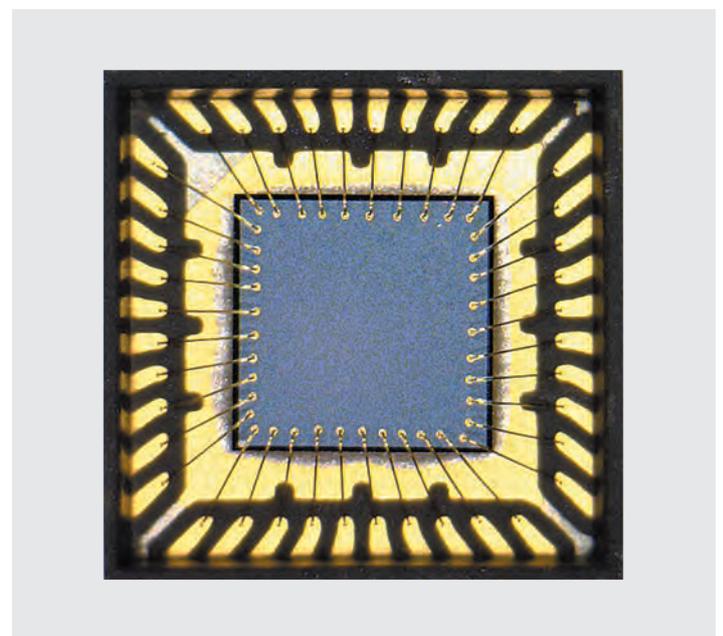
нений, расстояние между контактами 35 мкм, при этом требуется минимальная высота петель.

Поэтому помимо точности при подборе установки разварки тонкой проволокой следует также принимать во внимание наличие функции контроля высоты, длины и формы соединения. Из-за высокой сложности процесса встроенная система технического зрения для визуального контроля качества соединений в режиме реального времени также является важным элементом данного типа оборудования.



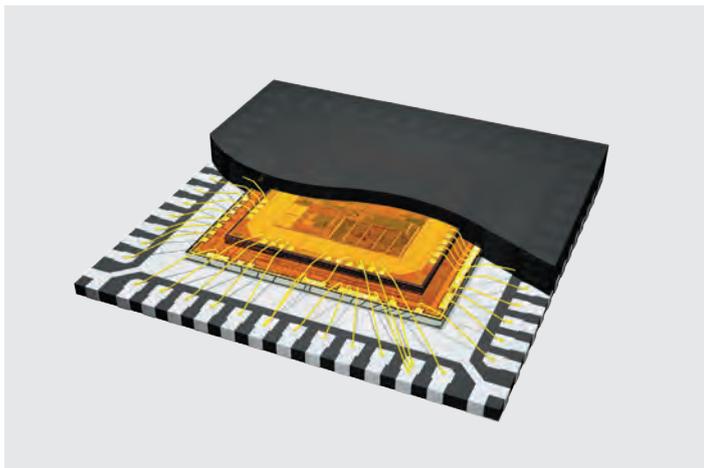
4

Пример выводной рамки типа QFN



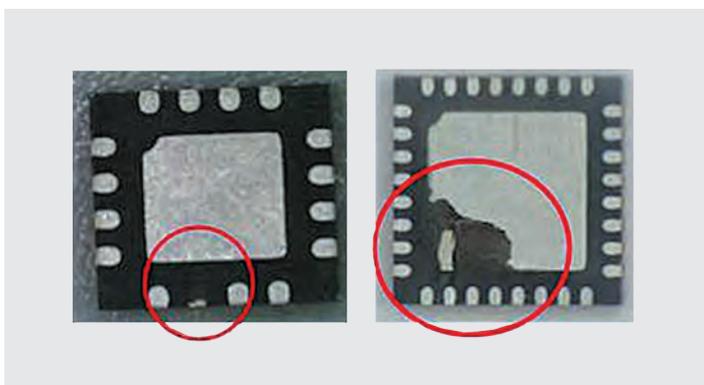
5

Устройство QFN после разварки проволочных соединений



6

Темная поверхность – изолирующий слой пластика



7

Примеры облоя на поверхности контактов



8

Рабочая зона установки дисковой резки

Заливка в пластик (Molding)

Данный этап заключается в заливке устройства эпоксидным составом для изоляции электрических элементов от внешних разрушающих воздействий (рис 6). Затвердевший пластик защищает кристалл и проволочные соединения от механических повреждений и химического воздействия воздуха и влаги внешней среды. Непокрытыми остаются только контакты выводной рамки на нижней поверхности, закрытые плёнкой.

Основным элементом установки заливки в пластик является пресс-форма, которая изготавливается согласно используемой выводной рамке.

Детейпинг

После заливки в пластик непокрытой остаётся только нижняя поверхность рамки, защищённая лентой, нанесённой на первом этапе (рис 7). Съем с ленты производится на тех же автоматических установках, что и тейпинг.

Резка пластины выводной рамки

До этой стадии устройства ещё располагаются на единой выводной рамке. Процесс резки выводной рамки QFN на отдельные элементы аналогичен резке полупроводниковых пластин на кристаллы. Для этой операции используется то же оборудование – установки дисковой резки (рис 8), с учетом замены оснастки и режущего инструмента.

Тестирование

Данный этап не является обязательным в процессе корпусирования, если предыдущие этапы произведены идеально, и брак был ранее обнаружен системами технического зрения установок монтажа и разварки.

Но тестирование необходимо. Устройства, которые не были проверены на данном этапе, несут риск короткого замыкания при эксплуатации после монтажа на печатную плату. Такие виды дефектов, как повреждение контактов, обрыв электрических соединений и критические отклонения изделия от правильной геометрической формы должны быть своевременно обнаружены, и устройство отсортировано как брак.

Сортировка и упаковка

Прошедшие проверку QFN-корпуса помещаются в ленту-носитель или другой формат упаковки. Большое количество единиц продукции при массовом производстве, их малый размер и вес, а также необходимость работы установки с разными типами носителей и устройств делают надежность и производительность этого типа оборудования одними из важных параметров.

В связи с востребованностью на рынке представлен широкий спектр оборудования для производства устройств QFN – от малых серий в рамках НИОКР до массового производства на крупных предприятиях. Это даёт необходимую гибкость в подборе оборудования для создания компактных и эффективных QFN-устройств даже с учётом существующих сегодня ограничений.

Инструменты обеспечения качества

Часть 1: предупреждение брака

Промышленность любой страны имеет свою характерную черту. Так, все мы знаем про отличный итальянский дизайн, немецкую надежность, японскую точность, китайские цены и т.д. У российской радиоэлектронной промышленности тоже есть своя черта. В результате цепочки исторических событий львиная доля наших производителей сфокусировалась на ответственной электронике с высокими требованиями к надежности и качеству.

Учитывая данный факт, команда Остек-СМТ при разработке и реализации концепции Цифрового сборочно-монтажного производства уделила особое внимание вопросам обеспечения качества продукции. Наши заказчики получили в свое распоряжение мощный комплекс инструментов, который поможет свести к минимуму риск возникновения производственного брака и приблизиться к нулевой дефектности.

На тему управления качеством написано огромное количество книг, статей и научных трудов. Сформулировано множество различных концепций и методик, которые легко найти в интернете. Однако при всей сложности и многообразии подходов к обеспечению качества производства необходимо выстроить системную работу по трем ключевым направлениям:

1. Предупреждение брака.
2. Обнаружение дефектов.
3. Сбор и анализ данных.

В данной статье рассмотрим вопрос предупреждения брака. Как известно, самый дешевый способ устранения производственных дефектов – их предупреждение. Если дефект не появился, то и с качеством все хорошо, а значит нет затрат на ремонт и утилизацию бракованных изделий. Чтобы не дать дефекту появиться, необходимо понимать возможные причины брака и выстроить эшелонированную защиту по этим направлениям.

В целом, можно выделить основные группы причин, которые могут привести к возникновению технологических дефектов при производстве радиоэлектроники:

- Ошибка конструкции.
- Поврежденные или некачественные компоненты и материалы.
- Нарушение технологии производства.
- Нарушение работоспособности оборудования.
- Человеческая ошибка или умышленное действие.

Вопросы требований к конструированию и умышленных действий персонала оставим за скобками, т. к. они являются предметом отдельной проработки. Сфокусируемся на тех моментах, которые можно контролировать в рамках производства.

Для предупреждения проблем, связанных с использованием поврежденных или некачественных компонентов и материалов, мы предусмотрели две основные группы решений.

1. Первая группа – это организация правильного хранения с соблюдением требуемых условий. Как это работает? Сначала все компоненты и материалы получают уникальный идентификатор, который позволяет в дальнейшем отслеживать все перемещения. Далее они помещаются в специализированные системы хранения, которые контролируют и поддерживают рекомендуемые климатические условия. Такие системы есть как для компонентов, так и для технологических материалов. За счет автоматизации обеспечивается контроль множества важных параметров, например, срока годности материалов. Это позволяет свести к минимуму человеческую ошибку, которая может привести к браку.

2. Вторая группа – это входной контроль компонентов. Так как у входного контроля на складе есть ряд существенных недостатков и ограничений, мы отдали приоритет проверке компонентов непосредственно в производственном цикле. При этом в нашем комплексе Цифровое сборочно-монтажное производство – исключительно автоматизированные решения, работающие без участия человека. Платы мы проверяем на предмет коробления с помощью специального датчика, встроенного как в автомат установки компонентов, так и в систему селективной пайки. Качество компонентов можем проверить с помощью системы измерения электрических параметров и специализированных оптических систем, встроенных в оборудование. Интересный пример: автоматы-установщики FUJI могут проверять даже маркировку компонентов и полярность до захвата головкой, таким образом исключается ошибка.

Перейдем к теме нарушения технологии производства. Чтобы не допустить отклонения в технологии, мы реализовали в нашей концепции сразу несколько важных комплексных решений.

1. Первое решение – встроенные в оборудование средства самопроверки, которые обеспечивают дополнительную проверку состояния технологического процесса и режимов работы оборудования. В случае отклонения такие системы либо информируют персонал, либо



Контроль хранения компонентов и материалов Storage Solutions

дают автоматическую обратную связь, и оборудование корректирует параметры работы. Отличным примером такой системы является встроенная в установку селективной пайки система контроля формы волны, которая автоматически при отклонении изменяет параметры работы насоса и тем самым обеспечивает высокую повторяемость пайки.

2. Второе решение – средства промежуточного контроля. Если проверять изделия только в конце производственного цикла, то может быть слишком поздно, процесс будет необратимым, а потери огромными. Поэтому важно обеспечить промежуточный контроль в ключевых точках технологического процесса. Здесь необходимо руководствоваться принципом разумной достаточности – не всегда нужно проверять после каждой операции. При разработке стратегии контроля мы опирались на лучшие мировые практики в данном вопросе с учетом особенностей поставленной задачи. Но есть и отечественная специфика – широкое использование ручного труда. В концепции Цифрового производства мы реализовали ряд решений, позволяющих проверять соблюдение технологии при ручных операциях. Например, мы можем автоматически отслеживать температуру жала паяльника радиомонтажников, тем самым обеспечивая соблюдение технологии пайки.

3. Третье решение – средства мониторинга технологического процесса. Так как отслеживать все параметры со всего оборудования и рабочих мест очень сложно, то для удобства наших



Работа с системой контроля хранения

заказчиков мы реализовали возможность мониторинга в режиме реального времени всего спектра ключевых технологических показателей и индикаторов.

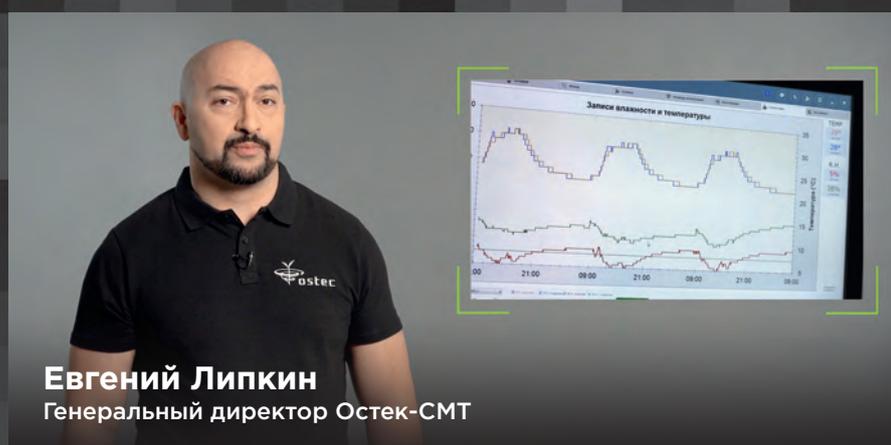
Вся важная информация может быть выведена на диспетчерские экраны в удобной и наглядной форме, а оповещения об отклонениях будут поступать в течение нескольких секунд. Еще одной причиной дефектов является нарушение работоспособности оборудования или его частей. В комплексе Цифровое производство от Остек-СМТ предусмотрено использование оборудования от ведущих мировых производителей, которые идут в ногу со временем и технологиями. В их решениях реализован широкий спектр инструментов самодиагностики оборудования, которые позволяют своевременно распознавать отклонения в его работе.

Благодаря этим инструментам пользователь своевременно узнает, что тот или иной узел оборудования работает с отклонениями, или оборудование нуждается в регламентном техническом обслуживании. Логика работы современных систем самодиагностики строится на упреждающем информировании о необходимости проведения работ с оборудованием, что позволяет заблаговременно предпринять меры. Таким образом, пользователь может быть уверен, что при запуске все системы оборудования находятся в исправном состоянии, и неприятных сюрпризов не будет.

Хорошим примером является функционал автоматов установки FUJI, позволяющий отслеживать наработку и техническое состояние каждого питателя, головки и вакуумного захвата и заблаговременно информировать пользователя о необходимости проведения регламентных работ.

Конечно, говоря о предупреждении дефектов, не стоит недооценивать человеческий фактор. В концепции Цифрового производства мы предусмотрели комплекс технических решений, которые позволяют исключить человеческую ошибку и помочь сотруднику при выполнении операции. Один из примеров – автоматическая проверка ручной набивки перед пайкой выводных компонентов.

Тема стратегии и инструментов обеспечения качества довольно обширна и требует индивидуальной проработки под задачи и специфику предприятия. Специалисты Остек-СМТ помогут выстроить оптимальную систему обеспечения качества на вашем производстве.



Евгений Липкин
Генеральный директор Остек-СМТ

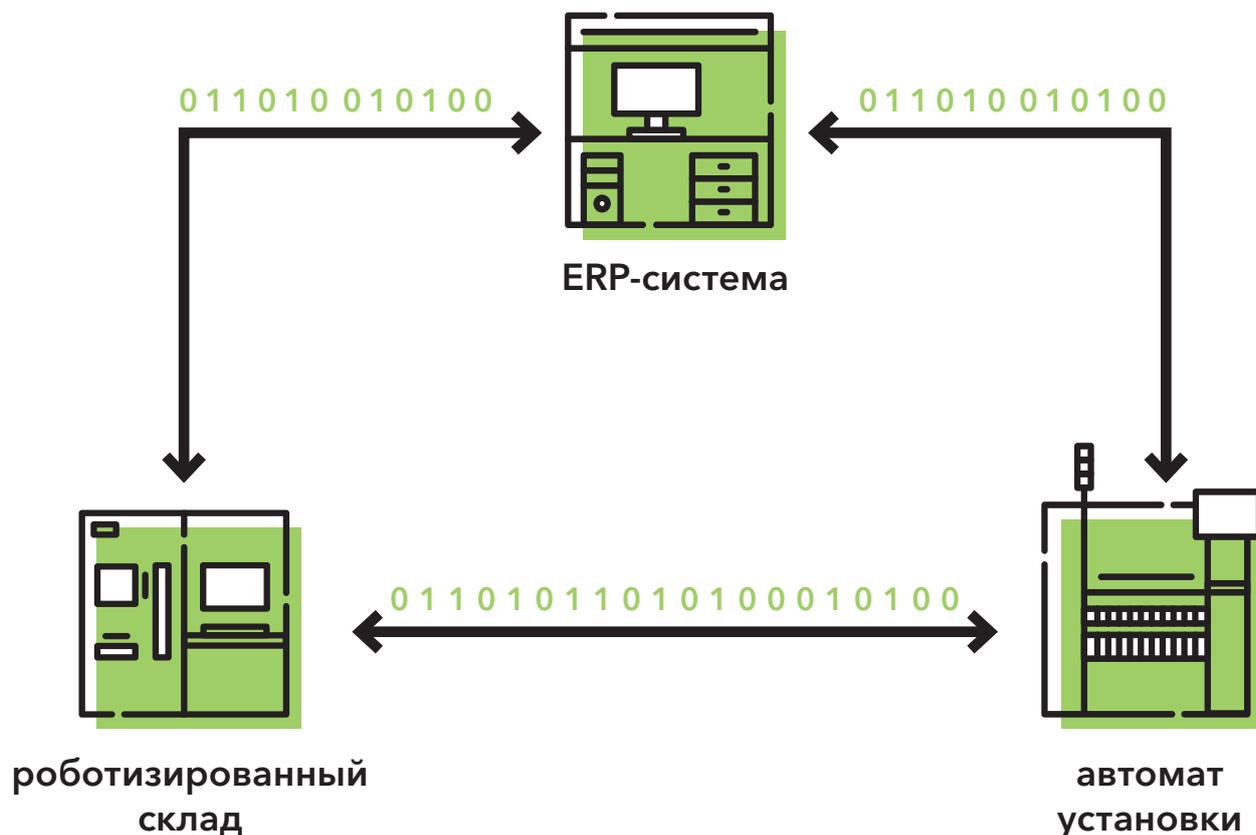


ostec-smart.ru/media

смотреть видеобзор

Склад 4.0

Комплексное решение
для цифрового сборочного производства



Узнать больше

Соответствие концепции «Индустрия 4.0»

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

Инструменты обеспечения качества

Часть 2: обнаружение дефектов

Мы продолжаем разговор об инструментах обеспечения качества, реализованных в концепции Цифрового сборочно-монтажного производства. К сожалению, какие бы инструменты предупреждения производственного брака не применяли на производстве, полностью исключить вероятность дефекта невозможно.

Существует миф, что если технология отлажена, то можно и не контролировать. К сожалению, это не так. Все дефекты мы можем разделить на две большие группы: систематические и случайные. Систематические дефекты проявляются регулярно и имеют прозрачный механизм возникновения. Поэтому за счет оптимизации конструкции изделия, отладки технологии и других средств предупреждения дефектов можно существенно уменьшить их долю в общем объеме брака. А вот со случайными дефектами все сложнее.

Конечно, все случайности не случайны, однако предсказать механизм появления таких дефектов, а главное, найти рациональный способ их предупреждения – крайне сложно. Поэтому даже при идеально отлаженном технологическом процессе мы не сможем избавиться от случайных дефектов. И именно поэтому обязательно требуется контроль качества. Кстати, если посмотреть на сверхпроизводительные линии крупных производств в Китае или Индии, то можно

увидеть автоматизированный контроль после каждой операции, хотя, казалось бы, технология должны быть отлажена идеально.

Раз уж полностью исключить вероятность появления дефекта мы не можем, то мы должны его обнаружить до того, как проблемы с качеством принесут финансовые и репутационные потери. При решении данной задачи мы сформулировали цель своей работы следующим образом: обеспечение контроля технологических дефектов с гарантированным их обнаружением на ранних этапах производства.

Проанализировав текущий уровень технологии и существующую мировую практику, мы выработали требования к решению для контроля качества:

- Высокий уровень автоматизации, обеспечивающий требуемую производительность и исключающий человеческую ошибку.
- Возможность обнаружения 100 % технологических дефектов, то есть дефектов, возникающих при монтаже и пайке компонентов.
- Низкий уровень ложных срабатываний.
- Удобство пользователя.
- Полная паспортизация процесса.
- Возможность интеграции в цифровую инфраструктуру предприятия.

Учитывая, что все производства отличаются по производительности, типам производимой продукции, финансово-экономическим показателям и многим другим параметрам, выбор оптимальной архитектуры системы контроля качества требует индивидуального подхода. Однако в подавляющем большинстве случаев решение по контролю качества строится на той или иной комбинации оптических, рентгеновских или электрических средств контроля.

Концепция цифрового сборочно-монтажного производства предполагает возможность использования решений всех указанных типов и позволяет связать их в единую сеть с получением синергетического эффекта. Рассмотрим подробнее каждую группу средств контроля и особенности их применения в рамках цифрового производства.

Автоматическая оптическая инспекция

Начнем с оптических средств инспекции и контроля (АОИ). Данный класс оборудования позволяет с помощью цифровых камер получать снимки печатного узла и на основе математической обработки изображений осуществлять поиск возможных дефектов.

Сначала целью разработки данного класса систем был поиск альтернативы человеку с лупой или микроскопом, только с большей производительностью и стабильностью. Сегодня на рынке существует широкий спектр решений для оптической инспекции. Разобраться во всем многообразии систем не просто, так как каждый производитель использует свое уникальное техническое решение, непохожее на другие.

Самое главное в выборе системы контроля – это ее соответствии контрольно-инспекционным задачам, для которых она применяется. Дело в том, что многие производители имеют ярко выраженную отраслевую специализацию, что отразилось на технических решениях, использованных в оборудовании. Отсюда и такое многообразие различных решений для оптической инспекции.

Наш партнер в области инспекционных решений, малайзийская компания ViTroх, имеет ярко выраженную специализацию и занимает ведущее положение в сфере производства вычислительной техники и оборудования связи. Дело в том, что эта компания выросла из подразделения ведущего мирового игрока рынка IT и отлично понимает специфику отрас-

ли, тенденции и ключевые приоритеты. В спектре решений компании есть ответы на все инспекционные задачи, с которыми может столкнуться производитель электроники, включая такие специфические, как работа с габаритными платами до $1,3 \times 1,3$ м и работа с высокими компонентами вплоть до 56 мм.

Системы оптической инспекции ViTroх имеют мощнейший набор программных инструментов, который позволяет обеспечить максимально высокую степень автоматизации процесса подготовки программ, верификации и анализа. И это дает максимальную скорость подготовки рабочих программ, сокращение трудозатрат, снижение риска человеческой ошибки на всех ключевых этапах взаимодействия персонала с инспекционным оборудованием.

Говоря об оптической инспекции, нельзя не выделить отдельный класс систем, предназначенных для ручных операций. Учитывая, что при многоменклатурном производстве, характерном для европейских предприятий, высока доля ручных операций, мы предусмотрели в проекте Цифрового производства средства контроля таких операций. Точнее, речь даже не о контроле, а о помощи персоналу.

На рабочих местах может быть установлена специальная система технического зрения, которая в реальном времени проверяет корректность сборки печатного узла или набивки компонентов. Если сотрудником допущена ошибка, система выдает оповещение с подсказкой. Это помогает заметно повысить производительность труда и снизить уровень производственного брака. Такие системы наиболее эффективны перед установкой волновой или селек-



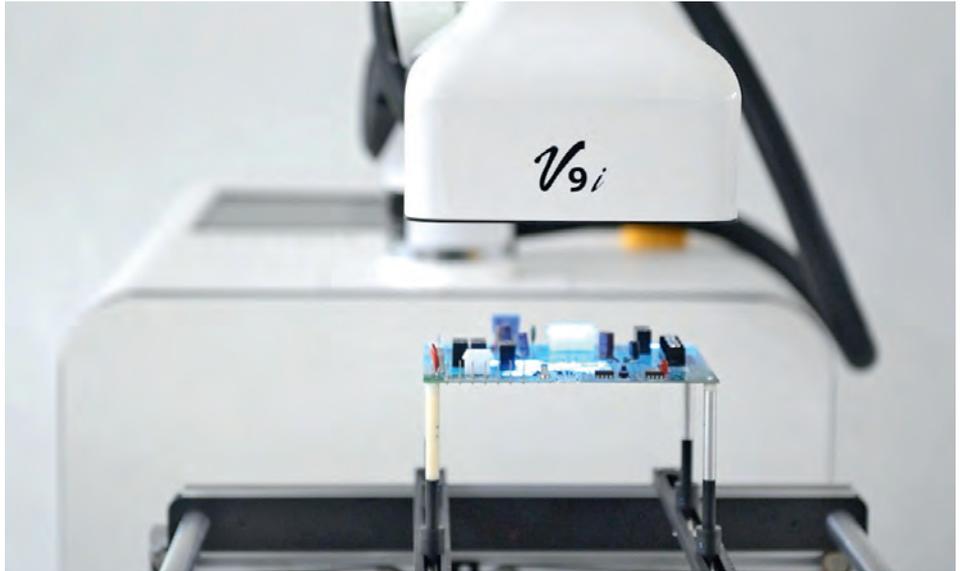
Система автоматической оптической инспекции ViTroх V510i

тивной пайки, где количество ручных операций велико, а исправление ошибки трудозатратно.

Роботизированная оптическая инспекция

Также стоит уделить внимание классу систем ARV, построенных на базе коллаборативного робота (кобота). Данный класс оборудования является относительно новым на мировом рынке и позволяет работать с задачами, решение которых невозможно с помощью других систем. Главная фишка роботизированных систем – гибкость.

- Обеспечивается она, во-первых, степенями свободы самого робота, который может позиционировать инспекционную головку под разными углами относительно объекта инспекции.
- Во-вторых, сама инспекционная головка имеет программно-управляемый угол подсветки, что дает требуемый уровень освещенности и контрастности в самых сложных местах.
- В-третьих, инспекционная головка в зависимости от задач может быть оснащена тремя видами подсветки – RGB, белая и ультрафиолетовая.
- В-четвертых, инспекционная головка может быть оснащена дополнительными измерительными датчиками, например, датчиком высоты.
- В-пятых, система размещена на колесной базе и может перемещаться по производству туда,



Роботизированная инспекция ViTroX V9i

где требуется усилить контроль качества.

Ну и самое главное – это подготовка программ.

Для написания программ не требуются никакие CAD-данные, достаточно образца и 10-20 минут времени оператора. Коботы можно применять для контроля финишной сборки, упаковки, маркировки, влагозащиты и многих других операций, где требуется гибких подход.

В цифровом сборочно-монтажном производстве предусмотрен широкий комплекс решений для оптической инспекции и контроля качества. Однако оптические инструменты не являются панацеей. Существует широкий спектр дефектов и их предвестников, которые сложно определить визуально-оптическим способом.

В первую очередь речь о том, что скрыто внутри платы или паяного соединения, а также внутри корпуса или под корпусом компонента. И здесь на помощь приходит рентгеновская инспекция.

Рентгеновский контроль

Рентген в приборостроении используется давно, но главным образом как инструмент выборочного контроля и отладки технологии. И для этой задачи есть отличные проверенные решения для так называемой ручной или полуавтоматической инспекции. На них мы не будем останавливаться, так как тема хорошо известна.

Намного важнее, что по мере расширения сфер применения корпусов BGA, QFN и им подоб-



Система рентгеновской инспекции ViTroX V810i

ных, уменьшения шага выводов разъемов, увеличения плотности монтажа и в целом увеличения степени интеграции в серийных изделиях, увеличилось и число дефектов, скрытых в глубине. Обычная рентгеновская инспекция, управляемая человеком, с таким потоком проверок не справится. И здесь на помощь приходит рентгеновская инспекция в конвейерном исполнении, ориентированная на поточную проверку печатных узлов после пайки. Такие системы позволяют осуществлять рентгеновскую инспекцию на высокой скорости по заранее написанной программе.

В проекте цифрового производства специалисты Остек-СМТ сделали ставку на 100 % контроль технологических дефектов. Для решения этой задачи нами проработаны различные варианты рентгеновской инспекции, встраиваемой в конвейер.

И здесь мы снова должны поблагодарить нашего партнера – компанию ViTroх. У производителя есть решения, которые позволяют работать с широким диапазоном изделий, обеспечивают высокую скорость и глубину инспекции. Системы отлично справляются с габаритными печатными узлами с плотным монтажом. Это делает их отличным решением для контроля качества при производстве вычислительной техники, аппаратуры цифровой связи и других сложных изделий. Важно, что рентгеновские системы ViTroх отлично существуют и взаимодействуют с оптическими системами компании. У них единый софт и единая база данных, что позволяет обеспечить эффективный сбор информации с разных точек контроля и ее обработку.

Отдельно стоит отметить лучшую в мире производительность рентгеновской инспекции ViTroх, которая обеспечивает настоящий 100% контроль в условиях крупной серии и массового производства, а также максимально высокую эффективность системы.

В большинстве случаев после оптической проверки и рентгеновского контроля все технологические

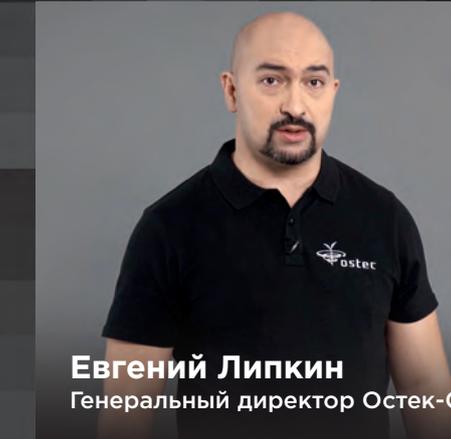
дефекты будут выявлены. Однако бывают ситуации, когда повреждения платы и компонентов происходят на таком уровне, что ни оптикой, ни рентгеном не увидеть. Например, если были использованы низкокачественные компоненты, электрические характеристики которых изменились из-за нагрева при пайке.

Единственный способ обнаружить такие дефекты – внутрисхемный электрический контроль, который выполняется путем проверки отдельных электрических цепей, измерения электрических параметров и анализа выходных сигналов. Важное отличие внутрисхемного контроля от функционального в том, что на изделие не подается рабочее напряжение. Это позволяет одновременно и найти дефект, если он есть, и не сжечь изделие. В зависимости от задач, конструктива печатной платы и требуемой производительности при построении Цифрового сборочно-монтажного производства можно использовать как тестер с подвижными контактными пробами, так и тестер с оснасткой, известной как «ложе гвоздей».

Все вышеперечисленные контрольно-инспекционные системы – и оптические, и рентгеновские, и электрические – могут быть объединены в единый комплекс автоматического контроля качества на сборочном производстве. Такой комплекс не только успешно отлавливает дефекты на различных этапах производства аппаратуры, но и фиксирует всю информацию о проводимых проверках. Работа с этой информацией достойна отдельного рассмотрения.

Такой комплекс не только успешно отлавливает дефекты на различных этапах производства аппаратуры, но и фиксирует всю информацию о проводимых проверках. Работа с этой информацией достойна отдельного рассмотрения.

Специалисты Остек-СМТ помогут выстроить оптимальную систему контроля качества на вашем производстве.



Евгений Липкин
Генеральный директор Остек-СМТ



смотреть видеобзор

ostec-smart.ru/media

Инструменты обеспечения качества

Часть 3: сбор и анализ данных

Когда мы говорим об управлении качеством, то в первую очередь предполагаем действия, направленные непосредственно на улучшение качества производства и снижение уровня дефектности. Да, конечно, выстроив многоуровневую систему поиска дефектов, мы обеспечиваем надежную защиту. Но вот становится ли качество выше? Попробуем разобраться.

Самый главный показатель, на который стоит ориентироваться в оценке уровня качества продукции и дефектности, – это выход годных с первого прохода. Многим знакомо его английское название First Pass Yield и аббревиатура FPY. Важность этого показателя легко продемонстрировать на примере.

Предположим, в городе N есть два конкурирующих предприятия, выпускающие аналогичную продукцию. У обоих предприятий с точки зрения их потребителей все с качеством отлично. Каждая единица продукции – исправна и замечательно работает. Однако посмотрим, что же происходит на самих производствах. Первое предприятие имеет выход годных с первого прохода, равный 95 %. То есть только 5 % продукции имеет обнаруженный брак, который надо либо отремонтировать, либо утилизировать.

Второе предприятие имеет уровень выхода годных с первого прохода 70 %, то есть количество дефектной продукции в шесть раз больше, чем у конкурентов. А значит и структура производственных затрат, связанных с обеспечением качества, при прочих равных показателях может быть хуже, чем у конкурента.

До клиента и там, и там дойдет только работающая качественная продукция. Но вот к структуре производственных затрат стоит присмотреться внимательнее. Бракованная продукция – это всегда затраты. И один из способов их снизить – это повысить уровень выхода годных изделий с первого прохода. Как это сделать?

Сначала необходимо позаботиться о предупреждении дефектов. А вот после того, как были задействованы основные механизмы предупреждения дефектов, начинается большая и сложная работа по повышению уровня качества. И самое главное в этой активности, можно сказать, ключ к успеху, – это сбор и анализ данных, полученных при работе контрольно-инспекционного оборудования. Дело в том, что при поточной проверке изделий формируется огромный массив данных о статистике дефектов, о проблемных компонентах, о том, как дефект появляется и прогрессирует. И все это с цифрами, фотографиями и другими полезными деталями.

Получается практически Big Data. По всем правилам работы с большими данными их надо структурировать, анализировать и вычлнять ценную информацию, которая позволит проследить причинно-следственные связи возникновения дефектов. И когда мы докопались до первопричины, то можем с ней работать, выстраивая механизмы предупреждения брака и оптимизируя технологию.

Получается своего рода цикл, движение по которому непременно приводит к улучшению уровня качества,

повышению уровня выхода годных с первого прохода и снижению затрат на качество. И если из этого цикла убрать сбор и анализ данных о качестве, то поиск причин дефектов будет напоминать гадание на кофейной гуще с сомнительными перспективами на успех.

В концепции Цифрового сборочно-монтажного производства специалисты Остек-СМТ учли важность сбора и анализа данных о качестве. И не просто учли, а включили все необходимые инструменты, чтобы технологи и специалисты по качеству могли провести анализ каждого дефекта и рекламации, локализовать время и причину возникновения брака и предпринять корректирующие и предупреждающие действия.

Все решения максимально автоматизированы. И полученные данные используют не только сотрудники. Часть информации передается напрямую между единицами оборудования. Например, результаты анализа контроля нанесения припоя передаются в автомат трафаретного нанесения в виде управляющей команды по смещению трафарета для получения оптимального отпечатка.

С точки зрения сбора и анализа данных о качестве в комплекс цифрового производства в дополнение к средствам для работы со сводной статистикой входит инструментарий для работы с отдельными изделиями. В случае рекламации или брака можно просмотреть цифровой паспорт конкретного изделия с детальной информацией об истории его производства, использованных компонентах и пройденном контроле. Это позволяет понять природу проблемы с качеством.

Также мы уделили особое внимание визуализации данных. Все ключевые индикаторы, связанные с каче-

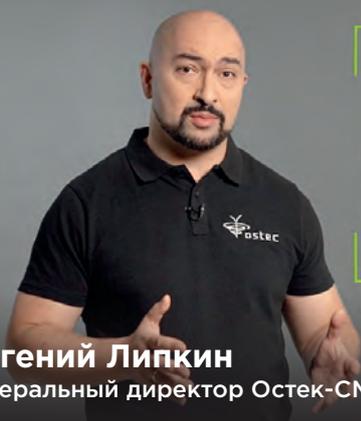


Контроль работоспособности оборудования в диспетчерском центре

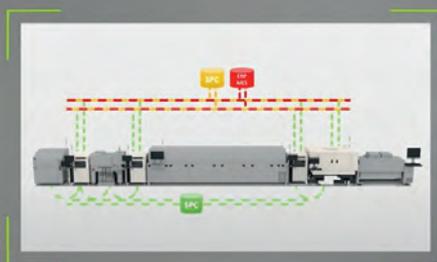
ством, могут быть выведены на диспетчерские экраны в удобной наглядной форме. Визуализация ключевых индикаторов обеспечивает удобство персонала в плане трактовки данных и выявления трендов. Также информация об отклонениях может быть передана на мобильные устройства персонала. Это позволяет оперативно реагировать на них.

При разработке концепции и проекта Цифрового сборочно-монтажного производства мы стремились реализовать комплекс решений, который поможет обеспечить управление качеством на уровне ведущих мировых предприятий. Нами была проделана колоссальная работа по анализу мировой практики и технических решений. Часть инструментов пришлось разрабатывать самостоятельно с учетом отечественной специфики.

Сегодня мы уверены, что можем обеспечить передовой уровень управления качеством на предприятиях наших заказчиков. Специалисты Остек-СМТ будут рады помочь в построении системы качества на вашем производстве!



Евгений Липкин
Генеральный директор Остек-СМТ



смотреть видеобзор

ostec-smart.ru/media

Гибкая инспекционная система V9i от компании ViTroх

В ряде случаев предприятиям экономически нецелесообразно покупать отдельные инспекционные системы на каждый участок производства электроники. Такое может случиться, например, при разработке нового продукта, когда горящая точка контроля продукта перемещается как по разным этапам производства, так и по разным участкам – от этапа установки компонентов к этапу ручной сборки, механической сборки, даже к этапу нанесения влагозащитных покрытий. И контроль необходимо осуществлять поочередно на каждом из этих мест до тех пор, пока качество не будет отстроено окончательно.

Для решения такого рода задач применяется роботизированная система контроля V9i, разработанная компанией

ViTroх. Она состоит из оптического модуля, координатного робота (робота) и пульта управления на колесиках для обеспечения мобильности.

Принцип работы и преимущества системы контроля

Система проводит сравнение эталонного изображения и изображения исследуемого объекта между собой. Для того, чтобы получить изображение исследуемого объекта, оператор задает верхний левый и нижний правый угол объекта, после чего система автоматически сканирует поверхность объекта. Полученные изображения сравниваются с эталонными для поиска отличий. Отличия могут



Автоматическое сканирование поверхности объекта системой V9i



Вывод данных по итогам контроля системой ViTroх V9i

быть как по всей плате (или другому объекту), так и в ключевых точках, которые оператор задаст позднее.

Как и в любой оптической системе контроля важную роль в работе V9i играет подсветка. Ее цвет и угол выбираются оператором в зависимости от задачи, точно также, как и угол наклона самого оптического модуля.

Система V9i мобильна и удобна в эксплуатации – благодаря колесам на станине ее можно легко перемещать из одного участка в другой. Использовать систему на конвейерном рабочем месте можно благодаря встроенному интерфейсу SMEMA. А на обычном рабочем месте рядом с сотрудником благодаря колесам кативному роботу.

Для работы роботизированной системы V9i требуется только подключение 220 В, а к локальной сети предприятия она может быть подключена как при помощи кабеля, так и с помощью WI-FI-модуля.

Время подготовки инспекционной программы с нуля занимает менее одного часа. Это достигается благодаря автоматической калибровке системы, обучению без САD-данных по «золотому» образцу и автоматической генерации инспекционной программы.

Диапазон применения системы

- Контроль ручных операций, например, для контроля установки ТНТ-компонентов.
- Контроль и установка СМD-компонентов.
- Определение наличия посторонних предметов на плате или объекте.
- Контроль влагозащитных покрытий.
- Контроль и считывание маркировки.
- Контроль микросхем на входе.
- Контроль финишной сборки, в том числе затяжка винтов.
- Фотофиксация собранного изделия.



Роботизированная система контроля V9i на линии поверхностного монтажа

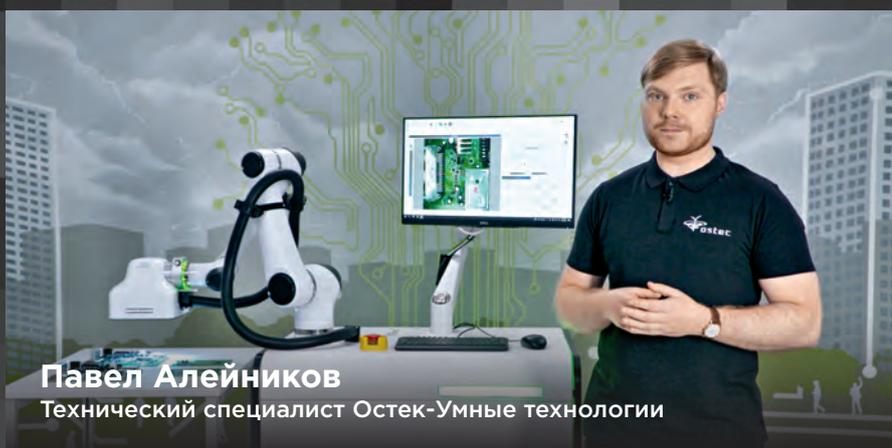
Параметры оборудования

- Габариты исследуемых объектов от 50 × 50 мм до 510 × 510 мм.
- Скорость инспекции – 30 см² в сек.
- Разрешение от 32 микр.
- Угол наклона оптического модуля от 0 до 90°.
- Система подсветки – RGB. Дополнительно может быть установлена ультрафиолетовая подсветка для контроля влагозащитных покрытий.

Результаты контроля могут быть переданы в программный комплекс V-ONE для сбора и анализа статистики. Комплекс собирает и аккумулирует данные с разных участков контроля и выводит сводные таблицы и диаграммы по каждому из них.

Мобильная и гибкая инспекционная система V9i от ViTroх найдет свое применение на любом из этапов производства изделия и на любом из участков его сборки.

Эксклюзивным дистрибьютером производителя в России и странах ЕврАзЭС является компания Остек-СМТ. Наши специалисты готовы рассказать вам подробнее о системах от ViTroх и помочь с подбором оптимальной конфигурации для решения ваших производственных задач.



Павел Алейников
Технический специалист Остек-Умные технологии



смотреть видеобзор

Академия технологий Остек-СМТ расширяет границы

Обучающий проект «Академия технологий» от компании Остек-СМТ, цель которого помочь коллегам по отрасли успешно развивать производство электроники, в связи с изменившимися внешними условиями меняет акценты, а также расширяет свое присутствие в социальных сетях. Теперь новые материалы по актуальным технологиям, решениям и трендам рынка, включая анонсы и записи вебинаров, видео и статьи, подписчики смогут увидеть в телеграм-канале «Академия технологий Остек-СМТ» и одноименном сообществе ВКонтакте.

В середине 2021 года на платформе YouTube был дан старт **проекту «Академия технологий»**, направленному на обзор передовых технологических решений и лучших практик. Главной целью проекта было помочь отечественным производителям в планировании развития производства и повышении его эффективности.

Теперь же Академия решила расширить свое присутствие, и контент-проект появился сразу на двух популярных медиаплощадках – ВКонтакте и Telegram. Новые ресурсы призваны помочь проекту наладить активное и удобное взаимодействие с коллегами по отрасли, продолжать оказывать им помощь в успешном развитии производства электроники, а также привлечь новых единомышленников. При этом миссия проекта остается неизменной – выход отечественной радиоэлектроники на качественно новый уровень.

Появление новых платформ – это также ответ на изменения в современной производственной среде. С недавних пор тер-

мин «импортозамещение» приобрел реальный смысл и стал безальтернативным путем развития. Сегодня перед приборостроительной отраслью, как и перед всей отечественной промышленностью, стоит задача освоить производство практически всего спектра продукции, которую раньше импортировали из-за рубежа, при этом в плане качества и функциональности требования как никогда высоки. Речь идет в том числе и о наиболее сложной и критически значимой аппаратуре.

Для полноценной замены продукции мировых лидеров нужны производства мирового уровня. Когда требуется освоить производство техники, которую делают лучшие мировые производители, то производство надо строить с учетом лучших мировых практик, позволяющих обеспечить хотя бы примерно сопоставимый уровень стоимости и качества.

Именно с этой мыслью компания Остек-СМТ и решила перезагрузить проект «Академии технологий» и актуализировать под приоритетные задачи его формат и контент.

На своих платформах «Академия технологий» будет знакомить подписчиков с лучшей мировой практикой и наиболее эффективными решениями для электронной отрасли. К работе планируется привлечь в качестве соавторов как отечественных экспертов с практическим опытом, так и зарубежных партнеров из нейтральных стран.

Подписаться на новые каналы и следить за новыми материалами «Академии технологий Остек-СМТ» можно по ссылкам ниже.



**АКАДЕМИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ
ОСТЕК-СМТ**





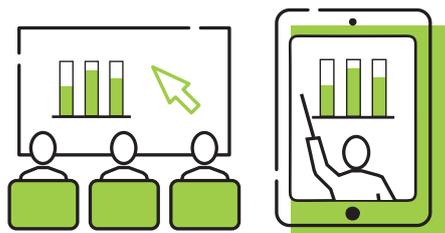
РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ FLEX: РОБОТОИНСПЕКЦИЯ ●●●



- 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



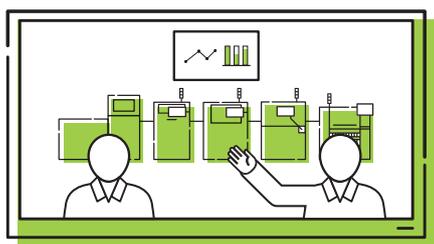
АКАДЕМИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ



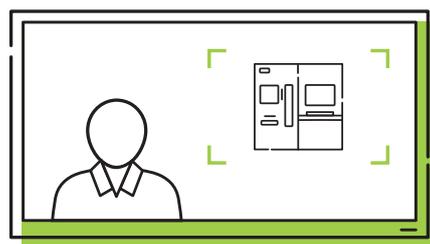
СЕМИНАРЫ
ОНЛАЙН И ОФЛАЙН



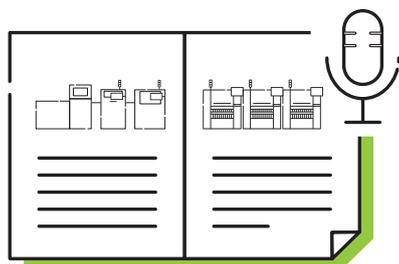
ПРОФИЛЬНЫЕ КАНАЛЫ
В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



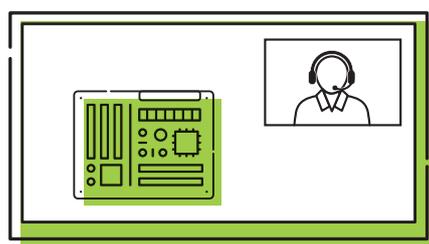
РЕПОРТАЖИ И КЕЙСЫ
С ПРОИЗВОДСТВ



ВИДЕООБЗОРЫ
РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ



ЭКСПЕРТНЫЕ
СТАТЬИ И ИНТЕРВЬЮ



ВИДЕОПРЕЗЕНТАЦИИ
И ЗАПИСИ ВЕБИНАРОВ

