

СЕНТЯБРЬ | 2016 | №3 (11)

# ЭКСПЕРТ+

ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

## Подобное — подобным

Сравнение  
конформных покрытий

## Особенности национального импортозамещения

Проблемы импортозамещения  
электронной компонентной базы

## Простое сложное

Новейшие технические  
достижения в области  
рентгеновского контроля

**Г**  
**Д** ДИПОЛЬ

# + Устойчивый курс



**ДИПОЛЬ**

## От редакции



Андрей Пакин, директор по внешним связям компании «Диполь»



**Честность, ответственность и равнодушие к интересам заказчика — это то, что превалирует над материальной выгодой**

Конкурентный рынок никогда не отличался мягкостью нравов. Компании борются за свои позиции, за клиента и его деньги, и часто в деловом общении приходится сталкиваться с вопросами «А не пора ли вам быть жестче, агрессивней, не гнушаясь всех возможных способов?». Мол, зубастей нужно быть.

Да, играть приходится в предлагаемых обстоятельствах, понимая сложившиеся правила игры. Понимая, но не обязательно принимая. И не боясь вводить свои правила и отстаивать их.

Бизнес — это не только материальная выгода. И уж тем более не материальная выгода любой ценой. В нашей компании часто цитируются слова предпринимателя Фредерика Филиппа: «Чест-

ность в бизнесе не только нравственна, но и продуктивна. Честность окупается».

Можно в работе с клиентом прибегать к незаконным схемам, а можно заинтересовывать не корыстными мотивами, а позицией эксперта, понимающего, что нужно заказчику, и уверенного в своей правоте.

Можно хвататься за любое предложение и, не вдаваясь в детали, продавать клиенту все, что он ни попросит (лишь бы купил и денюжки перевел). А можно поинтересоваться у заказчика: «Почему вы хотите именно это оборудование, что собираетесь на нем производить, в каком режиме и в каких количествах?» — и только после определения всех обстоятельств предложить заказчику то, что ему

действительно нужно. Может, даже не то, что он изначально (ошибочно) хотел. Может, даже за меньшие деньги, которые был готов отдать ваш партнер. Но зато это будет именно партнер, а не просто клиент, а ваша сделка будет выгодна не только вам, но и ему.

Честность, ответственность и равнодушие к интересам заказчика — это те самые правила игры, которые мы отстаиваем. Это то, что превалирует над материальной выгодой. Это то, что я постоянно наблюдаю у наших сотрудников. И не потому, что им это предписано, а потому что по-другому мы не умеем, потому что другое у наших людей вызывает отторжение. Вот такой подход и есть наши «зубы» на хищном конкурентном рынке.



## 4.

### Оборудование

Тесты тестеров.  
Перезагрузка



## 32.

### Рынок

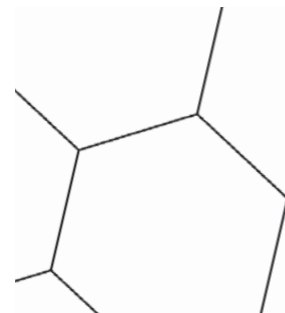
Особенности  
национального  
импортозамещения



## 16.

### Технологии

Простое сложное



## 48.

### Технологии

Подобное — подобным

## 56.

### Технологии

Управление технологическими  
процессами с использованием  
трехмерного оптического контроля



## 70.

### Измерения

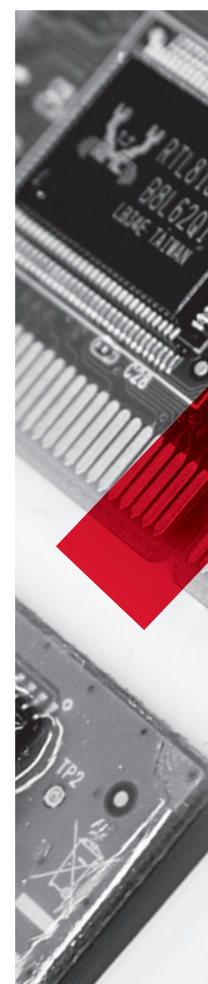
Моделирование  
окружающей среды



## 78.

### Оборудование

Эксперименты  
по измерению синфазного  
шумового тока источника питания



## 84.

### Технологии

Чистый сервис

Научно-технический журнал «Эксперт+» является корпоративным информационным изданием компании «Диполь». Журнал посвящен инновационным решениям для разработки, производства и испытаний электронной техники.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 — 58957 от 05 августа 2014 года.  
Учредитель ЗАО «Диполь Технологии». Периодичность выхода — 4 раза в год. Тираж 2500 экз.  
Распространяется бесплатно.

Подписка на журнал осуществляется запросом в произвольной форме на электронный адрес: [expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)

Редакционный совет:  
Сергей ОРЛОВ  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Главный редактор:  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Дизайн и верстка:  
Елена АХМАДЕЕВА

Компания «Диполь»  
Санкт-Петербург  
(812) 702 12 66  
Москва  
(495) 645 20 02  
Нижний Новгород  
(831) 464 97 27  
Екатеринбург  
(343) 227 12 66  
Прага  
+420 2 5573 9633  
[expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)



# Тесты тестеров. Перезагрузка

**Изменения на российском рынке тестеров  
проводного монтажа жгутов и кабелей.  
Тонкости импортозамещения и сертификации**



Сергей Сидоров, заместитель директора  
ООО «ДИПОЛЬ» по работе с ключевыми  
заказчиками, руководитель направления  
«Решения для производства  
кабельных сборок и жгутов»  
ssg@dipaul.ru

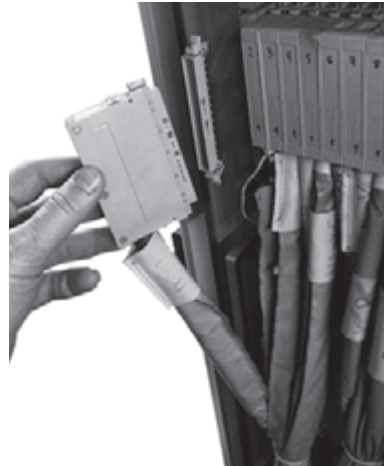


Год назад в нашем журнале «Эксперт+» была опубликована статья «Тесты тестеров». В этом обзоре я провел сравнительный анализ различных тестеров кабелей и жгутов российских и зарубежных производителей. Публикация вызвала большой интерес, и мы благодарны читателям за множество присланных вопросов и комментариев. Но любая информация со временем неизбежно устаревает, и мы уверены в необходимости нового анализа появившихся за год тенденций и новинок.

Ряд катастроф, вызванных техническими отказами, обуславливает ужесточение требований к качеству авиационной, в особенности — космической техники. Потому следует детальной осветить тему сертификации тестеров на тип средства измерений. Также требуется разъяснить разницу между сертификацией и аттестацией тестеров и, соответственно, оценить легитимность использования результатов тестирования кабелей и жгутов для самолетов, ракет и других ответственных объектов контроля.

## Для начала рассмотрим отечественные тестеры

### «Лиана-Р100Е»



Система «Лиана»

Тестер «Лиана-Р100Е» выпускает производитель ОАО «НПО «Радян» (Санкт-Петербург). Информация по этому прибору за прошедший год не претерпела изменений. С точки зрения сертификации — все то же: в Госреестр данная система не занесена и, соответственно, формально средством измерений не является. На сайте производителя технические данные по большей части отсутствуют. Аттестаты сообщают, что «Лиана-Р100Е» прошла испытания на соответствие некоему протоколу (причем было это 11 лет назад). У тестера по-прежнему отсутствует четырехпроводная схема измерений, а возможности коммутатора по высокому напряжению находятся на уровне не более 650 В. Примечательно, что максимальное сопротивление, измеряемое «Лиана-100Е», составляет 100 МОм, а это очень низкое значение. Фактически такой важный параметр, как сопротивление изоляции, на «Лиана-Р100Е» ни измерить, ни проверить не представляется возможным. Из-за отсутствия прибора в Госреестре производитель элегантно сообщает о том, что тестер не «измеряет» сопротивление, а «проверяет». Но этот оборот не способен ввести в заблуждение специалистов.

Следует также упомянуть, что на многих предприятиях «Лиана-Р100Е» заменяют на более современные приборы. Это не удивительно, поскольку возможности «Лиана-100Е» более чем скромны, что не позволяет ему конкурировать с современными тестерами. Объем продаж тестера, судя по всему, невелик, основные покупатели — это те предприятия, которые уже имеют эту систему и пока не отказались от нее.

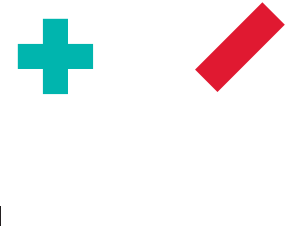
НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	«ЛИАНА-Р100Е»
Производитель/дилер	ОАО «НПО «Радян»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Отсутствует
Технические нововведения за последний год	Отсутствуют
Объем продаж, основные покупатели	Предприятия, у которых уже имеется эта система

### «АСК-МКИ»

Следующий участник обзора — автоматизированная система контроля монтажно-коммутационных изделий «АСК-МКИ» (производитель — «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг»).

Судя по информации с сайта производителя, за прошедшее время появилось несколько модификаций «АСК-МКИ». Основное отличие между ними в том, что в некоторых упрощенных моделях (03 и 05) исключается электронный коммутатор и пробойная установка. Видимо, это делается для снижения стоимости, так как электронный коммутатор в современных системах контроля монтажа практически нигде, кроме «АСК-МКИ» не используется. Ранее он применялся для сохранения ресурса крайне ненадежных реле прошлых поколений. Но так как современные реле выдерживают сотни миллионов циклов коммутации, то потребность в электронном коммутаторе в современных аналогах «АСК-МКИ» отпала. По-прежнему в большинстве своих применений система работает по четырехпроводной схеме. При работе по двухпроводной схеме используется только половина прибора. Также стоит обратить внимание на технические параметры, в которых прописано, что при работе по двухпроводной схеме в самом используемом диапазоне до 10 Ом погрешность измерений огромна. Для значений до 2–4 Ом (именно к этому диапазону относится большинство проверяемых кабелей) абсолютная погрешность доходит до 2 Ом, что составляет от 50 до 100% от измеренной величины. С такими показателями действительно лучше работать только по четырехпроводной схеме. В отличие от «Лиана-100Е», «АСК-МКИ» сертифицирована на тип средства измерений, занесена в Госреестр средств измерений РФ (сертификат типа СИ №24109-02) и, соответственно, имеет утвержденную методику поверки. В целом «АСК-МКИ» мало изменилась за год. Точной информации по объему продаж получить не удалось, но по косвенным признакам он составляет несколько комплектов в год. Какого-либо влияния на рынок тестеров жгутов в РФ продажи «АСК-МКИ» не оказывают.

НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	«АСК-МКИ»
Производитель/дилер	ОАО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Сертификат типа СИ №24109-02
Технические нововведения за последний год	Появилось несколько упрощенных моделей — без электронного коммутатора и пробойной установки
Объем продаж, основные покупатели	Точная информация отсутствует (предположительно — несколько комплектов в год)





Коммутатор ВВК6-М



Коммутатор РК-76



Коммутационное поле тестера ТЕСТ-9110-VXI с переходными адаптерами



Коммутатор ВВК6-АХ1е

### ТЕСТ-9110-VXI «Полет»

Рассмотрим теперь автоматизированную систему контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI «Полет» (производитель — холдинг «Информтест»).

За год у системы появилось много нововведений, и некоторые из них следует осветить подробнее. Так, для этой системы было разработано несколько новых коммутаторов:

- Коммутатор ВВК7 на 200 каналов в VXI-формате, который может работать с напряжениями 2120 В постоянного тока и 1500 В переменного тока. Этот коммутатор, видимо, придуман специально для конкуренции с аналогичными коммутаторами — Synor 5000, Weetech W454, МК-Test. Во всех этих системах есть коммутаторы на такие напряжения, но их максимальные возможности — 64 канала на плату коммутатора. Этот показатель втрое меньше, чем у ВВК7. Поэтому аналогичные по количеству каналов системы на основе коммутаторов ВВК7 будут втрое меньше по размерам, чем их аналоги.
- Коммутатор ВВК6-М в формате VXI на 100 каналов с рабочими напряжениями 3000 В постоянного тока и 2000 В переменного тока. Импортные аналоги имеют максимум 32 канала с подобными параметрами.

- Новый коммутатор РК-36 (работающий в LXI-крейте БРК-308), разработанный в LXI стандарте и выдерживающий напряжение 3500 В постоянного тока и 2500 В переменного тока. Создание БРК-308 — это явная попытка распространить применение системы ТЕСТ-9110 для тестирования кабельной сети поездов и кораблей (для этих объектов всегда были повышенные требования к изоляции кабельной сети).
- Наиболее примечательная версия коммутатора — коммутатор ВВК-АХ1е, выполненный в стандарте АХ1е-0, имеющий 300 каналов с рабочими напряжениями 2120 В постоянного тока и 1500 В переменного тока. Этот коммутатор и версия системы ТЕСТ-9110 в формате АХ1е заслуживают особого внимания. В один 14-слотовый АХ1е-крейт можно разместить 13 коммутаторов и, соответственно, 3900 каналов тестера ТЕСТ-9110. На сегодня это рекордный показатель, другие тестеры похвастаться этим не могут (ближайший соперник Synor-5000 проигрывает по количеству каналов в одном крейте почти вдвое). Благодаря таким свойствам цена за один канал падает, так как отпадает необходимость в дополнительных крейтах и контроллерах (для тестовых систем с количеством каналов от 2200 до 3900). Ранее все системы подобного класса размещались в нескольких крейтах.

Требуется оценить легитимность использования результатов тестирования кабелей и жгутов для ответственных объектов контроля



Коммутатор ВВК7

Установка УПЭМ →

**Появление новых версий ТЕСТ-9110 наглядно демонстрирует достоинства открытой архитектуры построения системы и гибкость вариантов исполнения**



Помимо коммутаторов, у системы появился новый измеритель — установка УПЭМ, выполненная в LXI-стандарте. Прибор весьма интересный, совмещающий в себе прецизионный измеритель напряжения, измеритель сопротивлений на 6,5 знака точности, мегамметр, работающий в диапазоне до 5 ГОм, измеритель параметров p-n-переходов, пробойную установку до 4000 В и LCR-измеритель. Фактически этот прибор объединил в себе все опции, которые могут потребоваться для тестера проводного монтажа. Основной измеритель VXI-версии — модуль ИС4 — также прошел корректировку и теперь позволяет измерять напряжение, выдавать напряжение постоянного тока до 1050 В и переменного тока до 750 В, ток до 2 А (ранее было 1000 В DC/650 В AC и 1 А). Модернизация ИС4, видимо, проведена с расчетом на конкуренцию с иностранными аналогами, имеющими такие же параметры.

Большое количество нововведений фактически привело к тому, что теперь систему ТЕСТ-9110-VXI следует называть просто ТЕСТ-9110, которая может поставляться в версиях VXI, AXIe, LXI. У каждой разновидности есть свои достоинства и своя область применения, при этом все они управляются единым программным обеспечением АФК-9110. Появление новых версий ТЕСТ-9110 наглядно демонстрирует достоинства открытой архитектуры построения системы и гибкость вариантов исполнения. Выбор оптимального варианта остается за потребителем.

Достоинно упоминания и то, что система ТЕСТ-9110-VXI продлила сертификаты типа средств измерений в 2015 г. еще на 5 лет — как в гражданском, так и в военном исполнении (сертификат типа СИ №45982-10). В программном обеспечении системы ТЕСТ-9110-VXI метрологически значимая часть выделена, и модификация ПО проводится, не требуя новой сертификации. Это явный плюс по сравнению с импортными тестерами. Все модификации, перечисленные выше, привели к тому, что в 2016 г. у системы появился новый сертификат типа СИ, в котором прописаны новые возможности тестера ТЕСТ-9110. Что касается объема продаж этого прибора за 2015 г., то, по информации холдинга «Информтест», он составляет 32 поставленных тестера, что является лучшим результатом за все годы продаж. Немалую часть поставок, конечно, выполняют дистрибьюторы, основным из которых является компания «Диполь».



Автоматизированная система контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI со столом для подключения



Набор модулей ТЕСТ-9110-VXI →

НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	ТЕСТ-9110-VXI
Производитель/Дилер	Холдинг «Информтест»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Сертификат типа СИ №45982-10. Сертификат на обновленную систему ТЕСТ-9110 (получен в начале августа 2016 г.)
Технические нововведения за последний год	Новая линейка коммутаторов: ВВК7 (200 каналов, 2120 В DC/1500 А DC), ВВК6-М (100 каналов, 3000 В DC/2000 В AC), БРК-308 (144 канала, 3500 В DC/2500 В AC). Установка УПЭМ — мегамметр, пробойная установка, LCR-измеритель. Обновление измерителя модуля ИС4
Объем продаж, основные покупатели	32 шт. за 2015 год



Тестер Synor-5000H

Ну а что же иностранные представители? По их заверениям, продажи идут, но с падением объема, на который влияют объективные негативные тенденции на российском рынке: это и падение курса рубля, и резкое сокращение программ перевооружения предприятий за государственный счет. Серьезной причиной является и то, что зарубежные тестеры широко используются на Западе для проверки жгутов военной техники, что увеличивает риск попадания под существующие санкции. Но, пожалуй, основным фактором стало появление российской конкурентоспособной альтернативы, а также действенная государственная политика импортозамещения, следствием которой стало приводимое во многих объявляемых тендерах требование, чтобы поставляемые тестеры были российского производства.

### Кабельный тестер Synor-5000

Технических изменений тестер Synor-5000 за год не приобрел. Это единственный из импортных приборов, который не очень-то стесняется своего французского происхождения и, в отличие от конкурентов, почти не пытается спрятаться за российские «шильдiki» (тестер был замечен в попытках поучаствовать в тендерах под именем «Улей»). Тут все просто: кабельного тестера «Улей» в природе не существует, а если вы увидите такое название, то знайте, что за ним прячется Synor-5000 и подключающее устройство. Естественно, наименование «Улей» отсутствует в Госреестре средств измерений, а Synor-5000 внесен в Госреестр под номером № 57083-14 с реальным указанием производителя — фирма Sefelec (Франция).

Если изучить сертификат утверждения типа СИ на Synor-5000, то можно отметить, что все программное обеспечение WinPass-5000 объявлено как метрологически значимое. Что это означает? Французские производители (как, впрочем, и немецкие, и английские) при создании WinPass не могли себе представить, что в РФ появятся специальные требования к ПО измерительных приборов и систем, обязывающие специально выделять метрологически значимую часть, которая не должна изменяться во время действия сертификата. То есть обновления ПО возможны, но только не в этой части. Если же ПО становится метрологически значимым целиком, то любое его изменение и обновление требует новой сертификации. Понятно, что любой дилер, продающий иностранные тестеры, при таком положении ничего в ПО изменить не может и у него остается только один путь: сертификация всего ПО как метрологически значимого.

Хотя точно объем продаж Synor-5000 оценить не удалось, судя по косвенным признакам, этот тестер продается лучше, чем другие импортные аналоги.

НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	SYNOR-5000
Производитель/Дилер	Фирма Sefelec (Франция)/ООО «Остек-Электро»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Сертификат типа СИ №57083-14
Технические нововведения за последний год	—
Объем продаж, основные покупатели	Неизвестен. По косвенным признакам, продается лучше, чем импортные аналоги



Тестер W434R

### W454 и W434R

Тестер W434R фирмы Weetech (Германия) (W454 — полная версия), по информации дилера («Совтест АТЕ»), теперь производится в России. Однако на сайте немецкого производителя информации об этом нет. Правда, при этом из названия исчезло Weetech (имя производителя) и остался только номер W434R (сертификат типа СИ № 62931-15).

Судя по описанию типа на эту систему, уместившемуся на трех страницах, теперь, из-за особенностей российской сертификации, W434R явно не конкурент всем остальным. В преамбуле описания типа указано, что тестер предназначен для измерения сопротивления изоляции и прочности изоляции, а в параметрах нет ни слова о том, на каких напряжениях эти измерения производятся. Согласно описанию типа, W434 не умеет измерять сопротивление изоляции и вообще не является высоковольтным тестером, поскольку этих возможностей в РФ он лишен. Также, согласно описанию типа, этот прибор соответствует по своим параметрам низковольтным тестерам, которые дешевле примерно в десять раз. За что дилер «лишил» тестер основных возможностей, которыми он реально обладает, — непонятно. Вопросы следует задать «российскому производителю». В программном обеспечении СЕЕТИС тестера не выделялась метрологически значимая часть, и теперь, если версия ПО является не 3.09-10, то необходимо делать новый сертификат. Видимо, подобная сертификация позволяет участвовать в тендерах, где одним из требований является российское производство. Технически тестер W434R за год не изменился: все те же коммутаторы по 64 канала, ограничение на 6600 точек подключения для этой модели и, соответственно, высокая цена. Объем продаж за 2015 г. оценить трудно, информация закрыта. Вывод потребители могут сделать сами.



Сборка тестера W434R

НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	W434R
Производитель/Дилер	Фирма Weetech (Германия)/ООО «Совтест АТЕ»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Сертификат типа СИ № 62931-15
Технические нововведения за последний год	—
Объем продаж, основные покупатели	Неизвестно





Кабельный тестер МК-Тест/МТК-КС



Кабельный тестер МК-Тест/МТК-КС

## МК-Test

История превращения этого тестера из английского в российский, безусловно, самая интересная. Технически он остался таким же, как и 10 лет назад, но получил сертификат утверждения типа СИ РФ № 59513-14. Система сменила название и стала называться «МТК-КС». В качестве производителя в описании типа указано ОКБ «Аэрокосмические системы» (г. Дубна).

Эта же организация является дилером фирмы MK Test (Англия) в России (данные с сайта фирмы MK Test). В описании типа СИ нет ни слова об английском производителе и создателе данного тестера, однако программное обеспечение Auto Meg с ключом-флэшкой от МК-Test выдает эту комбинацию с головой. Даже на фотографии новоиспеченного «российского» «МТК-КС» можно обнаружить английский лейбл «МК». Что же из всего этого следует? Налицо явная попытка представить российским потребителям английскую систему как отечественную.

Но есть и еще одна серьезная проблема. МК-Test известен давно и эксплуатируется на нескольких предприятиях авиационной промышленности в России, хотя широкого распространения не получил. Он отсутствует в Госреестре, и как сдавать протоколы испытаний с замерами сопротивлений — непонятно. Появившийся сертифицированный «клон» по имени «МТК-КС» не может решить проблему сертификации настоящего МК-Test. Получается, надо по-новому сертифицировать настоящий МК-Test. Если это сделать, то появятся два одинаковых сертификата с разными названиями и производителями. Потребитель оказывается в растерянности. Аналогичная проблема существует с метрологически значимой частью ПО AutoMeg, не выделенной при сертификации «МТК-КС».

Кстати, при внимательном изучении версии ПО AutoMeg видно, что для высоковольтного тестирования требуется уже другая версия ПО. Это означает, что при наличии версии МК-Test на 1000 В и желании расширить возможности своего тестера, докупая коммутаторы на 2120 В, потребителю придется приобрести не только дополнительные коммутаторы, но еще и ПО со своим отдельным ключом. В общем, возникает целый клубок проблем и много вопросов по легитимности протоколов, в которых указаны результаты измерений параметров кабелей и жгутов для самолетов. Эти тонкости очень важно знать потребителям, чтобы минимизировать проблемы, возникающие при последующей эксплуатации.

НАЗВАНИЕ СИСТЕМЫ →	МТК-КС
Производитель/Дилер	Фирма МК-Test (Англия)/ЗАО «ОКБ «Аэрокосмические системы»
Сертификация на тип СИ (номер сертификата)	Сертификат типа СИ № 59513-14
Технические нововведения за последний год	—
Объем продаж, основные покупатели	Неизвестен

## Выводы

Ранее мы обсуждали канадские тестеры фирмы CableTest, которые ушли с российского рынка в 2014 г. из-за санкций и которые ранее продавала фирма «Совтест АТЕ». Читатели интересуются их дальнейшей судьбой. Новостей по ним нет, и на российский рынок эти тестеры пока не вернулись. Но я думаю, что, даже в случае возвращения, им будет сложно восстановить подмоченную репутацию в глазах российского потребителя.

Оценивая состояние рынка тестеров жгутов за прошедший год, можно выделить следующие тенденции:

Российские тестеры «Лиана-Р100Е» и «АСК-МКИ» практически ничего не сделали для завоевания большей доли рынка, явно упуская благоприятные обстоятельства.

ТЕСТ-9110 в сложившихся условиях является явным фаворитом рынка и пытается расширить свою долю, в основном с помощью технических новинок (в части коммутаторов и измерителей нового поколения), которые позволяют ему работать в тех областях, где раньше царили иностранцы. Судя по росту объема продаж, это у них с успехом получается.

«Иностранцы» не изменились технически, но пытаются стать «российскими» путем сертификации в качестве отечественного продукта. К сожалению, заявляемое российское производство, в основном, остается таковым только на словах, процветает переклеивание шильдиков, а ключевой компонент тестеров — программное обеспечение — остается импортным с USB-ключами для каждой поставки. Да и наивно думать, что иностранцы захотят передать в Россию полную документацию на эти тестеры.

Ценовая политика также за прошедший год существенно изменилась. Как и следовало ожидать, российские производители подняли цены в связи с падением курса рубля и закупкой комплектующих по новым ценам. Иностранцы также существенно подняли цену из-за роста курса иностранной валюты. Ситуация, характерная для 2015 г., когда некоторые поставщики демпинговали за счет складских запасов и изготовления тестеров из ранее купленных комплектующих, в 2016 г. завершилась. На сегодня самым дешевым тестером является «Лиана-Р100Е», далее идет ТЕСТ-9110 и затем Synor-5000 (эти приборы чаще всего конкурируют друг с другом). Затем идут W434R и «АСК-МКИ». А самым дорогим, судя по анализу объявленных тендеров, является «МТК-КС» (МК-Test), который, как правило, предлагается с комплектом переходных жгутов и скрывается в программах перевозочных жгутовых цехов авиационных предприятий.

Подытоживая обзор, посоветуем российским потребителям следующее:

- Внимательно оценивайте все технические требования к необходимой системе.
- Обязательно уделяйте внимание наличию сертификата утверждения типа средств измерения.
- Изучайте реальную методику поверки.

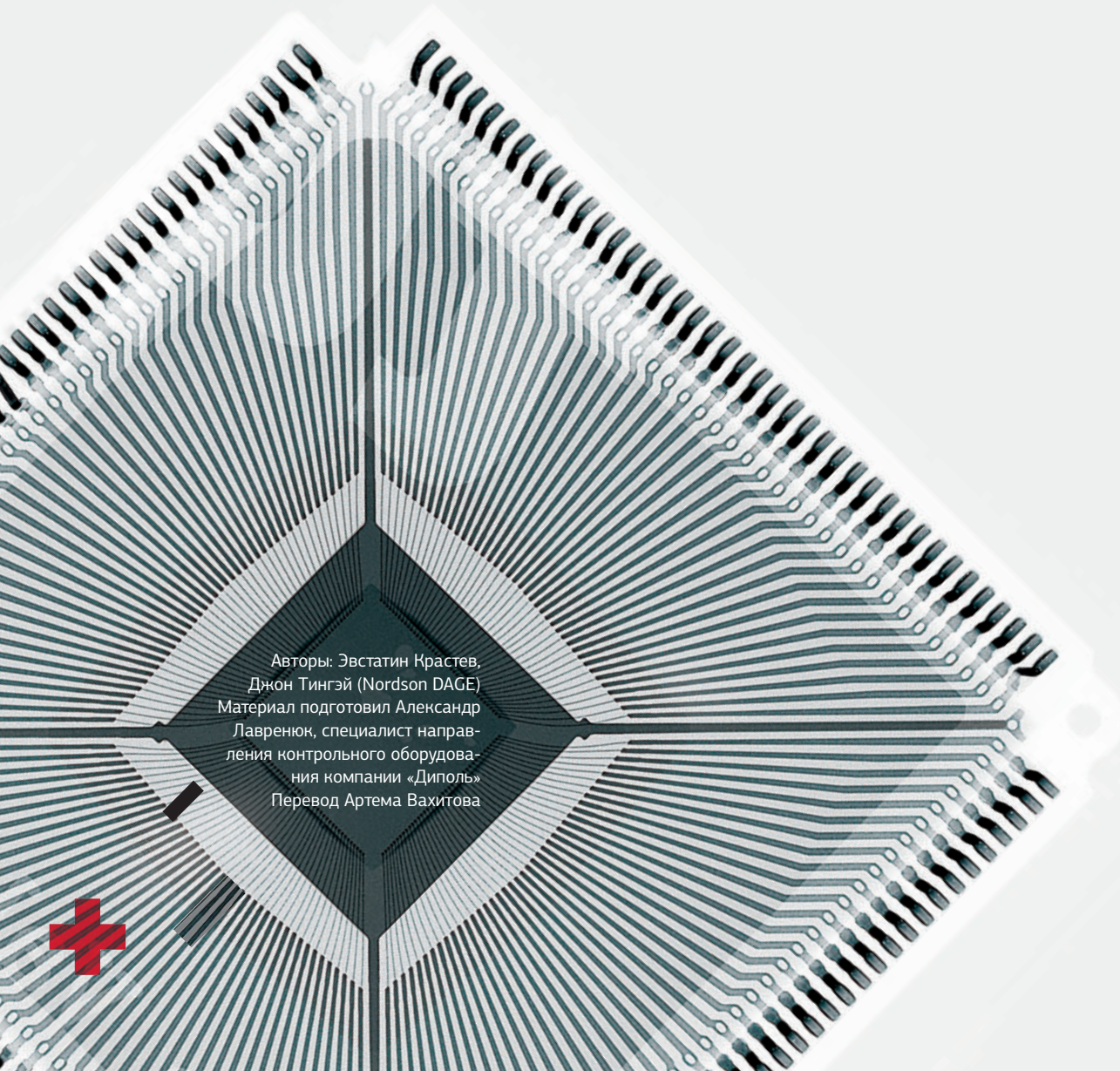
И только потом принимайте решение о выборе того или иного тестера для своего предприятия. 🇷🇺



Специальная версия ТЕСТ-9110 в мобильном исполнении с автономной измерительной платформой АИСТ

# Простое сложное

Последние технические достижения в области рентгеновского контроля с акцентом на частичную компьютерную томографию и методы автоматизации



Авторы: Эвстатин Крастев, Джон Тингэй (Nordson DAGE)  
Материал подготовил Александр Лавренюк, специалист направления контрольного оборудования компании «Диполь»  
Перевод Артема Вахитова

Снимок получен на системе DAGE Quadra 7 (разрешение детектора 6,7 мегапикселя)

В статье рассматриваются последние технические достижения и тенденции в области рентгеновского контроля, приведены сложные примеры из реальной практики, в том числе двух- и трехмерный контроль, частичная компьютерная томография и автоматизированный рентгеновский контроль.



Александр Лавренюк, al@dipaul.ru

Необходимость в неразрушающем контроле электронных компонентов и узлов — основной мотив, побуждающий к разработке и совершенствованию технических средств рентгеновского контроля в электронной промышленности. Во многих случаях, например при необходимости исследовать недоступный визуальному контролю компонент или паяные соединения, единственной альтернативой становится анализ среза. К недостаткам этого механического метода относятся значительные затраты времени и ресурсов. Кроме того, есть вероят-

ность пропуска дефектов при недостаточно аккуратной полировке, а также существует риск «создания» дефектов, которых изначально не было. Но основной недостаток, разумеется, состоит в том, что в результате разрезания дорогостоящие устройства — печатная плата или компонент — механически разрушаются и становятся непригодными к использованию.

Со временем, в связи с явной тенденцией к минимизации габаритов и масштабным расширением функциональности электронных устройств (особенно мобильных), уровень сложности

электронных узлов и компонентов ощутимо возрос. В настоящее время, благодаря своим преимуществам в части технических характеристик и функционала, все более широкое распространение получают устройства микрометровых размеров и многоуровневая архитектура. При этом постоянно ведется их дальнейшая разработка, совершенствование и миниатюризация.

Указанные тенденции усложняют задачи, стоящие перед техническими средствами рентгеновского

контроля. Необходимость в обеспечении субмикрометрового разрешения и получении сверхчетких изображений сочетается с повышенными требованиями к быстродействию и, разумеется, автоматизации. Люди испытывают естественное желание автоматизировать процесс контроля, оптимизировать его и сделать максимально эффективным. При этом важно сократить количество «дорогостоящих» операторов и исключить ошибки контроля, обусловленные человеческим фактором. Однако, ввиду чрезвычайно высокого

уровня сложности современных электронных узлов вкупе с многоуровневой их архитектурой, рентгеновские изображения получаются очень сложными и со значительными вариациями. Специально обученные операторы без труда могут их анализировать, но разработка устойчивых и повторяемых программно-аппаратных алгоритмов контроля, способных справляться с упомянутыми выше сложностью и вариациями, по-прежнему остается нетривиальной задачей.

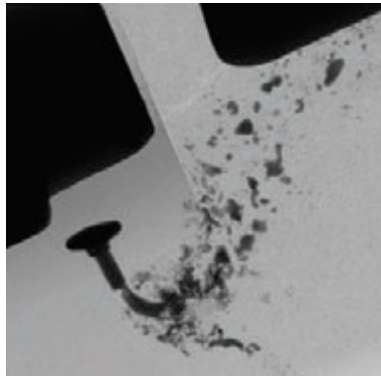


Рис. 1. Двумерное рентгеновское изображение перегоревшей золотой соединительной проволоки в сверхвысоком разрешении

## Возможности технических средств двумерного рентгеновского контроля

Двумерный рентгеновский контроль стал критически важным методом контроля при проектировании, разработке и изготовлении электроники. Причина в том, что это единственный полностью неразрушающий метод, который позволяет контролировать недоступные визуальному осмотру соединения, а также исследовать внутренности микросборки. Единственная существующая альтернатива — анализ среза.

Последний метод широко применяется для выявления причин отказов и при разработке, но ему свойственен серьезный недостаток: безвозвратная порча дорогостоящего устройства или печатной платы в результате разреза. В условиях, когда стоимость некоторых печатных плат может составлять десятки тысяч долларов, их физическое разрушение рассматривается исключительно как крайнее средство.

За последнее десятилетие колоссально выросли возможности технических средств двумерного рентгеновского контроля. Передовые современные системы имеют в своем составе чрезвычайно резкие и мощные рентгеновские излучатели (трубки) с субмикрометровым разрешением (до 0,1 мкм, или 100 нм). Они способны сохранять это разрешение при чрезвычайно высокой мощности рентгеновского излучения на мишени — до 10 Вт. Значительный прогресс наблюдается и в области детекторов рентгеновского излучения: современные рентгеновские электронно-оптические преобразователи (РЭОП) и плоскочувствительные детекторы обеспечивают разрешение в два, три, четыре, а иногда и до 12 Мпикс при разрядности 16 бит (65 000 градаций серого) и частоте 25 кадров/с без бинарирования. Перечисленные достижения позволяют получать рентгеновские изображения с очень высоким разрешением и динамическим диапазоном, а также существенно повышают быстродействие аппаратуры рентгеновского контроля и расширяют

возможности автоматизации. Естественный результат этого — значительно лучшие возможности обнаружения дефектов.

На рис. 1 приведено двумерное рентгеновское изображение перегоревшей золотой проволоки в чрезвычайно высоком разрешении, полученное с помощью типичной рентген-системы высокого класса. По общему мнению, сейчас достигнут невероятный уровень детализации изображений и открывается дорога к применению рентгеновских методов в сферах, которые прежде были исключительным уделом электронной микроскопии, — метода медленного и разрушающего, зато обеспечивающего очень высокое разрешение.

Почему же, несмотря на все эти замечательные достижения, двумерный рентгеновский контроль не стал единственным методом, применяемым в современной электронной промышленности на этапах НИОКР и производства?

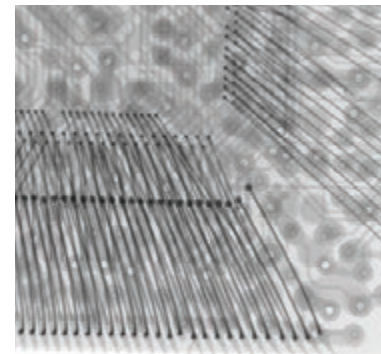


Рис. 2. Двумерное рентгеновское изображение устройства со штабелированными кристаллами. Сложность изображения затрудняет проверку проводных соединений на короткое замыкание.

Дело в том, что двумерное рентгеновское изображение многослойных узлов и устройств становится слишком сложным ввиду особенностей прохождения рентгеновского излучения сквозь объект контроля. Многослойные устройства с расположенными друг над другом (штабелированными) полупроводниковыми кристаллами, переходными отверстиями в кремнии (TSV), многоуровневыми столбиковыми выводами и другими трехмерными геометрическими структурами значительно затрудняют задачу анализа изображения для оператора.

Это иллюстрирует рис. 2, на котором приведено двумерное рентгеновское изображение устройства со штабелированными кристаллами. Понятно, что очень трудно исследовать многослойную структуру проводных межсоединений на предмет коротких замыканий по одному только двумерному рентгеновскому изображению.

Подобно медицине, в микроэлектронике для этих целей стали применять метод трехмерной рентгеновской компьютерной томографии. Этому способствовали значительный прогресс в области технических средств

двумерного рентгеновского контроля и непрерывное развитие компьютерной техники, благодаря которому сверхвысокопроизводительные рабочие станции стали доступны по весьма разумной цене.

Метод трехмерной компьютерной томографии позволяет неразрушающим способом получать виртуальные срезы в любой плоскости контролируемого изделия. На рис. 3 показано два томографических среза аналогичного устройства со штабелированными кристаллами. Меняя угол и местоположение среза, можно всесторонне исследовать состояние проводочных межсоединений в трехмерной штабелюющей структуре и искать короткие замыкания.

Типичная схема рентгеновской компьютерной томографической установки, применяемой в электронной промышленности, показана на рис. 4.

Процесс получения трехмерной томографической модели состоит из нескольких этапов. На первом этапе регистрируется множество двумерных



Рис. 3. Компьютерная томография устройства со штабелированными кристаллами. Меняя ориентацию плоскости среза, можно легко исследовать состояние проводочных соединений

рентгеновских изображений объекта контроля в высоком разрешении под различными углами, для чего объект контроля вращается вокруг своей оси с максимально точным контролем геометрического положения. Затем следует этап томографической реконструкции, когда полученный набор двумерных рентгеновских изображений, каждое из которых содержит несколько мегапикселей информации, обрабатывается с использованием сложных математических алгоритмов. На выходе получается томографическая модель, представляющая объект контроля в трехмерном массиве плотностей. С помощью специальной компьютерной программы можно просматривать различные срезы этой модели. Очевидно, что чем больше количество двумерных изображений, тем лучше и подробнее будет томографическая модель, но тем длительнее будут регистрация данных и реконструкция. Благодаря постоянно растущему быстродействию современных массово выпускаемых процессоров, этап реконструкции занимает теперь секунды или минуты, а не часы, как это было еще совсем недавно.

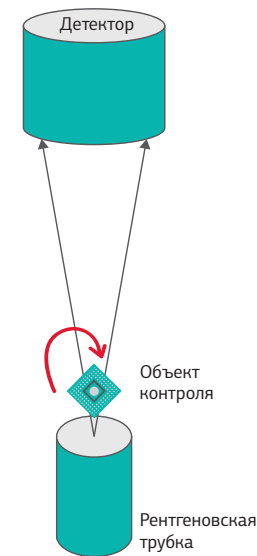


Рис. 4. Типичная схема рентгеновской компьютерной томографической установки. Объект контроля подвешивается между источником и детектором рентгеновского излучения и вращается вокруг своей оси

## Частичная компьютерная томография

Ввиду непрекращающейся тенденции к миниатюризации изделий микроэлектроники, в настоящее время удовлетворяющее разрешение систем компьютерной томографии находится в микрометровом диапазоне. Чтобы достичь такого разрешения, необходимо регистрировать исходные двумерные рентгеновские изображения с очень высоким увеличением (разрешением). Исходя из основополагающих физических принципов, это возможно только в том случае, если объект контроля располагается очень близко к источнику рентгеновского излучения (см. рис. 4).

Отсюда следует практическое ограничение на максимальный размер компьютерной томографической системы для контроля изделий микроэлектроники — это приблизительно размер кредитной карты, причем объект контроля должен быть гораздо меньше (единицы миллиметров). Нетрудно разместить между источником и детектором рентгеновского излучения значительно более крупный объект, однако разрешение результирующей томографической модели будет неприемлемо низким для контроля изделий микроэлектроники (рис. 5).

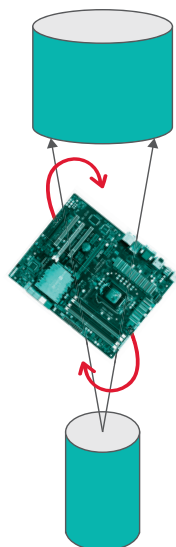


Рис. 5. Ограничения метода компьютерной томографии при контроле объектов большого размера

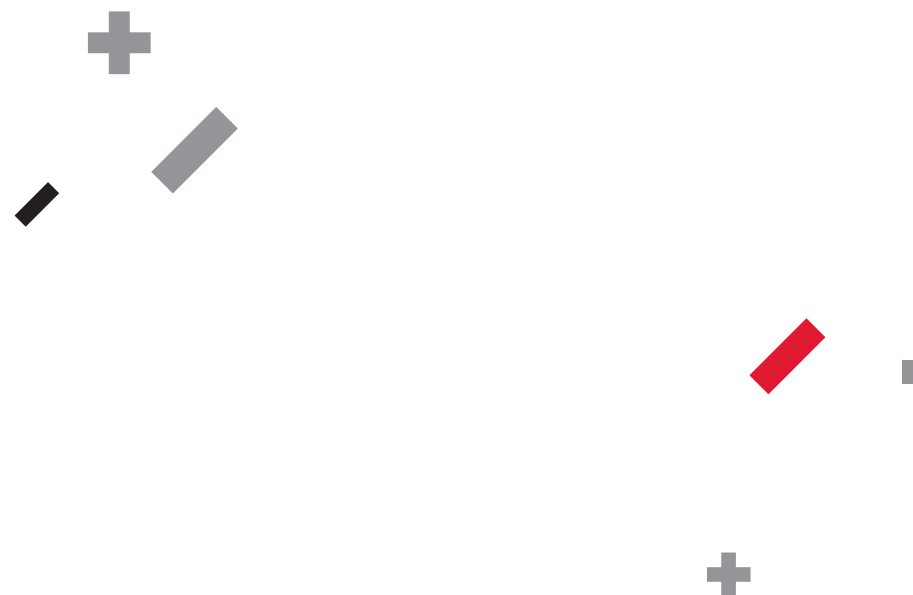
Таким образом, чтобы получить пригодную для анализа томографическую модель устройства на печатной плате, показанной на рис. 5, необходимо вырезать участок платы по периметру устройства, т. е. привести в негодность дорогостоящий печатный узел. Так иногда делают, но предпочтительно прибегать к этому лишь как к последнему средству.

В попытке преодолеть описанное выше ограничение метода компьютерной томографии недавно был разработан метод частичной компьютерной томографии (Partial CT, PCT), известный также под названиями компьютерной томографии плат большого размера (Large Board CT) и компьютерной томографии в ограниченном диапазоне углов (limited angle CT). Основной принцип иллюстрирует рис. 6.

Идея состоит в том, что объект контроля располагается плашмя очень

близко к источнику рентгеновского излучения, благодаря чему становится возможным получение двумерных рентгеновских изображений с очень высоким увеличением (разрешением). Детектор располагается под углом к объекту контроля и перемещается вокруг него. В этом методе, как и в обыкновенной компьютерной томографии, чрезвычайно важно обеспечить максимально высокую точность перемещения.

В качестве примера на рис. 7 показано изображение дефекта типа «голова на подушке» (Head In Pillow, HIP/HOP), полученное полностью неразрушающим методом частичной компьютерной томографии при контроле платы большого размера (около 41×41 см). По виртуальным срезам в различных плоскостях можно с легкостью получать надежные свидетельства наличия дефектов.



## Автоматизация

Автоматизация рентгеновского контроля всегда была одним из приоритетных пожеланий любого производителя изделий микроэлектроники. «Волшебная кнопка», по нажатию которой система самостоятельно выдает подробный список всех дефектов, не допуская при этом ошибок, связанных с человеческим фактором, — это, безусловно, весьма заманчивая идея. Однако практическая ее реализация оказалась сопряжена со значительными трудностями. Во многом они обусловлены высокой степенью сложности рентгеновского изображения.



Рис. 6. Основной принцип частичной компьютерной томографии (компьютерной томографии плат большого размера, компьютерной томографии в ограниченном диапазоне углов)

Контроль в видимом свете, например автоматическая оптическая инспекция (AOI), дает информацию только о поверхности объекта контроля за счет отраженного от нее света. Рентгеновское же изображение, хотя и представлено лишь в градациях серого, содержит информацию обо всем объеме объекта контроля, так как рентгеновское излучение проходит насквозь через объект контроля, прежде чем его зарегистрирует детектор. Чтобы упростить изображение, которое нужно очень быстро проанализировать в ходе технологического процесса, в современных автоматизированных системах рентгеновского контроля применяются методы рентгеновской томографии в ограниченном диапазоне углов. Однако быстродействие

достигается ценой снижения качества изображения, из-за чего вероятность обнаружения дефектов и ложных срабатываний не отвечает требованиям, предъявляемым производителями изделий микроэлектроники.

Исходя из вышесказанного мы видим значительный простор для улучшения характеристик автоматизированного рентгеновского контроля с повышением быстродействия и вероятности обнаружения дефектов. Этого можно добиться за счет усовершенствований как в аппаратной, так и в программной части. В качестве примера далее мы рассмотрим автоматизацию контроля выводов компонентов типа BGA и микростолбиковых структур.

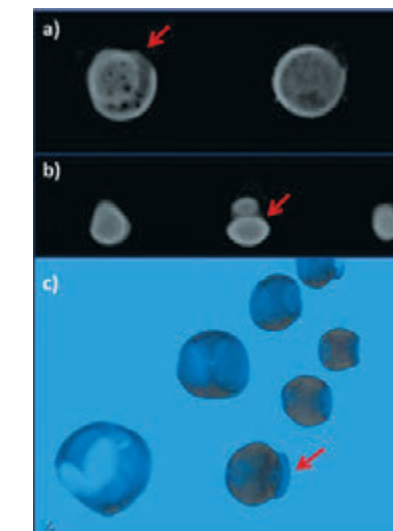


Рис. 7. Изображение дефекта типа «голова на подушке», полученное методом частичной томографии при контроле платы размером около 41×41 см: а) виртуальный срез в горизонтальной плоскости контактной площадки; б) виртуальный срез в вертикальной плоскости; в) трехмерная визуализация, общий вид

## Оценка относительного размера пустот на границах раздела паяных соединений выводов BGA-компонента методом частичной КТ и сравнение ее результатов с результатами двумерного рентгеновского контроля

Оценка относительного размера пустот в паяных соединениях — стандартная процедура обеспечения качества, применяемая производителями изделий микроэлектроники и печатных узлов. На рис. 8 показано двумерное рентгеновское изображение, на котором видны пустоты в угловой части BGA-компонента. Большая раковина в центральном соединении (обозначена зеленой стрелкой) очевидным образом представляет проблему, так как ее размер превышает 25% площади паяного соединения в соответствии с критерием по стандарту IPC-A-610. Раковина столь большого размера — серьезный симптом, который должен повлечь немедленный пересмотр и корректировку технологического процесса.

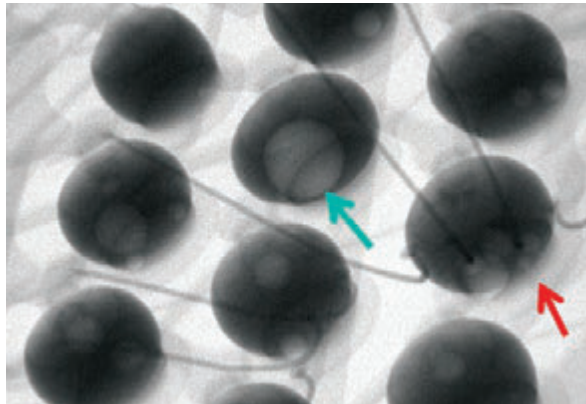


Рис. 8. Наклонное двумерное рентгеновское изображение, на котором видны пустоты в объеме и на границах раздела паяных соединений

Но и более мелкие пустоты (красная стрелка), пусть и удовлетворяющие критериям IPC-A-610, могут быть столь же тревожным признаком недочетов в технологическом процессе пайки оплавлением. Проблема в данном случае связана с тем, что пустоты сосредоточены главным образом на границах раздела паяных соединений, из-за чего снижается надежность соединений и повышается вероятность их отказов на этапе эксплуатации, особенно усталостных отказов, которые типичны для мобильных устройств.

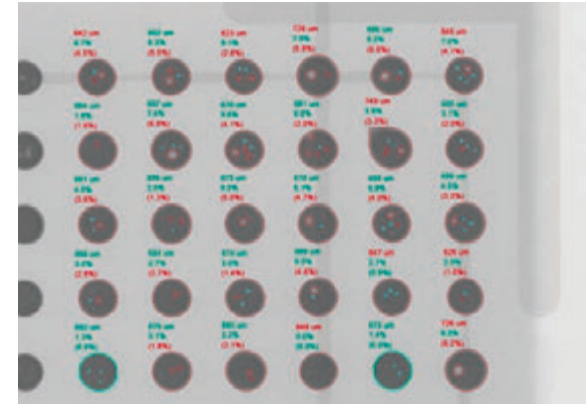


Рис. 9. Результаты расчета относительного размера пустот по двумерному рентгеновскому изображению BGA-компонента согласно стандарту IPC-A-610

Одно из важных преимуществ метода частичной КТ — возможность для оператора легко выбрать местоположение среза, в котором будет рассчитываться относительный размер пустот. Это позволяет без труда получать точные данные об относительном размере пустот на границах раздела паяных соединений, что невозможно при использовании одного только двумерного рентгеновского контроля. В свете вышеизложенного у авторов возникло естественное желание провести исследование и сравнить полный относительный размер пустот по результатам двумерного

рентгеновского контроля с относительным размером пустот на границах раздела паяных соединений по результатам частичной КТ. Целью было определить коэффициент корреляции и выяснить, дает ли расчет относительного размера пустот по стандарту IPC-A-610 адекватную оценку относительного размера пустот на границах раздела. На рис. 9 представлены типичные результаты расчета относительного размера пустот по двумерному рентгеновскому изображению угловой части BGA-компонента (вид сверху) согласно стандарту IPC-A-610. На рис. 10 показаны результаты расчета относительного размера пустот в той же области, но полученные на срезе по границам раздела паяных соединений выводов BGA-компонента.

Очевидно, что два метода дают очень разные результаты. Результаты сведены в таблицу 1, где сравниваются полученные двумя методами расчетные значения относительного размера пустот в каждом паяном соединении.

В некоторых случаях относительный размер пустот на границах раздела превышает полный относительный размер пустот по данным двумерного контроля, так как площадь границы раздела меньше, чем максимальная площадь проекции шарика припоя, поэтому пустоты, существующие только на границах раздела, дадут больший относительный размер.

Таблица 1. Результаты расчета полного относительного размера пустот по данным двумерного РК и относительного размера пустот на границах раздела паяных соединений по данным частичной КТ

НОМЕР ВЫВОДА	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1
Частичная КТ Граничные пустоты, %	0,9	5,5	2	6,5	6,5	0	0	6,2	1	0	3,3	0	2,6
Двумерный РК Все пустоты, %	6,7	8,3	6,1	7	8,2	7	1,6	7,4	9,6	6,8	5,6	3,1	4,5

C2	C3	C4	C5	C6	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
0	0	4,3	0	0	3,8	1,1	1,6	5,3	0	0	0	1,2	0	0	0	4
2,5	5	5,1	6,8	4,5	3,2	2,7	3	5	2,7	2	1,3	3,1	3,2	0	1,4	6,2

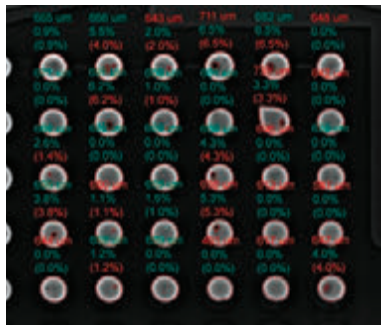


Рис. 10. Результаты расчета относительного размера пустот по томографическому срезу, полученному методом частичной КТ

Чтобы выяснить, коррелируют ли между собой результаты измерений, полученные двумя методами, данные были нанесены на рис. 11, после чего был рассчитан коэффициент детерминации R2. Значения R2, близкие к 1, указывают на сильную корреляцию, а близкие к 0 — на очень слабую корреляцию или ее отсутствие.

Очевидно, что корреляция слаба (R2 = 0,27), откуда следует вывод, что полный относительный размер пустот по данным двумерного контроля не может служить хорошим показателем качества паяных соединений на границах раздела.

Чтобы пере проверить это заключение, была исследована другая область компонента типа BGA (рис. 12).

Как и ожидалось, корреляция оказалась очень слабой: R2 = 0,119. Это подтверждает ранее сделанный вывод о том, что в данном случае относительный размер пустот по данным двумерного контроля (согласно стандарту IPC-A-610) не может служить хорошим показателем размера пустот на границах раздела паяных соединений. Поэтому самым точным неразрушающим методом анализа пустот на границах раздела паяных соединений компонента типа BGA является частичная компьютерная томография с получением виртуальных срезов.

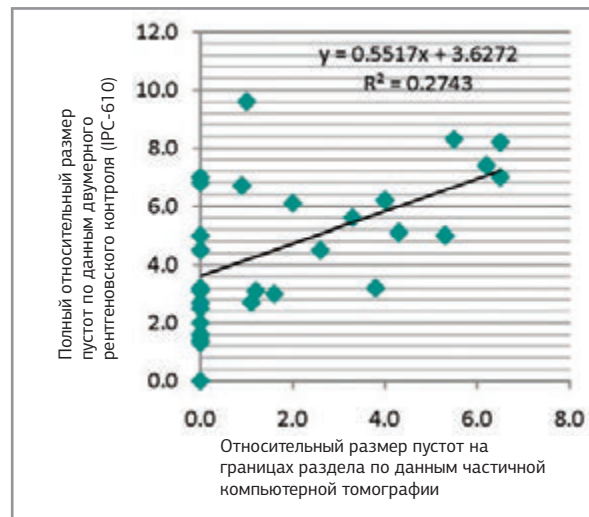


Рис. 11. Полный относительный размер пустот и относительный размер пустот на границах раздела паяных соединений компонента типа BGA (область А)

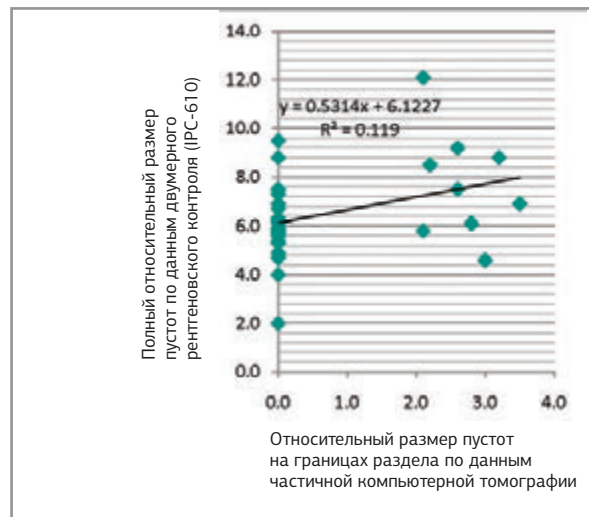


Рис. 12. Полный относительный размер пустот и относительный размер пустот на границах раздела паяных соединений компонента типа BGA (область В)

## Автоматизация контроля компонентов типа BGA со сложным расположением выводов на базе данных САПР

Обеспечение высокого уровня автоматизации рентгеновского контроля — одна из первоочередных задач производителей микроэлектроники и печатных плат (узлов). Как уже отмечалось выше, при попытках автоматизировать рентгеновский контроль сложных многослойных компонентов и печатных плат приходится сталкиваться с целым рядом трудностей. Ниже хотелось бы обсудить подход к автоматизации контроля компонентов типа BGA со сложным расположением выводов. Компоненты этого типа распространяются все шире, особенно там, где требуется высокая плотность межсоединений. Для приведенных здесь примеров использовался традиционный двумерный рентгеновский контроль высокого разрешения, однако полученные результаты действительны и для виртуальных срезов, полученных методом частичной КТ.

Для компонентов с регулярно расположенными выводами (рис. 9 и 10) в системе рентгеновского контроля относительно легко создать процедуру автоматизированного контроля. Обычно программное обеспечение автоматически обнаруживает места расположения, шаг и диаметры шариковых или столбиковых выводов компонента типа BGA и сравнивает их с базой данных, в которой хранятся стандартные размеры и конфигурации выводов.

Однако сейчас все большую популярность у производителей микроэлектроники завоевывают компоненты с различными сложными конфигурациями выводов (рис. 13).

Стандартные автоматические алгоритмы системы рентгеновского контроля «ожидают» стандартную конфигурацию с регулярно расположенными выводами и могут давать сбои на нетиповых и очень сложных конфигурациях, подобных изображенной на рис. 14. В этом случае очевидно, что стандартный алгоритм оказался в состоянии обнаружить шариковые выводы, но значение шага выводов не соответствует реальному, так как программа попыталась совместить сложную конфигурацию со стандартной, которая хранится в базе данных.

Поскольку эти сложные конфигурации не стандартизированы и сильно разнятся на практике, наилучший способ автоматизировать рентгеновский контроль в данном случае — использовать данные САПР для ввода расположения выводов в программу контроля. Здесь есть два подхода. Первый — использовать данные САПР, предоставленные производителем электронного изделия. Но во многих случаях такие данные не могут быть предоставлены или очень сложны. Второй — самостоятельно генерировать данные САПР в программе, написанной под конкретный компонент со сложным расположением выводов. Этот подход весьма гибок: он позволяет получать очень простые и надежные файлы САПР, содержащие только ту информацию, которая необходима для автоматизированного рентгеновского контроля.

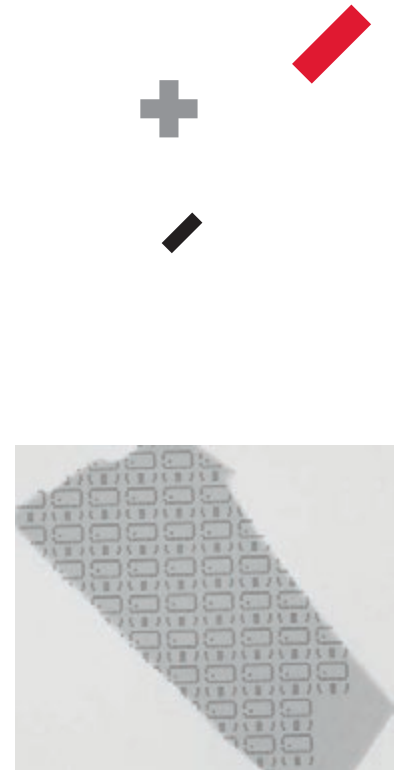


Рис. 13. Полупроводниковая пластина со сложным расположением столбиковых выводов

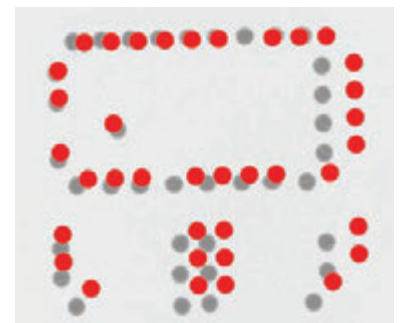


Рис. 14. Стандартные алгоритмы, предназначенные для компонентов типа BGA с регулярно расположенными шариковыми или столбиковыми выводами, обычно дают сбои на сложных нетиповых конфигурациях выводов



Рис. 15. Панель инструментов встроенного редактора САПР-моделей

Программное обеспечение для автоматизации рентгеновского контроля оснащается встроенным набором инструментов САПР (рис. 15), которые предельно облегчают и упрощают генерацию простых геометрических фигур оператор строит простой эскиз поверх отображаемого на экране рентгеновского изображения. По этой информации программа оперативно генерирует готовую к использованию САПР-модель (рис. 16).

После того как САПР-модель получена, процедура проста: система автоматически перемещается в указанные места контроля и производит вычисления. На рис. 17 показан пример результатов такого контроля с указанием диаметров столбиковых выводов, полного относительного размера пустот и размера наибольших отдельных пустот.

Итак, выше был представлен простой метод генерации САПР-моделей, который облегчает и упрощает автоматизацию рентгеновского контроля компонентов со сложным расположением выводов.

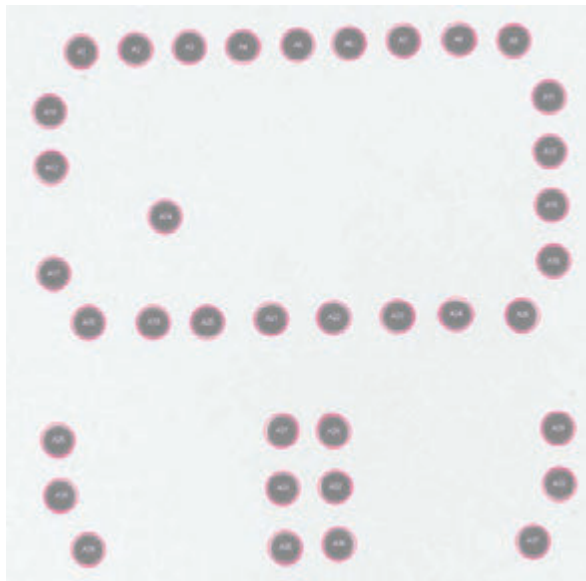


Рис. 16. Места контроля на компоненте со сложным расположением выводов, определенные с использованием средств САПР

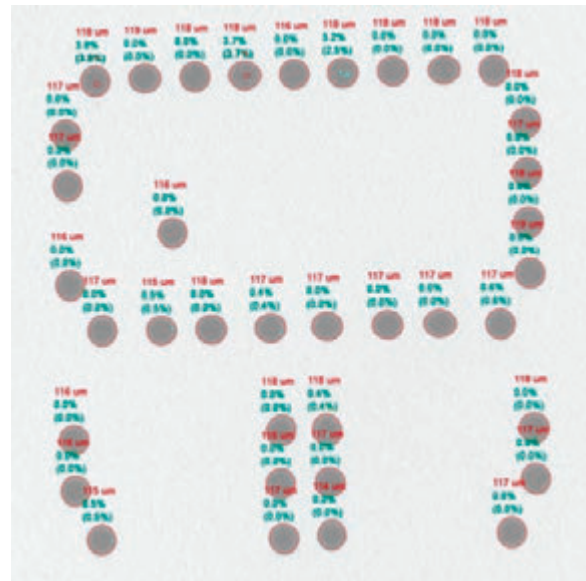


Рис. 17. Результаты автоматизированного рентгеновского контроля компонента со сложным расположением выводов (с автоматически рассчитанными значениями диаметра столбиковых выводов, полного относительного размера пустот и размера наибольших отдельных пустот)

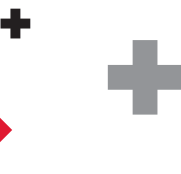
## Выводы

В настоящей статье подробно рассмотрены все наиболее трудные задачи рентгеновского контроля, возникающие в микроэлектронике в связи с миниатюризацией и необходимостью автоматизации. В качестве иллюстрации приведены два практических примера.

В первом примере использовался метод частичной компьютерной томографии (КТ) для исследования пустот на границах раздела паяных соединений компонентов типа BGA. Качество паяных соединений на границах раздела — ключевой фактор, от которого зависят надежность и эксплуатационные характеристики компонентов типа BGA. Неразрушающий метод частичной КТ позволяет создавать виртуальные срезы в любой плоскости объекта контроля. По итогам этого исследования был сделан вывод о том, что полный относительный размер пустот, рассчитанный по данным двумерного рентгеновского контроля в соответствии со стандартом IPC-A-610, очень слабо коррелирует с относительным размером пустот на границах раздела паяных соединений, рассчитанным

по томографическим срезам. Следовательно, первый из этих параметров не может служить хорошим показателем качества паяных соединений на границах раздела, и наилучшим методом неразрушающего контроля для этих целей является метод частичной КТ.

Далее был описан простой и действенный метод автоматизации рентгеновского контроля компонентов со сложным расположением выводов на базе данных САПР, генерируемых в программном обеспечении для автоматизации. Этот метод незаменим в случаях, когда исходные данные САПР недоступны, или когда для рационального выполнения автоматизированного рентгеновского контроля их необходимо упростить либо модифицировать.



# Расширение полномочий

Метрологическая служба «Диполь» подтвердила компетентность компании в области обеспечения единства измерений и расширила область аккредитации на право калибровки



Приказ Росаккредитации № А-6719 от 21 сентября 2015 г. подтвердил компетентность метрологической службы компании «Диполь» в области обеспечения единства измерений для выполнения работ и оказания услуг по поверке средств измерений. Одновременно с процедурой подтверждения компетентности метрологическая служба группы компаний «Диполь» расширила свои полномочия в дополнительной области аккредитации — выполнение работ и оказание услуг по калибровке средств измерений.

Область аккредитации распространяется на:

- генераторы сигналов;
- осциллографы;
- частотомеры;
- вольтметры универсальные цифровые;
- амперметры, вольтметры и ваттметры постоянного и переменного тока;
- анализаторы качества электроэнергии;
- калибраторы процессов;
- источники питания постоянного тока;
- клещи электроизмерительные;
- измерители электрического сопротивления;
- меры частоты.

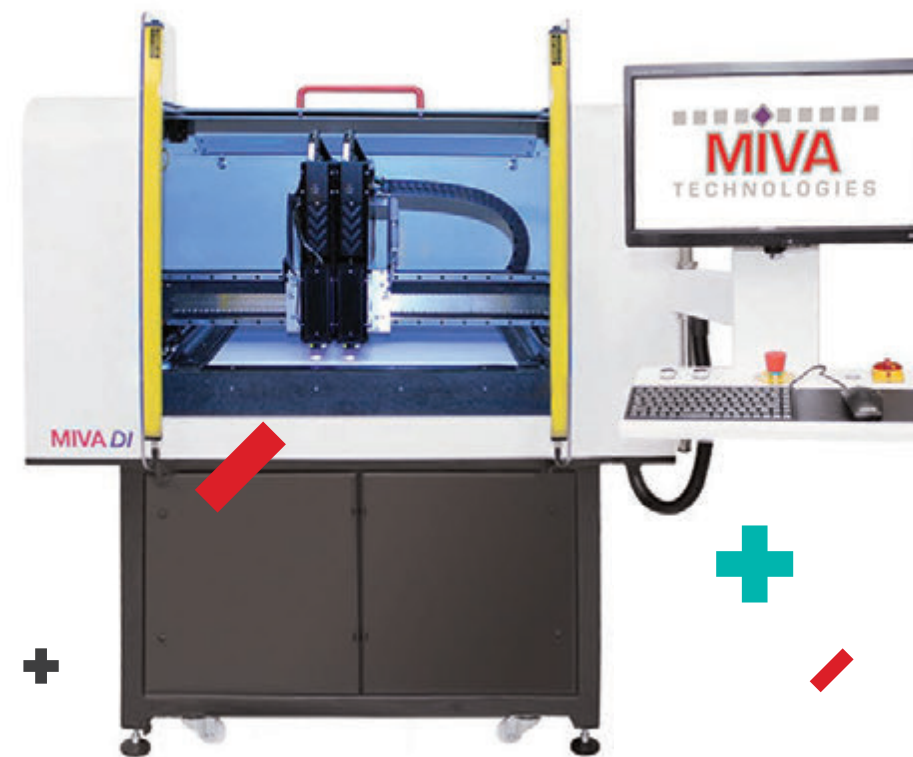
В настоящее время заказчикам компании предлагается четыре вида услуг:

- Поверка (первичная или периодическая). Срок выполнения — 12 рабочих дней.
- Срочная поверка — организация оперативной поверки в срок до 3 рабочих дней.
- Калибровка (определение действительных метрологических характеристик СИ).
- Метрологический аутсорсинг.

Подробнее узнать о метрологической службе компании «Диполь» можно, связавшись со специалистами службы: тел. +7(812)702-15-60, e-mail: metrology@dipaul.ru.



# ДИПОЛЬ



## Новое поколение установок безмасковой литографии и прямого экспонирования Miva - 2030X/2060X

- Производство фотошаблонов и прямое экспонирование: разрешение до 2 мкм
- Поштучная обработка или обработка партии пластин: поле 500×600мм
- Два светодиода: возможность работы с фоторезистами и фотоэмульсией
- Высокая производительность: 10–30см/мин (зависит от материалов)
- Камера высокого разрешения: режим совмещения и автофокус
- Гранитная плита в основании для защиты от вибраций
- Низкая цена и стоимость эксплуатации, отсутствие «проблем» лазерных генераторов

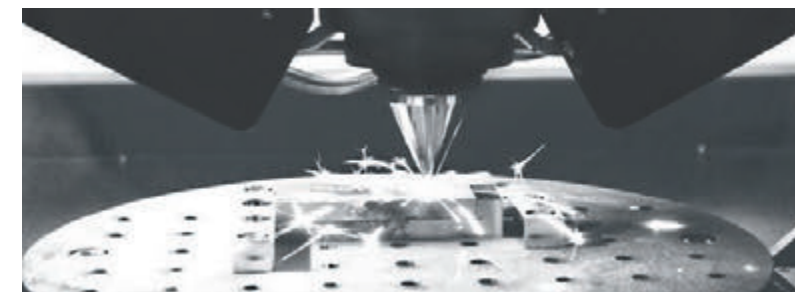
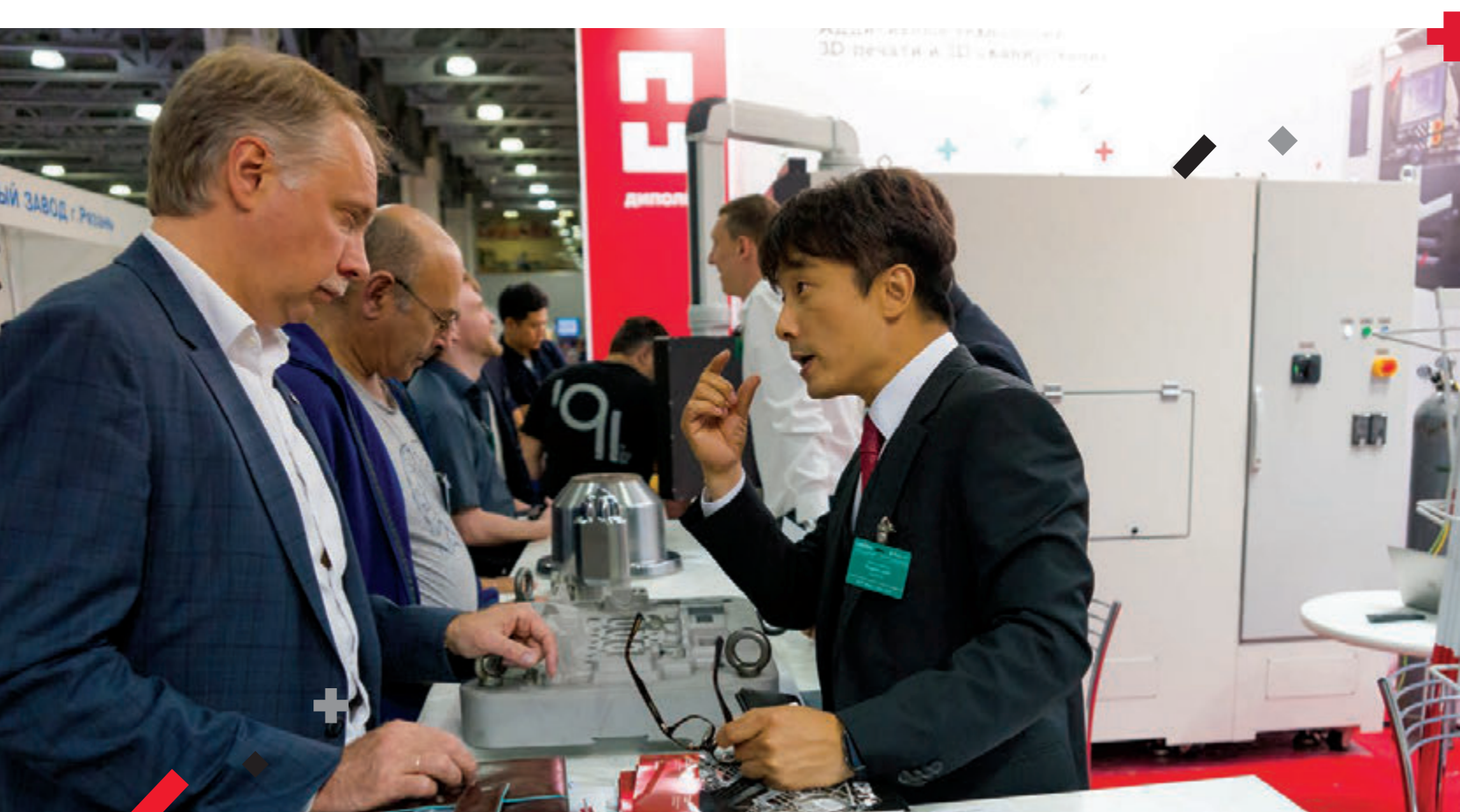
## Инновационные решения для электронной промышленности

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66



# «ДИПОЛЬ» на РОСМОЛД-2016

15–17 июня 2016 г. в «Крокус Экспо» (Москва) прошла 11-я международная выставка РОСМОЛД «Формы. Пресс-формы. Штампы». Мероприятие было посвящено технологическим решениям для производства пластиковых изделий. На выставке, что стало уже традицией, свою продукцию представили производители и поставщики оборудования для изготовления пресс-форм, контрактные производители, а также компании, занимающиеся проектированием и инжинирингом. По наблюдениям специалистов, акцент выставки продолжает смещаться в сторону цифрового производства изделий: 3D-принтеры уверенно заняли свою нишу в этой области. Компания «Диполь», впервые участвовавшая в РОСМОЛД-2016, представила на своем стенде инновационную технологию 3D-печати металлических изделий методом DMT.



Представленная компанией «Диполь» технология 3D-печати металлических изделий методом DMT успешно реализована в установке MX-250 производства южнокорейской компании InssTek (рабочая зона построения 250×250×250 мм). Учитывая направленность выставки, специалисты «Диполя» особое внимание уделили возможностям установки по изготовлению, модификации и восстановлению пресс-форм для создания пластиковых корпусов, креплений, вентиляторов и другой аналогичной продукции. Данная установка является первой в России, использующей указанный метод 3D-печати металлических деталей.

Этот факт, а также технологические особенности инновационного оборудования привлекли повышенное внимание к совместному стенду компаний «Диполь» и InssTek. Возможности по внедрению технологии DMT в производственный процесс для создания и ремонта пресс-форм, восстановления изношенных кромок металлических деталей, создания высокопрочных корпусов, креплений, балок и т. д. вызвали живой интерес специалистов широкого спектра предприятий, работающих в отраслях, где применение этой технологии может дать высокий экономический эффект. Так, представители автомобильной, авиационной, космической, приборостроительной и других отраслей промышленности на выставке с энтузиазмом обсуждали реальное и потенциальное использование инновационных технологий 3D-печати с инженерами компании «Диполь» и специалистами компании InssTek — производителя данного оборудования.

# Особенности национального импортозамещения

**Национальные особенности импортозамещения  
электронной компонентной базы,  
или проблемы унификации ЭКБ**

Евгений Горнев, д. т. н., профессор,  
действительный член Академии инженерных  
наук им. А.М. Прохорова, секретарь  
межведомственного совета главных  
конструкторов по ЭКБ, главный научный  
сотрудник АО «НИИМЭ»



Развитие микроэлектроники в России до недавнего времени отличалось отсутствием внятной стратегии. Специалистов в 90-е годы осталось очень мало, и к ним мало прислушивались. Пустоту начинали заполнять теоретики, экономисты по образованию и роду деятельности (в лучшем случае) и носители дипломов MBA. Незначительный или вовсе отсутствующий практический опыт они сами недостатком не считали, пребывая в убеждении, что рынок изменит все представления о развитии промышленности в целом, и микроэлектроники в частности. Полученный в прошлом опыт для них не имел большого значения и даже казался вредным. Подход «нам все дадут» стал продук-

том деятельности этих горе-стратегов и зиждился на теории, что у нас нет врага (следовательно, спецмикроэлектроника нам не нужна), а глобальная экономика, если понадобится, позволит решить и специализированные вопросы.

Но события на Украине подвели мину под эту теорию и высветили глубинные противоречия между профессионалами науки и промышленности и адвокатами рынка.

Применение зарубежных материалов и комплектующих ЭКБ в изделиях оборонных предприятий увеличивалось в 2000–2011 гг. в среднем на 10–12%. Электронные модули и блоки, поставляемые по кооперации, имеют показатель применения

зарубежной ЭКБ до 70%. В производстве спутников «Глонасс-М» — от 75 до 80% западных комплектующих [1].

Объем отечественной ЭКБ на рынке России составляет примерно 16%, около 84% электронных компонентов закупается за рубежом [2]. Так, номенклатура импортной ЭКБ, используемой в отечественной связанной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА), составляет примерно 2,5 тыс. наименований — от самых современных микропроцессоров, изготовленных по технологии 22 нм, до ЭКБ, уже снятой с производства. К тому же разработчиками систем применяются большие количества разрозненных аппаратно-программных платформ, не согласованных между собой.

По имеющимся данным, в настоящее время все банковские карты в РФ выпускаются на иностранных чипах [3].

Ключевой проблемой сегодня является неоправданно большая номенклатура используемых микросхем в структурах Роскосмоса, Росатома и на предприятиях производителей радиоэлектроники для оборонной техники. Количество типов используемой в оборонных системах зарубежной элементной базы невозможно определить. По некоторым оценкам, она составляет около 180 тыс. типонаименований.

Необходимо обратить внимание на особенности ЭКБ для военной, космической и атомной РЭА:

1. Высокая надежность и отказоустойчивость.
2. Расширенный температурный диапазон работы и другие повышенные требования ко внешним условиям работы.
3. Отсутствие недекларируемых функций — гарантия от встраивания «зашивок», в т. ч. программных (недокументированных аппаратных инструкций, способных привести к отказу, невыполнению команд или несанкционированной передаче данных).
4. Устойчивость ко внешним воздействующим факторам;
5. Поддержка производства в течение 15 лет (жизненный цикл РЭА + ЗИП).
6. Доступность ЭКБ в течение жизненного цикла РЭА + ЗИП (разрешение правительственных органов США).  
Качество ЭКБ, используемой при создании образцов ВВСТ отечественного производства, считается низким, так как компоненты проходят тестирование на соответствие параметрам формально, что является основным фактором снижения технической надежности вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) и отказов ее работы [1]. В то же время у 90% номенклатуры зарубежной ЭКБ в технической документации указаны только электрические параметры, отсутствуют данные о надежности и стойкости к различным видам испытаний.

Таблица 1. Поставки зарубежных микросхем для систем связи (по данным Фонда УНИЭТ)

№ П/П	ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ МИКРОСХЕМ	ДОЛЯ В ОБЩЕМ КОЛИЧЕСТВЕ, %	КОЛИЧЕСТВО ПОСТАВЩИКОВ
1	Микропроцессоры	6	12
2	Микроконтроллеры	16,4	23
3	АЦП	8	5
4	ЦАП	6,7	2
5	ПЛИС	23,5	3
6	Flash	8,8	9
7	EEPROM	3,9	3
8	ДОЗУ	2,1	2
9	СОЗУ	5,3	10
10	Другие ЗУ	0,9	2
11	Интерфейс	18,4	25
Итого:		100	50*

Примечание: \* — За исключением повторяющихся поставщиков

С учетом трудоемкости контрольно-измерительных операций и испытаний, эти проверки провести для 180 тыс. типов нереально: для этого потребовалось бы более 1 млн часов, или более 100 лет круглосуточной работы. Если же проводятся дополнительные проверки образцов, то они показывают, что процент отказов велик [4]. В оборонной промышленности, в силу крайней необходимости, есть попытки решить проблему, но в области ЭКБ для гражданской и бытовой электроники такие мероприятия вообще отсутствуют. Подобные мероприятия для «оборонки» существуют, по большей части, только на бумаге, заканчиваясь решениями о сертификации ЭКБ, как правило, в составе аппаратуры.

В результате сравнительного анализа зарубежной и российской ЭКБ были выявлены основные достоинства последней:

- высокая надежность, стойкость к радиационным, механическим и климатическим воздействиям;
- большой запас прочности по максимально допустимым параметрам;
- применение RoHS (бесвинцовой технологии производства);
- использование метрической системы, отсутствие проблем несовместимости;
- размеры элементов, сравнимые с импортными образцами;
- система единой маркировки;
- доступность изделий и независимость от импортных поставок [6].

**Электронной компонентной базы, устойчивой к внешним воздействующим факторам, в открытом доступе на рынке просто нет**

Выбор ЭКБ разработчиками РЭА зачастую осуществляется без учета условий применения. Это касается, прежде всего, конструктивного варианта. Так, постоянно поднимается вопрос о применении в системах микросхем в пластмассовых корпусах — для удешевления конечной продукции. Но это ведет к снижению конструктивно-технологических запасов и, как следствие, к снижению надежности аппаратуры. В нашей работе [7] еще в 1998 г. рассматривались вопросы применения пластмассы для корпусирования микросхем и полупроводниковых приборов. Главный вопрос, ограничивающий применение пластмассовых корпусов, — температурный диапазон: в лучшем случае он составляет  $-10...+85$  °С. А в радиостанции «Дуэт Р-43П», предназначенной для жестких условий эксплуатации и организации радиосвязи в структурах МЧС, МПС, МВД РФ, органах управления власти (ее разработчики, наверное, больше всех настаивают на «пластмассе»), диапазон температур начи-

нается с  $-30$  °С. Во что превратились микросхемы в пластмассовом корпусе, являющиеся основой «черного ящика», изготовленного в Смоленске в ОАО «Измеритель», после падения российского бомбардировщика Су-24, сбитого в Турции? «В результате исследования установлено: 13 из 16 микросхем энергонезависимой памяти разрушены, три микросхемы — БДД1, БДД2 и БДД5 — повреждены» [8].

Что касается недекларируемых функций, то гарантия их отсутствия возможна только для ЭКБ, разрабатываемой и изготавливаемой в России. Это касается, прежде всего, интегральных микросхем, многослойных плат, модулей и т. п. Любой этап информационного вмешательства в разработку такой ЭКБ чреват введением «закладок», причем не только при производстве чипов, но и в примененных многослойных корпусах и платах. То есть подобные риски возможны на этапах от фотшаблона до корпуса (не говоря уже о шиваемых в микросхемы программах). Электронной компонентной базы, устойчивой к внешним воздействующим факторам, в открытом доступе на рынке просто нет.

С учетом требований Бюро индустрии и безопасности (BIS) Министерства торговли США лицензированию поставок подлежат следующие электронные компоненты:

1. Изделия с рабочими температурными диапазонами ниже  $-54$  °С и выше  $+125$  °С, например  $-55...+125$  °С.
2. Стоимостью свыше \$1500.
3. Высокоэнергоемкие «батареи» с емкостью 550 Вт·ч/кг для незаряжаемых и 300 Вт·ч/кг для заряжаемых.
4. Анализаторы спектра сигналов.
5. Конденсаторы (импульсные) с характеристиками: напряжение свыше 750 В, емкость более 0,25 мкФ, индуктивность менее 10 нГн.
6. Монолитные интегральные схемы, гибридные интегральные схемы, многоядерные интегральные схемы, пленочные интегральные схемы, включающие кремний на сапфире, оптические интегральные схемы, в том числе:

По данным Минпромторга России, в 2011 г. российские компании закупили за рубежом электронных компонентов на сумму 55 млрд. руб.

Таблица 2. Сравнение цен (первая половина 2016 г.) отечественной ЭКБ (с приемкой «5») и импортной (Industrial)

	ЦЕНА, РУБ.		ЦЕНА, РУБ.
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ (ПРИЕМКА «5»)		ИМПОРТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ (INDUSTRIAL)	
МИКРОСХЕМЫ			
1874BE36	2 500	TN80C196	456
1554AP5	516	74AC244	10
142EH12	425	LM317AEMP	40
ТРАНЗИСТОРЫ			
2П76В	248	IRF640	14
2П793А	1 200	IRFP250	60
ДИОДЫ			
2ДШ2125Б92	830	50SQ100	19
КОНДЕНСАТОРЫ			
К53-68-25-22	250	TAJ25-22	40
К10-79	13–16	GRM	1–9
РЕЗИСТОРЫ			
Р1-12-0,062	21	CR0402	1–2
РАЗЪЕМЫ			
СНП346-хх-1	30–200	PLD-хх	1–5
СНП333	200–350	D-SUB	150–260

- микропроцессорные микросхемы, микрокомпьютерные микросхемы, микроконтроллерные микросхемы с частотой выше 40 МГц, включая сигнальные процессоры с цифровой обработкой сигнала и с преобразованием Фурье;
- сверхбольшие интегральные схемы с составными полупроводниковыми системами;
- аналого-цифровые преобразователи (АЦП);
- цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП);
- программируемые логические схемы (ПЛИС);
- специальные интегральные схемы с неизвестным контролируемым статусом с рабочей частотой свыше 3 ГГц;
- процессоры с преобразованием Фурье;
- микросхемы памяти электрически перепрограммируемые;
- микросхемы флэш-памяти;
- микросхемы статических ОЗУ (SRAM);
- СВЧ-изделия и компоненты на миллиметровых волнах;
- монолитные схемы с частотой свыше 3,2 ГГц;
- продукты с максимальной задержкой сигнала не более 100 нс и полосой пропускания более 100 МГц;
- продукты с дисперсионной задержкой не более 10 нс и полосой пропускания более 100 МГц.

Таблица 3. Сравнение цен отечественной ЭКБ (с приемкой 1) и импортной (Industrial)

	ЦЕНА, РУБ.		ЦЕНА, РУБ.
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ (ПРИЕМКА «1»)		ИМПОРТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ (INDUSTRIAL)	
МИКРОСХЕМЫ			
КФ1554АП5	10	74АС244	10
КР1157ЕН5	11	78L05	6–10
ТРАНЗИСТОРЫ			
КП978В	1 480	D1093	1 384
КОНДЕНСАТОРЫ			
К10-79	6–10	GRM	1–9
РЕЗИСТОРЫ			
Р1-12-0,1	1–5	CR0603	1–2

Можно приобрести ЭКБ уровня Commercial или Industry, которая полностью уходит с рынка в течение трех — пяти лет. Правда, создатели отечественной аппаратуры ссылаются на высокие или очень высокие цены отечественной ЭКБ, если есть аналоги. Но русские поговорки уже определились на этот счет: «Хорошее дешевым не бывает», «Дорого, да мило, дешево, да гнило». В таблице (табл. 2) приведено соотношение цен отечественной и импортной ЭКБ.

Можно сравнить также и цены отечественной ЭКБ (с приемкой 1) и импортной (Industrial).

Сравнивать цены с импортной ЭКБ класса Military не имеет смысла, т. к. она на порядок выше отечественной и подлежит лицензированию для продажи — со всеми вытекающими последствиями.

По данным Минпромторга России, в 2011 г. российские компании закупили за рубежом электронных компонентов на сумму 55 млрд руб. (эта цифра относится только к закупкам элементной базы и не включает поставки готовой аппаратуры). На 10 млрд руб. из этой суммы закупка электронных компонентов была произведена оборонными предприятиями России [4].

У отечественных изготовителей аппаратуры имеются постоянные сложности с официальным приобретением импортной ЭКБ, в частности уровня Sparsе, осложняют ситуацию отсутствие информационно-технической поддержки со стороны поставщика/изготовителя ЭКБ, сложность закупки элементов в малых количествах, постоянная смена типов элементов для ЭКБ индустриального уровня качества и плохая оснащенность сертификационных центров измерительным и испытательным оборудованием. Можно смело говорить, что в нашей стране выросло поколение разработчиков РЭА,

не знающее отечественную элементную базу. «Никто не знает, какая номенклатура зарубежных компонентов в какой аппаратуре используется. Даже предприятия-заказчики не знают, по каким каналам закупаются зарубежные компоненты. Это приводит к тому, что нет никакой возможности управлять рисками экспортных ограничений, рисками поставок контрафакта и другими рисками, связанными с использованием импортных компонентов в аппаратуре военного и аэрокосмического назначения» [9]. Все более проявляются тенденции разрешения применения ЭКБ импортного производства «любой ценой», контроль за исполнением принятых решений носит зачастую формальный характер.

Из вышесказанного следует, что разработчики аппаратуры не создают никакой альтернативы применению иностранной элементной базы. Копирование же ЭКБ иностранного производства может привести к постоянному отставанию характеристик

создаваемой РЭА от технического уровня конкурентов и потенциальных противников. Не говоря уже о нарушении авторских прав. В области электроники для коммерческой аппаратуры ситуация кажется еще более удручающей, почти безнадежной.

Таким образом, поставки ЭКБ, необходимой для военной, космической и атомной РЭА, из-за рубежа невозможны. Следовательно, обеспечить промышленность ЭКБ спецприменения можно только путем развития ее производства в России.

Следствием импортозависимости в области ЭКБ является постоянное гарантированное отставание тактико-технических характеристик (ТТХ) российской РЭА, создаваемой

из доступной покупной, а следовательно, не новейшей импортной ЭКБ, от ТТХ аппаратуры зарубежных конкурентов-противников. Результат — более тяжелые и объемные, более энергоемкие и дорогие образцы отечественной аппаратуры, которые уже в момент своего появления уступают по этим параметрам зарубежным конкурентам (а то и оснащены несанкционированными закладками).

Министерство промышленности и торговли РФ (Минпромторг) поставило перед собой цель к 2020 г. почти вдвое сократить долю импортной ЭКБ на российском рынке — с 82 до 44%. «Для успешной реализации Стратегии радиоэлектронной промышленности до 2030 г. необходимо, прежде всего, увеличить объемы выпуска за счет сфокусированного развития приоритетных сегментов. К их числу мы относим профессиональную и специальную радиоэлектронику, которые имеют важнейшее значение для экономического потенциала и обороноспособности

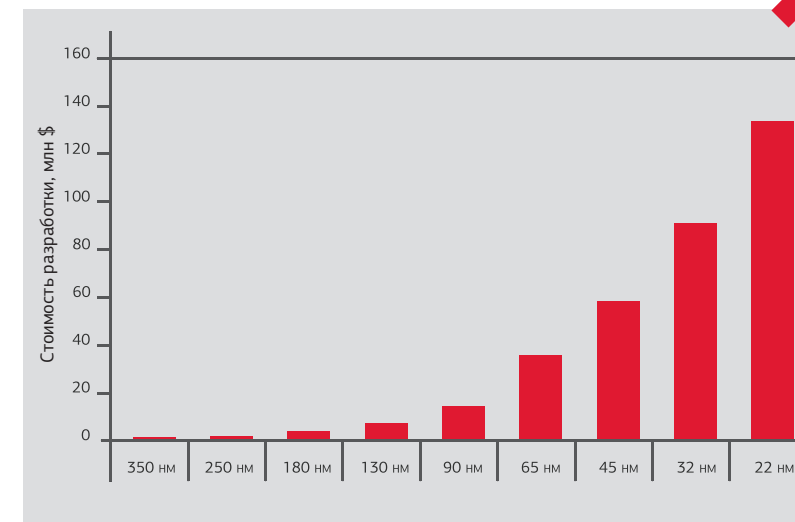


Рис. 1. Стоимость разработки микросхемы в зависимости от проектной нормы (данные IBS, GlobalFoundries)

страны и на которые будет ориентирована господдержка, — заявил глава Минпромторга Денис Мантуров. — Они определяют степень развития всей промышленности, социальной инфраструктуры и безопасности, при этом демонстрируют высокие темпы роста и большое число перспективных ниш. Именно в данных сегментах мы имеем значительный технологический задел и наиболее развитые компетенции. А более низкие, чем в потребительском сегменте, барьеры на вход и требования к масштабу бизнеса позволяют российским компаниям рассчитывать на завоевание существенной доли рынка». В части импортозамещения ЭКБ Минпромторг ориентируется, прежде всего, на использование регуляторных инструментов [5].

Проблема импортозамещения ЭКБ, в частности интегральных микросхем, — большая номенклатура, применяющаяся в РЭА. При импортозамещении потребуются переработка аппаратуры, так как разработка пря-

мых аналогов микросхем невозможна. При этом нужно учесть, что мощности отечественной электронной промышленности, даже теоретически, в состоянии обеспечить создание и развитие не более 2–3% используемой импортной номенклатуры твердотельной ЭКБ.

При переходе на меньшие топологические нормы сложность НИОКР и затраты на них возрастают экспоненциально. Также быстро увеличивается количество материалов, используемых при производстве приборов. Следует обратить внимание на изменение стоимости разработок, особенно с учетом того, что в современную аппаратуру уже закладываются микросхемы технологического уровня до 22 нм. По диаграмме (рис. 1) видно, что стоимость разработки СБИС уровня 22 нм достигает \$140 млн.

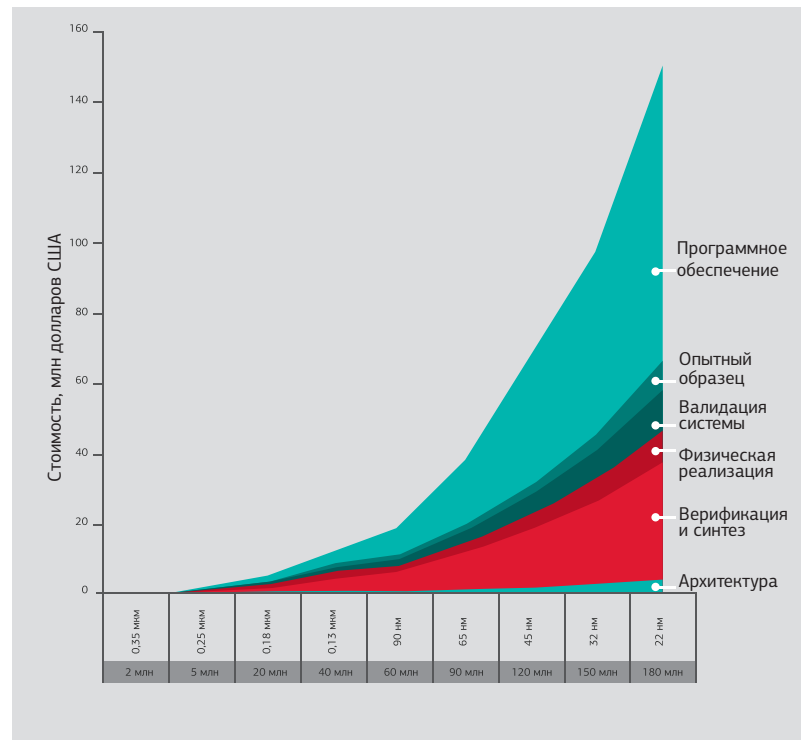


Рис. 2. Зависимость стоимости разработки СБИС от проектных норм (зарубежные данные)

Рис. 2 и таблица 4 демонстрируют другие варианты (по данным Synopsys, Gartner Dataquest & Altera Estimates) зависимости стоимости разработки от проектных норм. При этом следует обратить внимание, что более половины стоимости составляет разработка пользовательского программного обеспечения, на что у нас обращается очень мало внимания. Отечественные разработки СБИС в большинстве своем используют зарубежное программное обеспечение, что чревато проблемами нарушения авторских прав и обеспечения информационной безопасности.

Эти данные показывают, что среди Fabless-компаний мелким игрокам на рынке делать нечего. Даже при создании чего-то уникального стоимость внедрения может оказаться такой высокой, что не окупится всеми продажами.

Таблица 4. Изменение стоимости разработки кристалла

НАЗНАЧЕНИЕ ЗАТРАТ	ЗАТРАТЫ ПРИ МИНИМАЛЬНОМ ТОПОЛОГИЧЕСКОМ РАЗМЕРЕ (МЛН \$):					
	0,18 МКМ	0,15 МКМ	0,13 МКМ	0,09 МКМ	0,065 МКМ	0,045 МКМ
Разработка кристалла, в т. ч.:						
Разработка, верификация и топология	5,2	7,5	11,1	13,9	17,1	21
ПО	0,9	2,1	3,1	3,9	5,5	5,6
Испытания и подготовка производства	0,6	1,1	1,5	1,9	1,6	2,4
Фотошаблоны и опытные образцы	10,3	10,3	10,3	10,3	10,8	11

Инвестиции в НИОКР по 32–28 нм составили \$1,2 млрд и \$2–3 млрд для 22–20 нм. Проектирование чипа стоит до \$90 млн для 32 нм и \$120–500 млн для 22 нм. Компенсация затрат на разработку и производство потребует продать 30–40 млн 32-нанометровых кристаллов и 60–100 млн на 20 нм.

Решение задачи импортозамещения невозможно без создания промышленных технологий (особенно уровня менее 65 нм) и соответствующего производства. Для создания производства микросхем современного уровня необходимо следующее (рис. 3):

1. Приобретение дорогого оборудования.
2. Создание и отработка необходимой инфраструктуры для запуска оборудования, создание и отработка технологических процессов и маршрутов производства СБИС (от двух лет).

3. Монтаж и отладка оборудования; разработка, отладка, характеристика и сертификация техпроцессов (два года).
4. Разработка изделий (три года).
5. Метрология.
6. Подготовка, обучение и сертификация кадров.
7. Логистика.

Прежде всего, стоит проблема создания инфраструктуры обеспечения полупроводникового производства необходимого технологического уровня, а лучше всего — более высокого, хотя бы на следующий шаг. Без создания и сертификации инфраструктуры обеспечения чистыми средами, сверхчистой водой, газами, кислотами, растворителями и т.д. совершенно бесполезно даже говорить о монтаже оборудования, т. к. оно может быть

выведено из строя. Только после сертификации каждого трубопровода, каждой системы обеспечения технологического процесса можно начинать монтировать, запускать оборудование, ставить и отлаживать базовые технологические процессы. Без этого все проекты организации современного производства и создания промышленной технологии — пустые разговоры. Процесс создания инфраструктуры занимает более двух лет. Процесс создания и аттестации промышленной технологии с доведением выхода годных разработанных СБИС до 90–95% занимает около двух лет. Intel объявила о техпроцессе 14 нм в середине прошлого года, но промышленное производство микросхем этого уровня появится, в лучшем случае, к концу этого года.

Конечно, в обязательном порядке требуют подготовки и решения, с обязательной аттестацией и сертификацией, вопросы кадрового обеспечения, метрологии и логистики. Последнее очень важно для России, т. к. на сегодня в стране нет пригодных для современной технологии материалов.

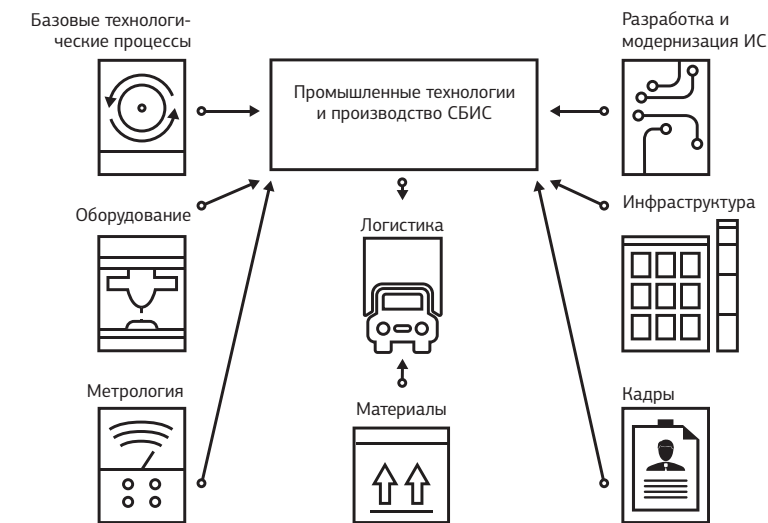


Рис. 3. Создание технологий

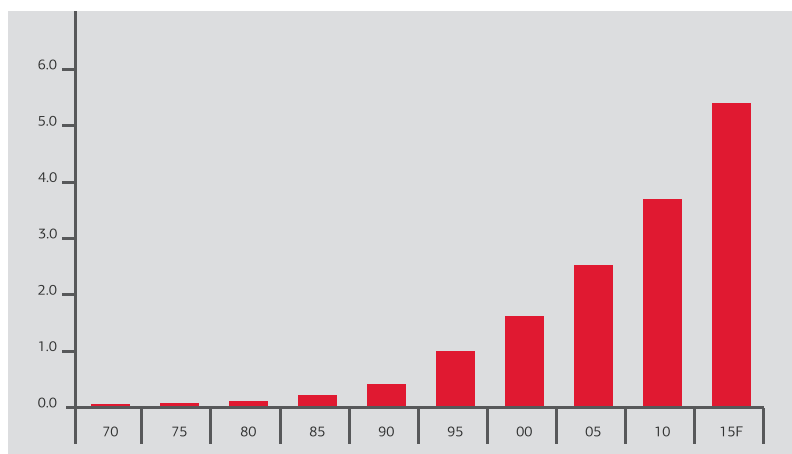


Рис. 4. Тенденция роста стоимости завода, производящего микросхемы

Задача производства специализированных микроэлектронных и микро-системных устройств для отечественных изделий специального назначения должна решаться с учетом особенностей общего состояния микроэлектронной промышленности в России и за рубежом, из которых можно выделить следующие:

- Усложнение и удорожание производства ЭКБ привело к разделению некогда интегрированных производителей микросхем на ряд специализированных производств (производство средств САПР, проектирование, изготовление фотошаблонов, изготовление кристаллов, сборка, тестирование и испытания микросхем).
- Более 99% мировых производственных микроэлектронных мощностей ориентировано на производство коммерческой ЭКБ, которая не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к изделиям специального назначения.
- Современная микроэлектроника специального и двойного применения характеризуется большим количеством используемых технологий (например, в программе «доверенных производителей» США для производства изделий специальных и военных микроэлектронных компонентов задействованы 17 заводов по производству кристаллов микросхем, реализующих 168 различных технологий уровня от 4 мкм до 32 нм).
- Практически все мировые производители кристаллов микросхем с топологическими нормами менее 130 нм для формирования слоев металлизации используют единый технологический процесс медной металлизации — «двойной дамаский процесс».
- Организация на территории РФ микроэлектронного производства, полностью независимого от внешних поставок материалов, оборудования, полуфабрикатов и других составляющих, не представляется возможной в течение ближайших десятилетий.

Международное разделение труда в этом секторе экономики высоко-развито, что неудивительно: большие издержки на разработку технологии и организацию производства изделий часто фактически не позволяют осуществить проекты по новейшим топологическим нормам (20, 14, 8 нм) силами отдельной коммерческой структуры. Подобные проекты сегодня реализуются крупнейшими транснациональными корпорациями с привлечением целого ряда льгот и налоговых преференций со стороны поддерживающих проекты национальных правительств [11].

Рост стоимости фабрик каждого следующего поколения (рис. 4) привел к тому, что с развитием технологий сокращается число производителей микросхем по полному циклу — от разработки до сборки и испытаний.



Таблица 5. Затраты на оборудование заводов по обработке пластин [12]

	ЗАТРАТЫ, МЛРД \$					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>ДИАМЕТР ПЛАСТИН</b>						
300 мм	33,500	29,580	27,070	31,166	35,415	38,566
≤200 мм	5,916	3,262	2,951	3,686	3,251	2,168
<b>ВСЕГО</b>	<b>39,416</b>	<b>32,842</b>	<b>30,021</b>	<b>34,852</b>	<b>38,666</b>	<b>40,734</b>
Прирост, %	16	-17	-9	16	11	5

По технологии уровня 90 нм работает девять фирм (Intel, Samsung, STMicroelectronics, Toshiba, IBM, Renesas, TI, Infineon, «Микрон»), по технологии уровня 65 нм — семь фирм — производителей микрочипов по полному циклу от разработки до сборки и испытаний (Intel, Samsung, STMicroelectronics, Toshiba, IBM, Renesas, «Микрон»), по технологии уровня 45 нм — пять фирм — производителей микрочипов по полному циклу от разработки до сборки и испытаний (Intel, Samsung, STMicroelectronics, Toshiba, IBM), по технологии уровня 32 нм — три фирмы (Intel, Samsung, STMicroelectronics).

Несмотря на прилагаемые в последние годы усилия по восстановлению российской электронной промышленности, налицо научно-технические проблемы развития ЭКБ. Это, прежде всего, отставание по техническому уровню отечественной ЭКБ в сравнении с зарубежной. Решение этой проблемы возможно только при создании технологического базиса, позволяющего предприятиям отечественной промышленности выпускать ЭКБ, соответствующую мировому уровню. Притчей во языцех стало отсутствие материалов отечественного производ-

ства для создания ЭКБ. В этом же ряду стоит метрологическое обеспечение разработки и выпуска перспективной ЭКБ. Особо следует обратить внимание на нормативно-методическое обеспечение дальнейшего развития ЭКБ — развитие системы стандартизации, обеспечение повышения качества, надежности и стойкости к ВВФ ЭКБ.

Сократить отставание отечественной ЭКБ невозможно без создания научно-технического задела: выполнение фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований по созданию ЭКБ нового поколения на новых принципах конструирования и физических принципах. Но как это реализовать в условиях реорганизации институтов РАН, переданных в ведение ФАНО, совершенно непонятно. Несмотря на то, что, например, технологии создания ЭКБ входят в Перечень критических технологий, утвержденных Президентом России, технологические работы Минпромторгом не финансируются.

Минпромторгом России во исполнение поручения заместителя Председателя Правительства Российской Федерации С. Б. Иванова от 24 января 2011 г. № СИ-П7-4пр приказом от 31.03.2011 № 406 (с изменениями

состава в приказах от 30.11.12 № 1797, от 24.11.15 № 3756) с целью выработки рекомендаций по проведению единой технической политики и координации работ в области создания ЭКБ образован межведомственный совет главных конструкторов по электронной компонентной базе под руководством генерального директора АО «НИИМЭ» академика РАН Красникова Г. Я.

На сегодня в состав совета входят представители ФОИВ, ведомств и интегрированных структур, в т. ч. Минобороны России, Минпромторга России, МЧС России, Минобрнауки России, МВД России, ФСБ России, ФАНО, ФМС России, РАН, Роскосмоса, Росатома, концернов «Ростехнологии», «ВКО «Алмаз-Антей» и других организаций, участвующих в создании, закупках, поставках, испытаниях и применении ЭКБ.



Основными задачами межведомственного совета главных конструкторов по ЭКБ являются:

- рассмотрение и подготовка предложений по реализации единой научно-технической политики по ЭКБ;
- последовательное увеличение доли электронных компонентов российского производства в выпускаемой радиоэлектронной продукции;

- принятие решений по научно-техническим вопросам разработки, производства и внедрения отечественной ЭКБ;
- подготовка предложений по координации деятельности кооперации предприятий и организаций — исполнителей работ, главных конструкторов, участвующих в создании, организации производства и эксплуатации отечественной ЭКБ;

- участие в формировании предложений в федеральные, ведомственные и комплексные целевые программы, в том числе в государственный оборонный заказ и государственную программу вооружения в части разработки и поставок ЭКБ, включая предложения по корректировке указанных программ (ГОЗ, ГПВ) в процессе их реализации;

Для реализации данных решений межведомственный совет главных конструкторов по ЭКБ взаимодействует с интегрированными структурами в части организации работ по импортозамещению ЭКБ. С этой целью начата работа по назначению ответственного лица по межаппаратурной унификации на уровне заместителя генерального конструктора системы по ЭКБ. В интегрированных структурах создаются советы главных конструкторов по аппаратуре, в состав которых вводятся представители межведомственного совета главных конструкторов по ЭКБ. В свою очередь, в состав межведомственного совета вводятся представители советов по аппаратуре интегрированной структуры. В интегрированной структуре определяется или создается ответственная организация за унификацию аппаратуры и ЭКБ. Все эти действия должны утверждаться приказами по интегрирован-

ной структуре, и соответственно, необходимо организовать взаимодействие межведомственной рабочей группы по ЭКБ межведомственного СГК по ЭКБ и СГК по аппаратуре. При необходимости и по взаимному решению в составе межведомственного совета главных конструкторов нужно создавать рабочие группы по конкретному направлению работ по унификации аппаратуры и ЭКБ.

- выработка предложений по совершенствованию нормативной базы в области разработки, производства и применения ЭКБ.

Использование существующих в стране технологических возможностей позволяет обеспечить 80% требуемой номенклатуры ЭКБ в аппаратуре. При этом разработка прямых аналогов невозможна из-за большой номенклатуры и, соответственно, невозможности реализации в стране всех существующих в мире технологических и конструктивных вариантов ЭКБ. На это нужно наложить возможности наших разработчиков. По СБИС это составляет не более 100 проектов в год.

Решение проблемы импортозамещения возможно через межаппаратурную унификацию. Но в настоящее время не решена задача унификации даже на уровне блоков. Необходимо создание минимального комплекта универсальной номенклатуры ЭКБ, позволяющей реализовать необходимые требования к аппаратуре. Необходимо

реализовать эффективный «фильтр» ЭКБ в виде «Ограничительного перечня ЭКБ для использования в специальной аппаратуре». При этом определить механизм принятия решений для исключительных случаев отклонения от «Ограничительного перечня...».

Также требуется изменить взаимоотношения между разработчиком ЭКБ и разработчиком аппаратуры. Разработка аппаратуры должна проводиться при непосредственном привлечении разработчиков ЭКБ, начиная с самых ранних этапов. То же самое нужно отнести и к разработке ЭКБ, где разработчик аппаратуры должен быть, как минимум, контрагентом и членом госкомиссии по приемке результатов ОКР.

Таким образом, возможными решениями проблемы импортозамещения являются унификация РЭА и ЭКБ; создание минимального комплекта универсальной номенклатуры ЭКБ; согласование перечня ЭКБ импортного производства с межведомственным СГК с целью унификации решений; взаимное согласование сроков проведения ОКР по разработке ЭКБ и РЭА.

**Импортозамещение многих аналоговых микросхем возможно использованием аналого-цифровых БМК (АЦ БМК) для реализации большого числа схем**

Необходимо обеспечить координацию и руководство работой по развитию, унификации, стандартизации и применению ЭКБ для ВВСТ и двойного назначения в части обоснования программ и планов развития ЭКБ для ВВСТ и двойного назначения, технологий создания ЭКБ и радиоэлектроники; обоснования программ и планов стандартизации ЭКБ, разработки нормативно-правовых актов и важнейших стандартов; обоснования правильности выбора и применения ЭКБ в ВВСТ; обоснования системы управления качеством ЭКБ на всех этапах жизненного цикла, оценки соответствия ЭКБ заданным требованиям. Правда, есть уже упомянутая опасность войти в противоречия с принципами стандартизации в Российской Федерации — прежде всего, это принцип добровольного применения стандартов.

Это организационный этап, и далее требуются конкретные действия разработчиков ЭКБ и РЭА по импортозамещению.

У разработчиков аппаратуры очень популярны ПЛИС, позволяющие решать много вопросов при широкой номенклатуре возможностей и малых количествах микросхем. ПЛИСы разрабатываются и выпускаются также и в России. При этом проблему недостаточности технологического уровня для производства новейших ПЛИС частично можно решать использованием БМК. Так, ПЛИС с технологическим уровнем 0,028 мкм воспроизводятся на БМК с уровнем 0,09 мкм, которые проектируются в АО «НИИМЭ».

Другой проблемой является отсутствие в России отечественных программно-аппаратных комплексов программирования ПЛИС. Минпромторгом поставлена НИР в том же АО «НИИМЭ» по разработке такого комплекса.



Проблемой является неудобство применения БМК по сравнению с ПЛИС. Но она решается обучением специалистов и оснащением аппаратурных предприятий современными САПР с целью перехода с макетирования на ПЛИС на моделирование на БМК. Дополнительный эффект за счет совершенного моделирования заключается в возможности перехода на «продвинутые» технические решения.

Импортозамещение многих аналоговых микросхем возможно использованием аналого-цифровых БМК (АЦ БМК) для реализации большого числа схем, таких как операционные усилители, компараторы, источники опорного напряжения, ключи и др. Использование АЦ БМК решает также проблему нехватки специалистов — разработчиков аналоговых схем в аппаратурных предприятиях, так как

проектирование конкретной аналоговой схемы, как правило, производится централизованно в дизайн-центре, обладающем соответствующими компетенциями.

Базовым вариантом решения проблемы импортозамещения и унификации аппаратуры и ЭКБ должен стать анализ блоков и ТЭЗ РЭА с целью реализации их функций в СБИС.

Анализ блоков и ТЭЗ с выведением их функциональных моделей, с одной стороны, позволит расширить применение существующих СБИС с переложкой соответствующих блоков, узлов и модулей. С другой — даст объективную картину необходимости реализации некоторых моделей в новых типах СБИС. Во-первых, будут получены типовые унифицированные решения, во-вторых, поднимется надежность и снизится трудоемкость создания РЭА из-за сокращения

количества применяемой ЭКБ. Итогом анализа станет целесообразность использования импортной ЭКБ в качестве дополнения недостающей номенклатуры российских электронных компонентов. Правда, при этом разработчикам микросхем предстоит большая и серьезная работа по созданию информации о буферах ввода/вывода (IBIS-модели), но она того стоит.

Импортозамещение нельзя толковать как выпуск точных копий ранее импортируемых зарубежных комплектующих или изделий. Необходимо перевооружение предприятий и переход на новые современные и перспективные технологии. Импортозамещаемые изделия должны быть конкурентоспособными на внешнем рынке и таким образом повышать экспортный потенциал страны. Импортозамещение в настоящее время требует ускоренных темпов работы. □

## Литература

1. Доклад Общественной палаты РФ «Участие гражданского общества в укреплении экономической безопасности, модернизации промышленности и, в первую очередь, оборонно-промышленного комплекса». 2013.
2. В. Евсеев, И. Наливкин. Импортозамещение ЭКБ и развитие радиоэлектроники. Обсуждение проблемы // ЭНТБ. 2014. № 8.
3. <http://tvoigorodpskov.ru/2016/06/183630-rukovodstvo-soglasovalo-plan-goszakupok-mikroelektroniki-ne.html>.
4. <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/978/978.pdf>.
5. Пресс-служба Минпромторга: <http://aviapanorama.ru/2014/10/k-2020-godu-dolya-importnoj-ekb-na-rossijskom-rynke-snizitsya-s-82-do-44/>.
6. П. В. Аксенов. Проблемы и перспективы импортозамещения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Аналитический вестник «О мерах реализации импортозамещения в гражданских отраслях промышленности в интересах укрепления национальной безопасности».
7. А. А. Бутытская, Е. С. Горнев. Полимерные материалы для герметизации интегральных схем и полупроводниковых приборов // ЭНТБ. 1998. № 1.
8. <http://www.rbc.ru/politics/18/12/2015/5673b8369a79470caadc56a2>.
9. И. Покровский. Вырастить микроэлектронную экономику // Эксперт. 2014. № 29.
10. <http://www.ixbt.com/cpu/microelectronics.shtml>.
11. <http://ru.pcmag.com/protssory/19412/review/importozameshchenie-problemy-mikroelektroniki>.
12. Christian G. Dieseldorff. «Easy does it» — Fabs trim spending plans. Solid State Technology. Wafer News. June 15, 2015.

# ДИПОЛЬ



## Полуавтоматические установки совмещения-экспонирования AG500-4N-ST/-6N-ST

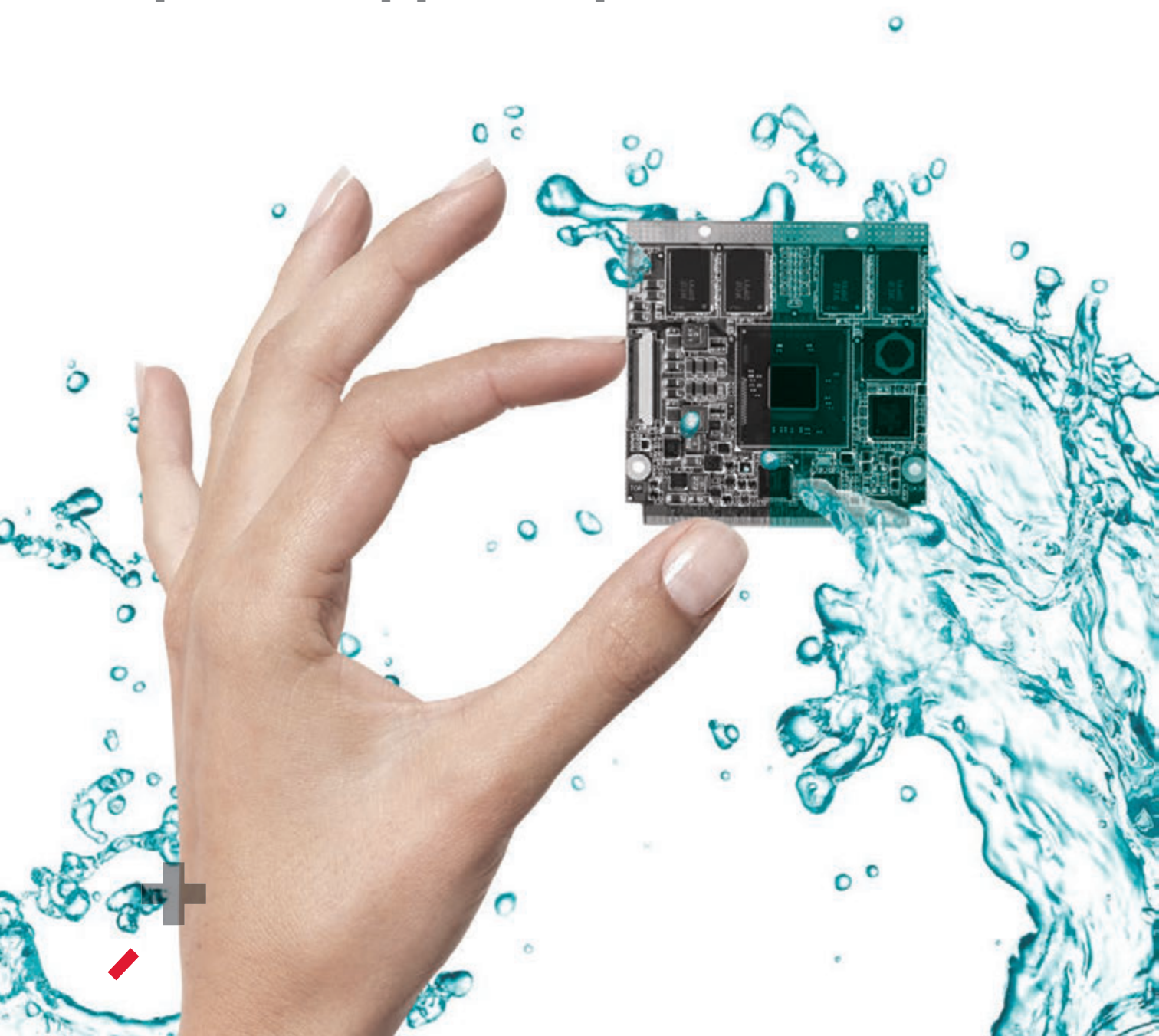
- Оптимальное решение для пластин 60x48 мм и полупроводников 2"–6" при разрешении до <0,8 мкм
- Универсальная оснастка для образцов и шаблонов
- Автоматическое выравнивание образца параллельно шаблону
- Удобство работы оператора: моторизованная видеосистема и джойстик
- Массивное основание для защиты от вибраций
- Низкая цена и стоимость эксплуатации

## Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

# ПОДОБНОЕ — ПОДОБНЫМ

Сравнение конформных покрытий



Конформное покрытие — это тонкий прозрачный полимерный слой, наносимый на поверхности печатных узлов для защиты от воздействия внешних факторов. Термин «конформный» происходит от латинского *conformis* — «сходный», «подобный», то есть определяет возможность покрытия повторить форму защищаемого печатного узла. Кремнийорганическое, уретановое и париленовое — какое из этих конформных покрытий лучше? В статье подробно рассматриваются их достоинства и недостатки.



На сегодня наиболее популярны два типа конформных покрытий: кремнийорганические и уретановые. Выбор между ними делается по самым разным соображениям, но какое из них объективно лучше? И что можно сказать о париленовых конформных покрытиях — прозрачных полимерных покрытиях, осаждаемых в вакууме из газовой фазы, которые могут равномерно наноситься на поверхности практически любого состава, качества и формы, в том числе стекло, металлы, бумагу, смолы, пластмассы, керамику, ферриты и кремний?

Хотя выбор в конечном счете зависит от применения, рассмотрим сильные и слабые стороны каждого из этих типов покрытий.

Шон Хорн, DIAMOND MT  
Под редакцией инженера-технолога  
к. х. н. Татьяны Кузнецовой  
Перевод Артема Вахитова

## Кремнийорганические конформные покрытия

У многих типичных кремнийорганических покрытий номинальная рабочая температура в условиях долговременной эксплуатации составляет +200 °С. Это гораздо выше, чем у большинства уретановых (+125 °С). Некоторые кремнийорганические покрытия, предназначенные для применения в условиях сверхвысоких температур, имеют номинальную рабочую температуру, достигающую до +600 °С. На кремнийорганические покрытия предьявляется большой спрос в автомобилестроении, так как температура в двигательном отсеке может достигать +175 °С.

Дополнительное преимущество кремнийорганического конформного покрытия — великолепная влагозащита, поэтому они используются в изделиях, претерпевающих чрезвычайно сильные перепады температур, которые приводят к чрезмерно обильному влагообразованию. Другие конформные покрытия в этих условиях отказывают в течение часов или дней, но кремнийорганические,



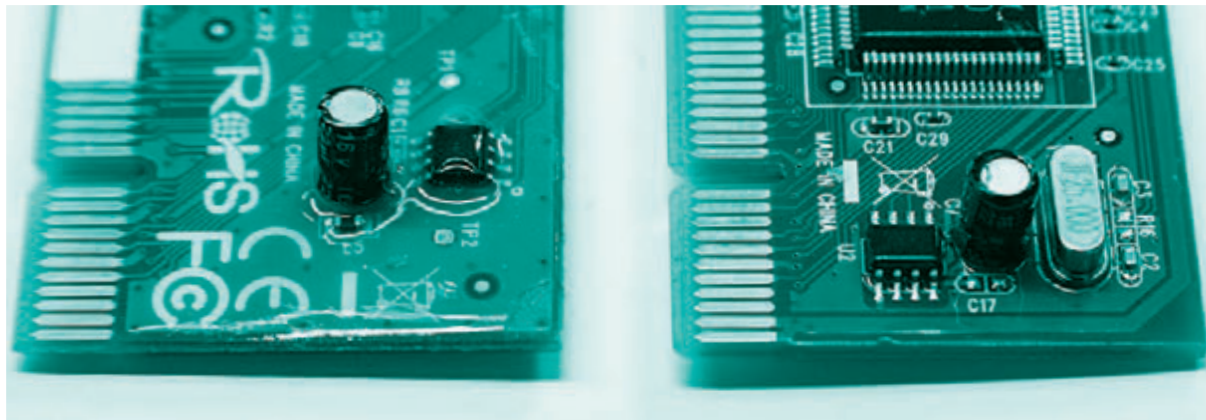


Рис. 1. Покрытия: силиконовое (слева) и уретановое (справа)

особенно нанесенные толстым слоем, выдерживают. Одно из конкретных применений этого типа покрытий — обогреватели с электронным управлением, предназначенные для эксплуатации в климатических условиях Арктики. Они нагреваются почти до +65 °С, а затем охлаждаются до окружающей температуры, которая может достигать до -40 °С. Этот сильный перепад температуры происходит очень быстро, отчего образуется большое количество влаги. Применение других покрытий, например уретановых, приводит к отказам печатных узлов. Единственная проверенная альтернатива — кремнийорганика.

Кремнийорганические покрытия также относятся к числу наиболее легких в нанесении и доработке. Благодаря невысокому, как правило, содержанию растворителей эти покрытия ложатся гладким слоем, который очень быстро отверждается — примерно за один час при комнатной температуре. Наконец, такие качества кремнийорганических покрытий, как гибкость, мягкость и относительно низкая стойкость к растворителям, делают их пригодными для печатных узлов, которые требуют дополнительной обработки после нанесения покрытия. Эта гибкость позволяет минимизировать трудозатраты, не жертвуя целостностью покрытия.

### Нерекомендованные применения

Поскольку кремнийорганические покрытия необходимо наносить более толстым слоем (целевая толщина покрытия — 0,05–0,21 мм), чем конформные покрытия других типов, разумно будет поискать иные варианты, если изделие имеет строгие допуски на зазоры или если паяные соединения неспособны выдержать механические напряжения, возникающие под действием толстого слоя покрытия.

Существуют, в частности, следующие марки кремнийорганических конформных покрытий:

- HumiSeal 1C49;
- HumiSeal 1C49LV;
- HumiSeal 1C51;
- HumiSeal 1C55;
- Dow Corning 1-2577;
- Dow Corning 3-1753;
- Dow Corning 3-1765;
- Dow Corning 3-1744;
- Dow Corning 3-1953;
- Dow Corning 3-1965;
- Dow Corning 3-1944;
- MG Chemicals 422B;
- Peters DSL 1705 FLZ;
- Peters DSL 1706 FLZ;
- Electrolube SCC3;
- Electrolube SCC4.

Кремнийорганические покрытия обладают рядом особенностей: хорошими диэлектрическими характеристиками, высокой термической и химической стойкостью, устойчивостью к воздействию атмосферных факторов и ультрафиолетового излучения

## Уретановые конформные покрытия

Уретановые (UR) конформные покрытия характеризуются высокой стойкостью к химическим растворителям, уступая в этом отношении только париленовым. Соответственно, целесообразно рассматривать возможность применения уретановых покрытий в изделиях, которые должны выдерживать продолжительное воздействие сильнодействующих химических растворителей.

Долгосрочные исследования NASA показали, что уретановые конформные покрытия — один из немногих действенных способов противодействия росту «усов» олова. Поскольку на сегодня неизвестен способ полностью исключить

этот недостаток, необходимо выбрать надлежащую стратегию противодействия этому явлению (см. Приложение 1). Уретановые покрытия — хорошая отправная точка в этом смысле.

Уретановые конформные покрытия целесообразно также рассматривать для применения в изделиях, претерпевающих непосредственный механический износ, поскольку уретановые смолы весьма тверды и стойки к нему: по твердости они уступают только эпоксидным конформным покрытиям, будучи при этом значительно легче в доработке.

### Нерекомендованные применения

Уретановые конформные покрытия малоприспособны для изделий, эксплуатируемых в условиях сильной вибрации. Ввиду механической прочности и стойкости к истиранию, которые обычно свойственны уретановым покрытиям, сильная вибрация может в конечном итоге привести к нарушению целостности этих жестких покрытий. Более удачным выбором будет полностью конформное гибкое покрытие — например, париленовое.

Если изделие будет подвергаться воздействию высоких температур, уретановое покрытие не обеспечит необходимой защиты. Ведущие уретановые покрытия, такие как

HumiSeal 1A33, обеспечивают защиту при температуре до +125 °С. Существуют, в частности, следующие марки уретановых конформных покрытий:

- HumiSeal 1A33;
- HumiSeal 1A20;
- HumiSeal 1A27;
- HumiSeal 2A64;
- HumiSeal 1A34;
- Peters SL 1301 FLZ;
- Peters SL 1301-Eco-BA FLZ;
- Hysol PC18M;
- CONATHANE CE-1155-35;
- CONAPCE-1170;
- CONATHANE CE-1164;
- Techspray Fine-L-Kote;
- MG Chemicals 4223;
- Electrolube PUC.

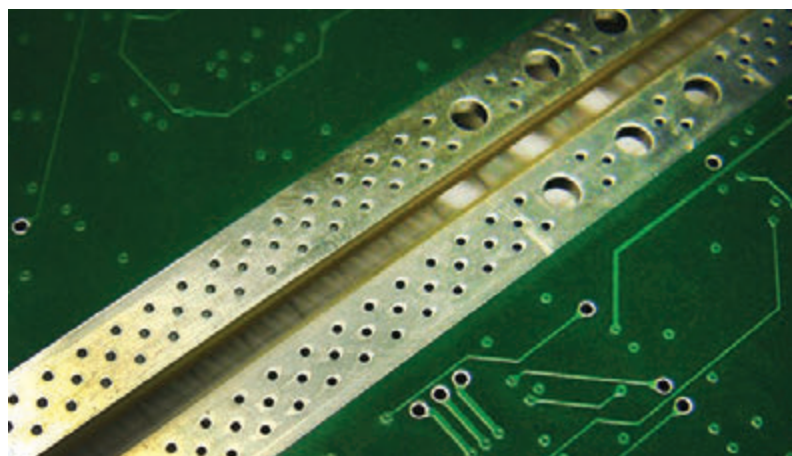


Рис. 2. Плата без покрытия (сверху), плата, покрытая париленом (снизу)

## Париленовые конформные покрытия

Париленовые полимеры — поликристаллические и линейные по своему строению, обладают превосходными барьерными характеристиками, в высшей степени инертны химически и, благодаря технологии осаждения, могут равномерно наноситься на поверхности практически любого состава, качества и формы.

Заметить тонкое и прозрачное париленовое покрытие на поверхности печатного узла довольно трудно (рис. 2), его можно увидеть только по легкой матовости на поверхности печатного узла или же поцарапав покрытие острым скальпелем.

Париленовые покрытия отличаются от других тем, что наращиваются непосредственно на поверхности изделия при комнатной температуре.

Благодаря отсутствию жидких фаз они являются по-настоящему конформными, имеют равномерную контролируемую толщину и полностью свободны от дефектов типа «булавочный прокол» при толщине более 0,5 мкм. Фактически париленовое покрытие способно полностью заполнять зазоры шириной всего 0,01 мм.

Помимо великолепных электрических характеристик, таких как низкая диэлектрическая проницаемость, малые потери, благоприятные высокочастотные свойства, хорошая электрическая прочность и высокое удельное объемное и поверхностное сопротивление, париленовые покрытия отличаются хорошей термостойкостью и могут эксплуатироваться без значительного ухудшения физических характеристик

в течение 10 лет при температуре +80 °С на воздухе и при температуре свыше +200 °С в бескислородной среде.

Париленовые покрытия часто наносят на основы или материалы, не допускающие наличия каких-либо пустот в защитном покрытии. Многие изделия такого рода в ходе эксплуатации взаимодействуют с агрессивными химическими веществами, влажной средой или даже человеческим организмом. Нередко эти изделия представляют собой устройства ответственного назначения, у которых не допускается изменение эксплуатационных характеристик под влиянием внешних факторов. Если изделия требуют столь надежной защиты от воздействия среды, париленовые покрытия — единственный разумный выбор.

## Недостатки париленовых покрытий

При всех этих преимуществах у париленовых покрытий есть ряд недостатков по сравнению с другими конформными покрытиями. Один из важных факторов — это, как правило, более высокая стоимость, обусловленная множеством причин, в числе которых сама технология, используемое сырье и трудозатраты на подготовку изделия к нанесению покрытия. Чаще всего (хотя и не во всех применениях) цена изделия с париленовым покрытием будет выше, чем с покрытием, наносимым из жидкой фазы.

Технологический процесс нанесения париленовых покрытий предусматривает обработку изделий партиями. Отсюда следует, что объем пространства в вакуумной камере для каждой установки по нанесению покрытий ограничен. Цель состоит в том, чтобы максимизировать количество изделий в камере. Если оно ниже оптимального, цена за штуку может оказаться радикально выше.

Кроме того, используется довольно дорогостоящее сырье — дипараксилит и его производные, цена за который варьируется в диапазоне примерно от \$450 до более чем \$20 тыс. за килограмм. Поскольку париленовое покрытие осаждается из паровой фазы, оно наносится на все поверхности, включая те, которые покрывать не нужно, — например, на внутреннюю поверхность вакуумной камеры. Поэтому технология нанесения париленовых покрытий по природе своей неэффективна и сопряжена с непроизводительным расходом материалов, что повышает итоговую стоимость для покупателя.

Подготовка изделия к нанесению париленового покрытия, в частности маскирование, может быть трудоемким делом. Ввиду того что париленовое покрытие наносится из паровой фазы, оно проникает буквально всюду, куда способен проникнуть воздух. Операторы и специалисты службы контроля качества должны принять соответствующие меры, прежде чем наносить покрытие, чтобы все участки поверхности, на которые оно наноситься не должно, действительно остались непокрытыми.

Серьезная проблема, с которой нередко сталкиваются отдельные крупносерийные производители, — ограниченная пропускная способность установок по нанесению париленовых покрытий. Длительность цикла работы такой установки может составлять от 8 до более чем 24 часов. Из-за ограниченного объема пространства в вакуумной камере за один цикл может быть обработано фиксированное количество изделий. Это, в совокупности с высокими капитальными затратами на новое оборудование, может привести к срыву графиков у исполнителя работ и клиента.

Наконец, еще один недостаток париленовых покрытий — плохая адгезия ко многим металлам. Эти покрытия всегда плохо адгезировали с золотом, серебром, нержавеющей сталью и другими металлами. Многие производители печатных плат используют золото в своей продукции из-за его высокой электропроводности. Существует ряд способов, позволяющих существенно улучшить адгезию к этим металлам, но эти методы сопряжены с высокими затратами на материалы или трудозатратами и могут также значительно повысить стоимость изделия.

## Выводы

Применение кремнийорганических, уретановых или полиуретановых конформных покрытий имеет целый ряд преимуществ. Очевидно, что хоть какое-то покрытие лучше, чем никакого. Но задача состоит в том, чтобы подобрать конформное покрытие, сильные стороны которого соотносятся с потенциальными проблемами изделия так, что обеспечивают ему наилучшую защиту. Только определив эти проблемы и пути их решения, можно выбрать подходящее покрытие. Если до конца не ясно, какое покрытие лучше, возможно, стоит обратиться за консультацией к специалисту.

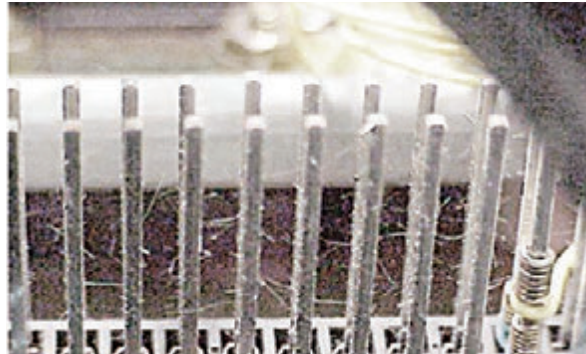


Рис. 3. «Усы» олова на разъеме

## Приложение 1

### Противодействие росту «усов» олова и конформные покрытия

«Усы» олова — это проводящие электрический ток кристаллические структуры, которые иногда вырастают на поверхностях, имеющих оловянное финишное покрытие (особенно гальванически осажденное). Типичная длина «усов» составляет 1–2 мм, но наблюдались также усы длиной свыше 10 мм. Зафиксированы случаи отказов электронных систем, причиной которых были сочтены короткие замыкания, вызванные «усами» олова, которые создают перемычки между близко расположенными элементами электрических цепей, находящимися под разными потенциалами.

Иногда «усы» путают с более широко известным феноменом — дендритами, которые нередко образуются в результате процессов

электрохимической миграции. Поэтому здесь важно подчеркнуть, что «усы» и дендриты — это два совершенно разных явления. Как правило, «ус» олова имеет вид очень тонкого одиночного нитевидного или волосовидного отростка, направленного наружу от поверхности (в направлении оси Z). Дендриты же образуют узоры в виде листьев папоротника или снежинок, растущих вдоль плоскости поверхности (плоскость XY), а не наружу. Механизм роста дендритов хорошо изучен и требует присутствия влаги того или иного типа, способной растворять металл (например, олово) с образованием раствора, содержащего ионы этого металла, которые затем подвергаются электромиграции под действием электрического поля.

Точный механизм образования «усов» не установлен, но известно, что он не требует ни растворения металла, ни присутствия электрического поля.

По данным НАСА, механизмы роста «усов» олова изучаются уже на протяжении многих лет. Единого общепринятого объяснения этому явлению не выработано. Одни теории предполагают, что рост «усов» олова может происходить вследствие релаксации механических напряжений (особенно напряжений сжатия) в поверхностном слое олова, другие объясняют его процессами рекристаллизации и аномального роста зерен, изменяющими структуру зерна олова при возможном (но не обязательном) влиянии остаточных напряжений в пленке олова.

### Являются ли «усы» олова источником проблем?

Специалисты НАСА отмечают, что «усы» олова создают серьезный риск снижения надежности электронных узлов. Зафиксирован ряд случаев, когда «усы» олова приводили к отказам наземных и космических систем. На сегодня имеются свидетельства о по крайней мере трех случаях коротких замыканий из-за «усов» олова, повлекших полный отказ коммерческих спутников на орбите. «Усы» олова стали также причиной отказов

медицинских устройств, боевых комплексов, энергетических установок и бытовой электроники.

В связи с «усами» олова следует рассматривать четыре основных вида рисков:

1. устойчивые короткие замыкания в низковольтных цепях с низким импедансом;
2. кратковременные короткие замыкания;
3. дуговой разряд в парах металла;
4. мусор и загрязнение.

Из этого списка часто самым разрушительным оказывается дуговой разряд в парах металла. Он происходит, когда «усы» олова инициируют короткое замыкание в среде с сильными токами и высокими напряжениями.

К сожалению, пока что не известно способа полностью исключить рост «усов» олова — можно только использовать те или иные стратегии противодействия, позволяющие ограничить неблагоприятные для изделия последствия.

### Жизнеспособная стратегия противодействия росту «усов» олова

В 1998 г. произошел отказ на орбите коммерческого спутника Galaxy IV из-за дугового разряда в парах металла, который был вызван «усами» олова на предположительно оловянно-свинцовых поверхностях. Впоследствии было подтверждено, что соответствующие поверхности состояли из чистого олова, невзирая на сертификаты соответствия, в которых утверждалось иное. Этот отказ привел к многодневному перерыву в работе пейджинговых служб.

По следам отказа спутника Galaxy IV в НАСА было предпринято исследование для оценки эффективности уретанового конформного покрытия в качестве средства противодействия росту «усов». Для эксперимента было

выбрано полиуретановое конформное покрытие марки Uralane 5750 (Arathane 5750) как наиболее широко применяемое в аппаратуре космического назначения.

По итогам этого исследования нанесение конформного покрытия было признано жизнеспособной стратегией противодействия росту «усов» олова. Более тонкие слои конформного покрытия были неспособны предотвратить прорастание «усов», но слой уретановой смолы Arathane 5750 толщиной 50 мкм оказался достаточно прочным, чтобы исключить прорастание «усов» сквозь покрытие и устранить связанные с этим потенциальные проблемы.



# Управление технологическими процессами с использованием трехмерного оптического контроля

Непрерывно корректировать параметры технологического процесса для поддержания заданных рабочих характеристик линии по установке SMT-компонентов можно только при наличии простой, точной и моментальной обратной связи. Однако огромные объемы данных, вырабатываемых системами автоматизированного оптического контроля, связанные с требованием точно выявлять и правильно классифицировать дефекты, существенно затрудняют применение таких систем для управления технологическими процессами в реальном времени.

Одним из перспективных способов разрешения этого противоречия на этапе трафаретной печати паяльной пасты представляется трехмерный контроль качества нанесения паяльной пасты (3D SPI), основанный на методе интерферометрии с фазовым сдвигом. Эта технология позволяет повысить точность измерений и правильность классификации дефектов и в то же время иметь достаточно высокий уровень пропускной способности установки.



Ксения Бунатян, руководитель направления контрольного оборудования компании «Диполь»  
tsa@dipaul.ru

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Контроль и испытания — неотъемлемая, но дорогостоящая часть процесса сборки печатных узлов. К основным их видам относятся двумерный контроль нанесенного слоя паяльной пасты (реализуется как опция в комплектации трафаретного принтера), трехмерный контроль качества нанесения паяльной пасты, контроль после установки компонентов, контроль после пайки оплавлением, внутрисхемные измерения, испытания для анализа производственных дефектов и рентгеновский контроль.

Разнообразие средств контроля и испытаний печатных узлов велико — мировой рынок этой техники оценивается более чем в 100 млн долл., — но это не делает построение эффективной системы контроля на конкретном производстве простой, легко решаемой задачей.

Требуется тщательный подбор и согласование технологий на основе хорошо продуманной стратегии контроля. В числе других факторов необходимо учитывать объемы производства, технологический уровень и сложность изготавливаемого изделия, а также бюджетные ограничения. На информативность результатов и возможность их использования в режиме реального времени влияют и характеристики средств испытаний, в частности точность результатов, правильность их интерпретации и доля ложных срабатываний. Недостатки в любой из этих сфер могут нивелировать все приложенные усилия.

По данным ряда отраслевых отчетов, большинство (60–70%) дефектов SMT-производства связаны с технологическим процессом трафаретной печати паяльной пасты. При количестве регулируемых параметров печати от 35 до 50 трудно выдерживать малые допуски без точного управления технологическим процессом в реальном времени. Рекомендации по организации производства предписывают выявлять и исправлять дефекты на возможно более ранних стадиях. Теоретически, если паяльная паста качественная, а системы установки компонентов и пайки оплавлением работают в пределах допусков, технологический выход в 100% должен быть достижим. Но это в теории. Для вывода на рынок нового изделия (мелкосерийное многономенклатурное производство с серьезными ограничениями по срокам) необходимо добиться нужного качества быстро, с первого раза: устранение дефектов при серийном производстве сопряжено с огромными издержками.

Помимо прямых выгод, которые несет точный трехмерный контроль качества нанесения паяльной пасты, он позволяет лучше оценить влияние параметров, связанных с другими технологическими процессами. Кроме того, с уменьшением размеров контактных площадок из-за применения компонентов в миниатюрных корпусах (0201, Micro-BGA, корпуса, соизмеримые с размером кристалла) технологическое окно сужается, вследствие чего требуется еще более пристальный контроль объема и геометрии наносимого слоя паяльной пасты.

Автор — Мэтью Т. Хольцман  
Материал подготовила  
Ксения Бунатян,  
руководитель направления  
контрольного оборудования  
компании «Диполь»  
Перевод Артема Вахитова

## Технологические параметры трафаретной печати паяльной пасты

Технологические параметры процесса трафаретной печати паяльной пасты хорошо описаны в специальной литературе и руководствах по эксплуатации оборудования. К дефектам, в наибольшей степени сказывающимся на качестве продукции, относятся излишек и недостаток паяльной пасты, растекание, деформации, перемычки и отклонения от планарности. Некоторые дефекты трафаретной печати устраняются естественным образом благодаря самосмачиваемости припоя, но есть и другие, которые приводят к дефектам

монтажа — вздыбливанию компонентов (tombstoning), перемычкам, несмачиванию контактных площадок и сдвигу компонентов.

Чтобы свести к минимуму число повторяющихся дефектов, важно количественно охарактеризовать процесс трафаретной печати. Засорение и поломка отверстий трафарета, ошибки нанесения паяльной пасты и т. д. нередко становятся следствием неправильно заданных параметров технологического оборудования или недостатков технологического процесса; при высокой

производительности они быстро приводят к большому количеству дефектов в готовых изделиях. Некоторые дефекты не имеют повторяющегося характера и обусловлены такими факторами, как коробление подложки, особенности геометрии паяльной маски, плохая смачиваемость поверхности при определенных видах отделки, изменение вязкости паяльной пасты, а также некачественная очистка трафарета. Поэтому чрезвычайно важно в точности представлять себе состояние поверхности после печати на каждом типе подложки.

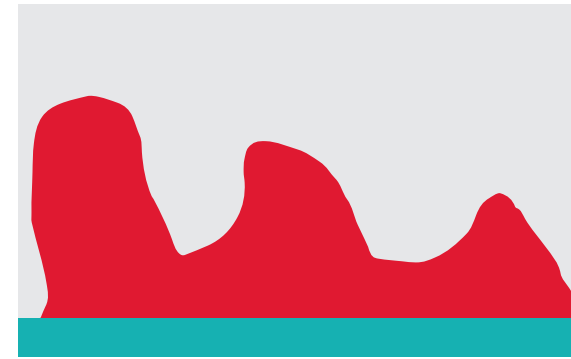


Рис. 1. Профиль слоя паяльной пасты

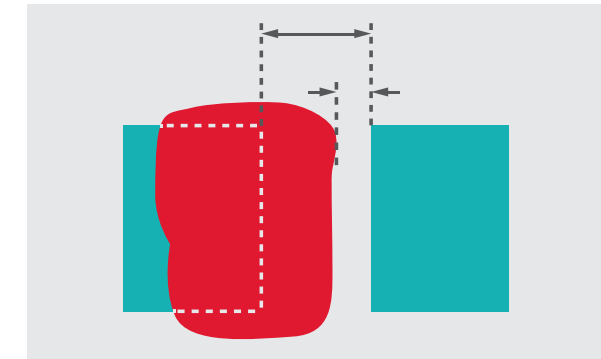


Рис. 2. Сдвиг отпечатка паяльной пасты

## Контур обратной связи



**В числе плюсов муаровой интерферометрии — высокие разрешение и скорость, а также устойчивость к внешним факторам**



Большая часть технологий и стратегий контроля основывается на отбраковке дефектных изделий. Та или иная часть дефектов выявляется после печати паяльной пасты, установки компонентов или пайки оплавлением, но на каждом этапе возрастает текущая стоимость изготавливаемого печатного узла, а с ней растут и затраты на доработку. При этом корректировка параметров технологического процесса в реальном времени является трудной задачей ввиду большого количества данных, необходимых для того, чтобы точно определить механизм возникновения дефекта.

Не менее важна и правильная интерпретация данных. Одинаковые дефекты с разными причинами, ограничения алгоритмов выявления дефектов при автоматизированном оптическом контроле, неточная классификация дефектов, ложные

срабатывания — все это приводит к неразберихе и ошибочному толкованию результатов, что, в свою очередь, затрудняет применение собранных данных. Таким образом, чтобы быстро принимать решения, способствующие повышению выхода годных изделий, необходима четкая информация с ясными практическими следствиями, представленная в сжатой форме.

Сегодня уже повсеместно распространена практика проектирования с учетом технологических требований, однако выход годных изделий на SMT-производстве определяется целым рядом факторов. Чтобы устранить потенциальные причины дефектов, необходимо получить более четкое представление об этих факторах, чем было возможно прежде, так как порой первопричины отказов лежат за пределами процесса трафаретной печати.

## Суть проблемы

Нанесенный слой паяльной пасты имеет трехмерную структуру, а геометрия поверхности подложки существенно варьируется даже при малых производственных допусках. Размер пикселя в системах автоматизированного оптического контроля, применяемых при сборке печатных узлов, составляет обычно от 10 до 30 мкм. Следовательно, каждая контактная площадка описывается данными сотен пикселей. Если умножить это на количество контактных площадок (порядка тысяч), становится яснее суть проблемы: необходимость обработки огромных объемов данных в реальном времени. Высокие тактовые частоты и скорости передачи данных, огромные размеры файлов — все это создает реальные трудности. Необходимым условием успеха является точность. Точно определив объем и форму нанесенного слоя паяльной пасты, мы

получаем данные, необходимые для практической реализации обратной связи в реальном времени. Без этого пользователь не будет доверять результатам, и система превратится в очень дорогой конвейер.

Повторяемость и воспроизводимость измерений на уровне ниже 10% — обязательное условие в этой области применения, позволяющее исключить влияние факторов, обусловленных внутренними системами средства контроля. Стабильность системы камер и точность выдаваемых ею результатов зависят от освещения, углового положения камер, качества регистрации изображения и неподвижности подложки, и каждый из этих факторов может стать причиной существенных вариаций данных. Чтобы не потерять в точности, необходимо также сопоставить геометрические характеристики

подложки и слоя паяльной пасты. Учитывать нужно и разброс геометрических размеров комплектующих, в том числе компонентов и печатных плат. Коробление подложки, ее цвет и степень прозрачности тоже влияют на качество результатов. Наконец, требуется четкое определение объема.

Чтобы количественно охарактеризовать все эти факторы, необходимы точные измерения, которые требуют определенного времени. Соответственно, полезность средства контроля будет определяться еще и длительностью цикла его работы. Любая система, применяемая для этих целей, должна обеспечивать заданную производительность, не превращаясь в узкое место. Временные затраты на программирование также должны укладываться в приемлемые рамки.

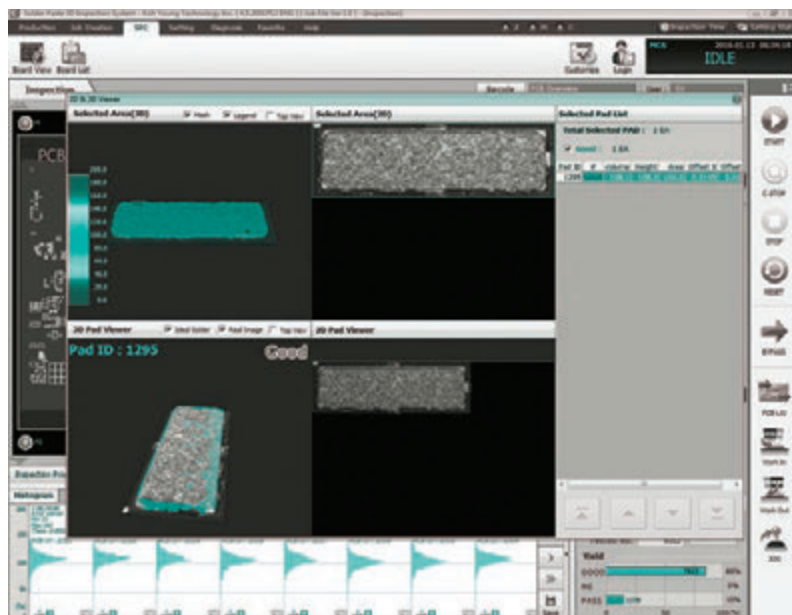


Рис. 3. Муаровая интерферометрия позволяет с высоким разрешением определить форму отпечатка паяльной пасты и с большой достоверностью вычислить его объем

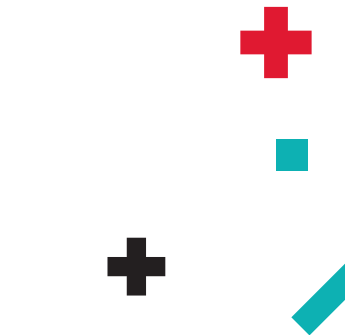
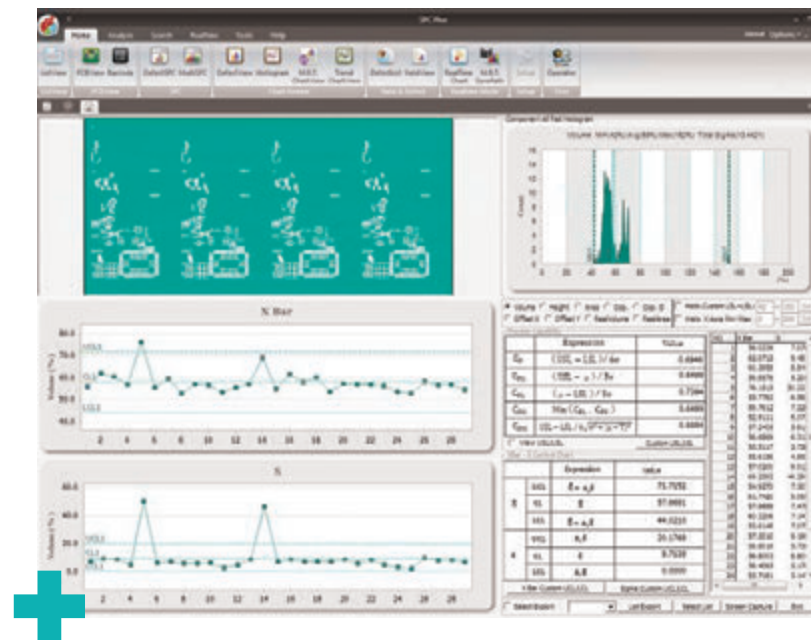


Рис. 5. Функция составления отчетов

## Интерферометрия с фазовым сдвигом

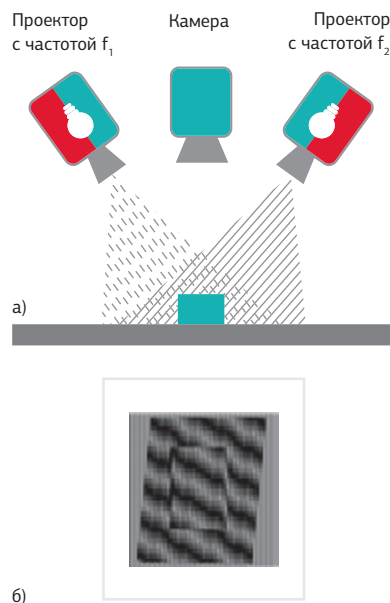


Рис. 4. Многочастотный муар: а) — схема установки; б) — интерференционная картина, фиксируемая камерой

Суть метода заключается в том, что расположенные по определенной системе источники света проецируют на объект световые рисунки, например сетку, полосы и т. п., а затем по аномалиям полученного рисунка определяется форма поверхности. Муаровый узор, используемый в этом методе, представляет собой геометрическую структуру, которая возникает при наложении одного набора прямых или изогнутых линий на другой. На объект проецируется рисунок из периодически повторяющихся полос, а ПЗС-камера многократно регистрирует спроецированное изображение, получая таким образом данные для расчета высоты объекта в месте нахождения каждого пикселя. По этим данным строится топографическая карта объекта контроля, а она, в свою очередь, преобразуется в трехмерное изображение,

по которому можно рассчитать объем и определить форму нанесенного слоя паяльной пасты. В числе плюсов муаровой интерферометрии — высокие разрешение и скорость, а также устойчивость к внешним факторам, таким как шумы и отражения под разными углами. В данном конкретном применении преимущества состоят в гораздо большем разрешении по высоте слоя паяльной пасты, а также устойчивости к изменениям в освещении и короблению подложки. Метод муаровой интерферометрии позволяет достоверно измерить объем и форму слоя пасты. Благодаря последним достижениям вычислительной техники и технологий обработки изображений эти данные могут теперь обрабатываться в реальном времени, так что оператор получает относительно полные данные для принятия обоснованного решения.

## Дополнительные функции

Точный трехмерный профиль — лишь одно из необходимых средств для выявления потенциальных механизмов отказа, обусловленных технологическим процессом. Требуются и другие виды данных: X/Y-координаты, направление движения ракеля, сдвиг, сведения о компоненте,

позиционные обозначения контактов компонентов — все это позволяет получить более ценные результаты. Рассчитанные на основе этой информации статистические данные (могут оформляться, в частности, в виде гистограмм и столбиковых диаграмм) в сочетании с программным обеспе-

чением для анализа дефектов дают оператору возможность отследить тенденции в рамках одной партии продукции или за долгосрочный период и на основании этой информации точнее оценить параметры процесса трафаретной печати паяльной пасты и самого принтера.

## Первичная расшифровка результатов

Опыт производства показывает, что освоение технологии трехмерного контроля качества нанесения паяльной пасты требует существенных усилий, но на достаточно коротком промежутке времени. Результаты определения характеристик технологического процесса после первичного монтажа системы порой приводят клиентов в замешательство. Этот на-

чальный этап очень показателен: он выявляет все характеристики нанесенного слоя паяльной пасты. Зачастую у клиента впервые появляется средство, позволяющее адекватно оценить течение технологического процесса. Пропуски, углубления, ошибки нанесения паяльной пасты, волосовины, пыль, просадки — все дефекты становятся явными. Во многих случаях требуется

полная реорганизация технологического процесса трафаретной печати. Нередко бывает необходимо скорректировать допуски технологического оборудования, в некоторых случаях — пересмотреть конструкцию трафарета, увеличить частоту его очистки, отрегулировать давление, скорость и отскок ракеля. После этого выход годных изделий возрастает весьма ощутимо.





Рис. 6. Ряд последовательных гистограмм позволяет увидеть тенденцию изменения качества нанесения пасты

## Анализ примера из практики: крупносерийное производство среднего уровня

В 2015 году крупная американская компания — производитель электроники исследовала целесообразность внедрения трехмерного контроля качества нанесения паяльной пасты на своем высоконадежном крупносерийном производстве. В связи с тем что на предприятии уже применялось несколько технологий контроля и испытаний, заинтересованные лица не были настроены внедрять еще один процесс без четкого обоснования.

Объектом контроля был печатный узел типа С по стандарту IPC (поверхностный монтаж, простые сквозные отверстия) размерами около 13 × 18 см, содержащий примерно 600 деталей с общим количеством контактов от 7 до 10 тыс. Самыми миниатюрными компонентами были бескорпусные резисторы и конденсаторы типоразмера 0402. Объем производства превышал 1000 узлов в день. На программиро-

вание задания уходило менее 15 мин. Цикл контроля занимал 22 с, включая загрузку, распознавание реперных знаков, собственно контроль и выгрузку. В табл. 1 перечислены основные найденные дефекты.

При первом проходе после первичного монтажа системы контроля качества нанесения паяльной пасты выход годных изделий составил 56–73%. Непосредственно после внедрения системы было выявлено сломанное отверстие трафарета, которое вызывало повторяющиеся дефекты.

По выходным данным от системы контроля, в том числе двумерным и трехмерным изображениям, X/Y-координатам, направлению движения ракеля и измеренному объему паяльной пасты операторам удавалось сразу распознавать дефекты и принимать корректирующие меры. Пользуясь позиционными

обозначениями компонентов и контактов, удалось сопоставить данные контроля качества нанесения паяльной пасты с результатами внутрисхемных и финальных испытаний. По итогам анализа выяснилось, что дефекты, выявленные в ходе этих испытаний, в основном были связаны с недостаточным или чрезмерным объемом паяльной пасты. Каждый из этих дефектов был критическим и требовал доработки. На основе полученных результатов были изменены параметры принтера паяльной пасты, в том числе скорость перемещения ракеля, давление ракеля и периодичность автоматической очистки. Как следствие, выход годных изделий после контроля качества нанесения паяльной пасты возрос до величины более 92%.

Поскольку система применялась в условиях опытной эксплуатации, участники работ понимали,

Таблица 1. Основные дефекты, выявленные при контроле нанесения паяльной пасты при исследовании эффективности трехмерного контроля

ДЕФЕКТ	ПРИЧИНА
Недостаток паяльной пасты	Засорение отверстий трафарета, недостаточная подача пасты
Излишек паяльной пасты	Посторонние объекты и мусор между трафаретом и подложкой
Перемычки	Мусор, просадка припоя, поломка отверстий трафарета
Деформации	Неверно заданные параметры печати

что для долгосрочного устойчивого повышения выхода годных изделий потребуются дальнейшие исследования и оптимизация. Тем не менее специалисты по менеджменту каче-

ства усмотрели непосредственную выгоду во внедрении этой технологии и приступили к использованию трехмерного контроля качества нанесения паяльной пасты не только

для оптимизации технологического процесса, но также для проверки и повышения точности результатов, получаемых от других средств контроля и испытаний.

	ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ И МЕРЫ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ
НЕДОСТАТОК ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ Засорение отверстия маски	Изменить длительность цикла отмывки
ИЗЛИШЕК ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ Проникновение пасты между печатной платой и маской из-за посторонних материалов	Отрегулировать верхнее положение печатной платы и давление паяльной пасты
ПЕРЕМЫЧКИ Посторонние материалы Подтекание пасты с трафарета	Отрегулировать давление ракеля Отрегулировать частоту отмывки трафарета
ОШИБКА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОТПЕЧАТКА Неравномерное распределение припоя Деформация	Изменить параметры принтера Проверить состояние принтера

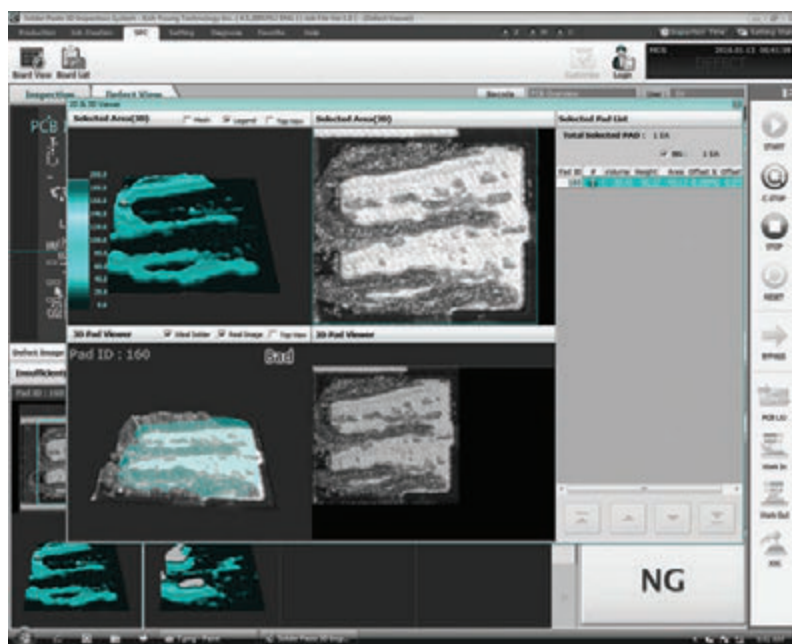


Рис. 7. Дефект: посторонние материалы на поверхности подложки

## Опыт работы с системами трехмерного контроля

Системы трехмерной интерферометрии установлены на множестве предприятий по всему миру и уже помогли внести множество усовершенствований в технологические процессы и изготавливаемые изделия. Компании «Диполь» довелось поработать со многими производителями, которые уже внедрили у себя те или иные технологии контроля на ранних стадиях сборочного процесса и эксплуатируют их на протяжении нескольких лет. Взаимодействуя с производителями, для которых эта технология внове,

мы получили возможность наблюдать непосредственный эффект от ее внедрения «с чистого листа».

Уровень точности, который обеспечивает трехмерная интерферометрия с фазовым сдвигом, и простота ее использования дают нам фундамент для совершенствования других составляющих технологического процесса нанесения паяльной пасты. Это, в частности, понимание влияния вариаций толщины подложек на точность нанесения пасты и важности максимально точного их контроля,

большой объем накопленных знаний об эффектах, вызываемых особенностями конструкции трафарета, точные данные о влиянии паяльной пасты на компланарность выводов и более четкое представление о том, как форма слоя пасты влияет на межсоединения.

Своеобразие физических свойств паяльной пасты диктует необходимость сплошного контроля качества ее нанесения на всех производственных площадках, так как многие дефекты имеют неповторяющийся характер.



Уровень точности, который обеспечивает трехмерная интерферометрия с фазовым сдвигом, и простота ее использования дают фундамент для совершенствования других составляющих технологического процесса нанесения паяльной пасты

## Резюме

Результаты исследований долговременной надежности паяных соединений печатных узлов говорят о том, что основным механизмом отказов служит термомеханическая усталость из-за рассогласования коэффициентов теплового расширения припоя и подложки. Испытания на циклические и переменные деформации показывают, что надежность паяного соединения обратно пропорциональна амплитуде деформаций, а та, в свою очередь, обратно пропорциональна объему паяного соединения. Поэтому

для обеспечения долговременной надежности устройства чрезвычайно важно правильно регулировать объем наносимого припоя.

Излишек и недостаток припоя являются основными причинами возникновения перемычек и обрывов цепей — эти данные были получены также при помощи трехмерного контроля качества нанесения паяльной пасты. По итогам исследований, проведенных рядом организаций (в том числе компаний-производителей), главной причиной «поднятия»

компонентов является неодинаковая высота слоя паяльной пасты на соседних контактных площадках между контактами бескорпусных компонентов.

Все это подтверждает уверенность в том, что для улучшения качества продукции и экономических показателей производства необходимо использовать трехмерный контроль качества нанесения паяльной пасты — высокоэффективное средство повышения выхода годных изделий. □

# Английский дубль

## По итогам 2015 года компания «Диполь» признана лучшим представителем Thermotron в Европе

Весной этого года в Англии известная фирма Thermotron Industries (производитель испытательного оборудования) провела встречу европейских представителей компании, участие в которой приняли специалисты компании «Диполь» — официального представителя Thermotron Industries в России. В объединенной конференции участвовали также представители завода из США, которые, в частности, поделились общим опытом работы на североамериканском рынке и способами решения конкретных задач, возникающих у заказчиков. Отдельное внимание было уделено новым продуктам Thermotron в области испытаний, а также планируемым к выпуску новинкам и решениям, что немаловажно, учитывая, что Thermotron входит в число основных инноваторов и лидеров индустрии. Встреча проходила в дружеской обстановке и характеризовалась всесторонним обменом опытом. Учитывая специ-

ческие подходы и стандарты проведения испытаний в разных странах, данная тема привлекла особое внимание участников, которые помимо прочего отметили положительную динамику в решении вопросов логистики при доставке оборудования с завода в США и в обеспечении оборудованием и запчастями складов в Европе. Практическая часть конференции была посвящена нюансам выбора, эксплуатации, обслуживания оборудования: специалисты Thermotron рассказали об этом на примере моделей камер теплохолода-влаги, электродинамического вибростенда, камеры искусственного старения. ▣

Конференция завершилась символическим, но оттого не менее приятным награждением представительств Thermotron. В качестве призов выступили кломпы — знаменитые голландские деревянные башмаки (фирма базируется в городе Holland, основанном выходцами из Голландии). Компания «Диполь» была награждена дважды: она получила башмак в номинации «Лучшие продажи вибростендов-2015»; парю ему составил башмак, полученный за победу в главной номинации — «Лучший представитель Thermotron в Европе-2015».



# Sentek в гостях у «Диполя»

В петербургском офисе компании «Диполь» состоялась серия семинаров с участием представителей компании Sentek Dynamics — одного из ведущих мировых поставщиков решений для вибрационных испытаний.



В семинаре приняли участие вице-президент компании Джим Ротвелл и директор по продажам Самуэль Хэйдж. В рамках прошедших встреч было рассмотрено множество актуальных вопросов. Специалисты Sentek Dynamics поделились опытом последних лет работы, представили новинки компании, рассказали о своем видении развития индустрии. Отдельно были рассмотрены решения для проведения испытаний образцов нестандартных размеров, в том числе с использованием синхронизированных вибростендов,

и решения для комбинированных испытаний. Учитывая возросший объем поставок в Россию в последние годы, присутствующие поделились наработанным опытом и спецификой сотрудничества с российскими заказчиками. Следует отметить, что, несмотря на сложную политическую ситуацию в мире, не было сорвано ни одной поставки вибростендов Sentek в нашу страну. По общему мнению, это стало возможным благодаря слаженной работе компаний Sentek Dynamics и «Диполь».

## ДИПОЛЬ

### Комплексные решения для испытаний на ЭМС



Компания «Диполь» является эксклюзивным дистрибьютором компании Teseq, которая является ведущей международной высокотехнологичной компанией, занимающаяся системами для испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС).

Компания разрабатывает и производит испытательные приборы, программное обеспечение и принадлежности для испытаний на ЭМС по помехоэмиссии и помехоустойчивости.

Ассортимент продукции Teseq широк и уникален. Предлагаемые компанией новаторские решения, соответствующие всем необходимым стандартам, и надежные результаты испытаний обеспечивают заказчикам продукции лидерство на мировом рынке.

### Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

# Моделирование окружающей среды

Поддержка моделей окружающей среды  
в имитаторах GPS/ГЛОНАСС

Для проведения комплексного испытания в рамках лаборатории значения на GPS-имитаторе, генерирующем РЧ-сигналы, должны соответствовать сценариям реальных условий. В дополнение к таким функциям, как многолучевые и интерференционные условия, GPS/ГЛОНАСС-имитаторы Spectracom серии GSG могут также имитировать затенение сигнала посредством «Моделей окружающей среды» начиная с версии микропрограммного обеспечения 6.1. Моделирование окружающей среды позволяет блокировать имитируемый спутниковый сигнал объектами, расположенными вдоль маршрута. Данная функция включает в себя сценарии, которые подходят для таких задач применения, как городские каньоны, туннели и т. д.



Ведущий рубрики  
Максим Писковацков, руководитель  
направления измерительного оборудования  
общего назначения  
mvp@dipaul.ru

## Инструменты

Поддержка моделей окружающей среды в имитаторах GSG осуществляется с помощью сжатых файлов языка разметки Keyhole (\*.kmz), широко известных благодаря программе Google Earth. Простым инструментом создания таких файлов является программа SketchUp, принадлежащая компании

Trimble Navigation (ее можно загрузить с сайта sketchup.ru). В данной заметке описывается программа SketchUp Make 2014, однако тестирование проводилось в предыдущих версиях программного продукта.

При первом запуске SketchUp вам потребуется выбрать шаблон.

Выберите один из двух «Simple Templates» (использование футов или метров). Для просмотра количества треугольников моделей рекомендуется использовать плагин Model Info. Для его установки выберите «Add plugin extensions SketchUp» (на рис. 1 эта кнопка выделена на панели инструментов).



Рис. 1.



Рис. 2.

Наберите в окне поиска Extension Warehouse текст «Model Info» и нажмите по ссылке Model Info. Установите плагин, кликнув по кнопке «Установить». Возможно, вам потребуется войти в аккаунт Google, чтобы

загрузить и установить плагин. Также пользователю предложено установить дополнительную библиотеку для использования Model Info. После установки закройте окно Extension Warehouse.

**Для проведения комплексного испытания в рамках лаборатории значения на GPS-имитаторе, генерирующем РЧ-сигналы, должны соответствовать сценариям реальных условий**



## Построение модели

Удалите модель Sophie, установленную по умолчанию, выделением модели и нажатием клавиши Delete.

Добавьте карту выбранного места для вашей модели окружающей среды. Чтобы открыть карту, выберите «File > Geo-location > Add location». Или нажмите соответствующий значок, расположенный на панели инструментов (выделенная кнопка на рис. 2). Введите адрес

или расположение вашей модели в строке поиска окна Add Location. Увеличьте или уменьшите масштаб, если это требуется, для захвата необходимой области. Нажмите кнопку Select Region для выбора области построения модели.

Двигайте рамку выделения вокруг области, пока она не будет полностью выбрана, и нажмите кнопку Grab, как это показано на рис. 3 и 4.

Выбранное расположение помещается в окно SketchUp. Далее следует перейти к инструкции по построению моделей. Для просмотра места на карте сверху выберите «Camera > Standard View > Top».

Для добавления объектов на карту используйте панель инструментов выбора геометрических фигур (рис. 5).



Рис. 3.

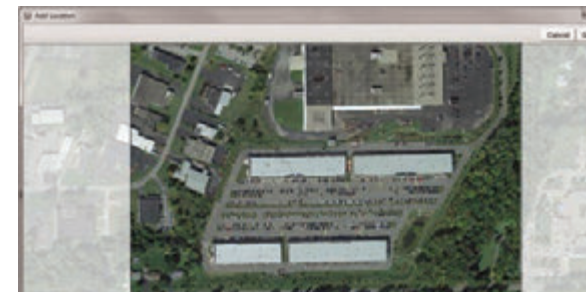


Рис. 4.

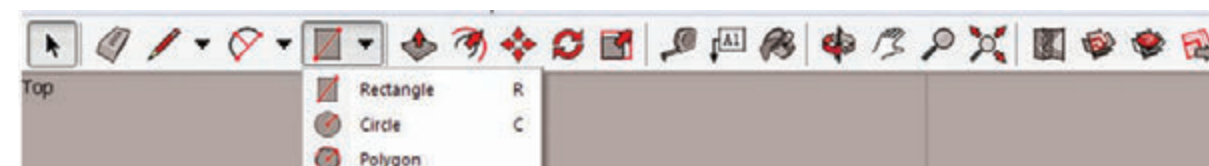


Рис. 5.

Нарисуйте фигуру на карте, а затем задайте ее высоту, используя кнопку, расположенную на панели инструментов (рис. 6). Вращайте угол обзора, перемещая

мышь с зажатой средней клавишей, или используйте инструмент на панели инструментов (рис. 7). Нарисуйте фигуры и задайте им высоты согласно карте (рис. 8).

Для имитации туннеля нарисуйте фигуру над трассой, которая будет частью траектории в имитируемом сценарии. Стенки и дно туннеля должны быть удалены (рис. 9). Выделите их и нажмите Delete.



Рис. 6.



Рис. 7.

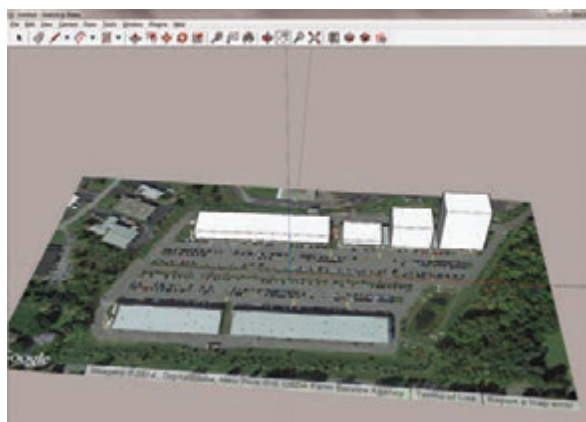


Рис. 8.

## Сохранение и экспорт модели

После экспорта файла нарисованные объекты сохраняются как единый объект, который в дальнейшем будет сложно редактировать. Поэтому рекомендуется сначала сохранить файл как модель SketchUp (.skp), а затем экспортировать его в файл .kmz. Для экспорта файла выберите «File > Export > 3D Model...» и укажите в диалоговом окне тип файла .kmz (рис. 10).

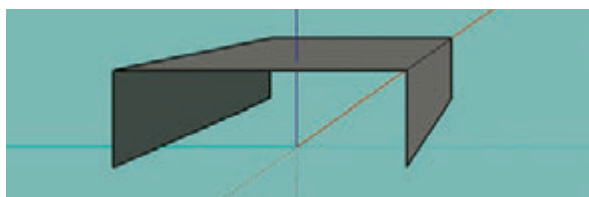


Рис. 9.



Рис. 10.

## Проверка количества треугольников

Имитаторы GSG имеют ограничение по количеству треугольников в моделях (300 шт.). Плагин Model Info используется для определения количества треугольников в файле. Чтобы подсчитать реальное количество треугольников в экспортируемом файле (.kmz file), необходимо закрыть файл .skp и приложение SketchUp, а затем снова запустить его. В меню

«File > Import...» выберите экспортируемый файл .kmz. В меню Plugins выберите «Model Info > Statistics to Console». Количество треугольников модели будет отображено в окне консоли. До тех пор пока модель не наберет 300 треугольников, ее можно использовать в сценарии имитации GPS (рис. 11). Количество треугольников в модели туннеля равно шести (рис. 12).

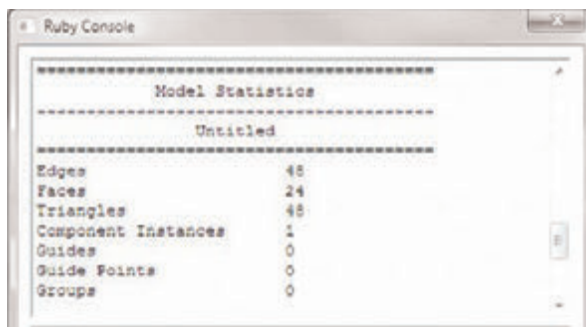


Рис. 11.

## Использование модели в сценарии

Добавление модели к сценарию с помощью файлов .kmz доступно в ПО GSG StudioView, начиная с версии 4.1.1.4. На вкладке навигации для редактора сценариев найдите пункт «Окружающая среда». Для загрузки модели .kmz в файловый репозиторий ПО StudioView внесите «File» и выберите нужный файл (рис. 13). Убедитесь, что файл траекторий проходит через область модели, и настройте

остальные параметры сценария, если это необходимо.

При загрузке файла сценария с помощью StudioView Uploader файл .kmz будет также передан на прибор. Если вы перемещаете файлы вручную, используя файловый менеджер StudioView или GSG веб-интерфейс, убедитесь, что файлы .kmz были сохранены в папке Environment Models (рис. 14).

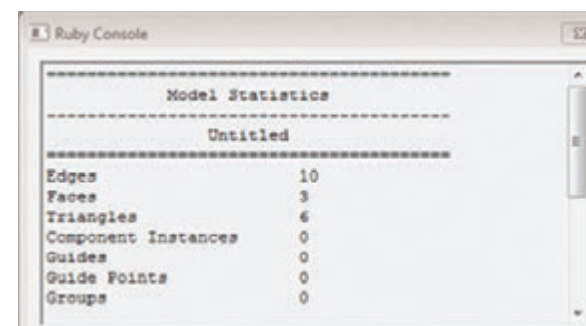


Рис. 12.



Рис. 13.

## Дополнительная информация

При использовании SketchUp основа всех фигур и блоков рисунка создается от нулевой высоты, высоты над эллипсоидом (не путать с уровнем моря) и увеличивается от этой точки. Поэтому все траектории и сценарии, использующие модели окружающей среды,

должны использовать нулевую высоту как точку для расчета уровня земли.

Также стоит отметить, что функция моделирования окружающей среды автоматически не создает многолучевые условия сигнала, которые можно сконфигурировать отдельно.



Рис. 14.

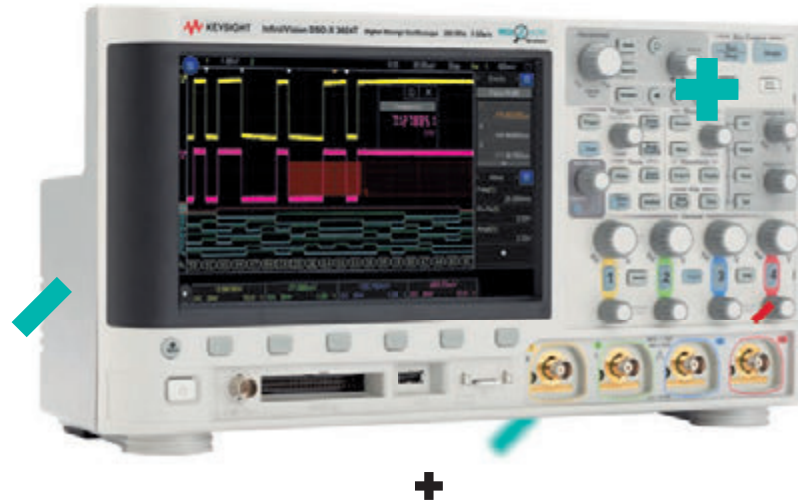
# «Диполь» выступил за Россию

**Итоги ежегодного заседания технического комитета МЭК по электростатике**



С 27 июня по 1 июля в Институте стандартизации NEN королевства Нидерланды (г. Делфт) проходило заседание Технического комитета «Электростатика» Международной электротехнической комиссии (ТК 101 МЭК). В рабочих группах обсуждались проекты новых стандартов и новые версии широко применяемых стандартов по электростатической защите электронных устройств при их изготовлении, транспортировании и применении. Наибольшее внимание было уделено изменениям одного из базовых стандартов в области электростатики — IEC 61340-5-2, а также совершенствованию методических вопросов проверок соответствия условий производства требованиям действующих стандартов. Состоялась плодотворная дискуссия по новым направлениям работ в области антистатической защиты для целого ряда актуальных приложений, в т. ч. в области информационных технологий. Приняты решения по нескольким новым проектам стандартов, разрабатываемым в рамках горизонтальных связей совместно с другими техническими комитетами МЭК. В заседании приняла участие делегация Российской Федерации в составе экспертов «зеркального» национального технического комитета по стандартизации ТК 072 «Электростатика» из числа сотрудников АО «НПФ «Диполь» и «ESD-эксперт».

**ДИПОЛЬ**



## Осциллографы Keysight Technologies InfiniiVision 3000T серии X со склада «Диполь»

Производительность старших серий осциллографов теперь доступна в сегменте среднего класса! Революционная технология сенсорного запуска InfiniiScan Zone Trigger, емкостный сенсорный экран, специально разработанный пользовательский интерфейс, функциональность нескольких приборов в одном – и все это в сочетании с бескомпромиссной скоростью обновления более 1 млн. осциллограмм в секунду.

- Функциональность «6 приборов в 1»: осциллограф, частотомер, вольтметр, генератор, логический анализатор и анализатор протоколов.
- Полоса пропускания до 1 ГГц.
- Скорость обновления осциллограмм на экране – 1 млн. осцилл./с.
- Аппаратное декодирование протоколов и тестирование по маске.
- Расширенный математический анализ в базовой конфигурации, 38 автоматических измерений.

### Сомневаетесь в выборе?

**Выездные демонстрации и специальные ценовые предложения помогут принять решение и сэкономить бюджет**

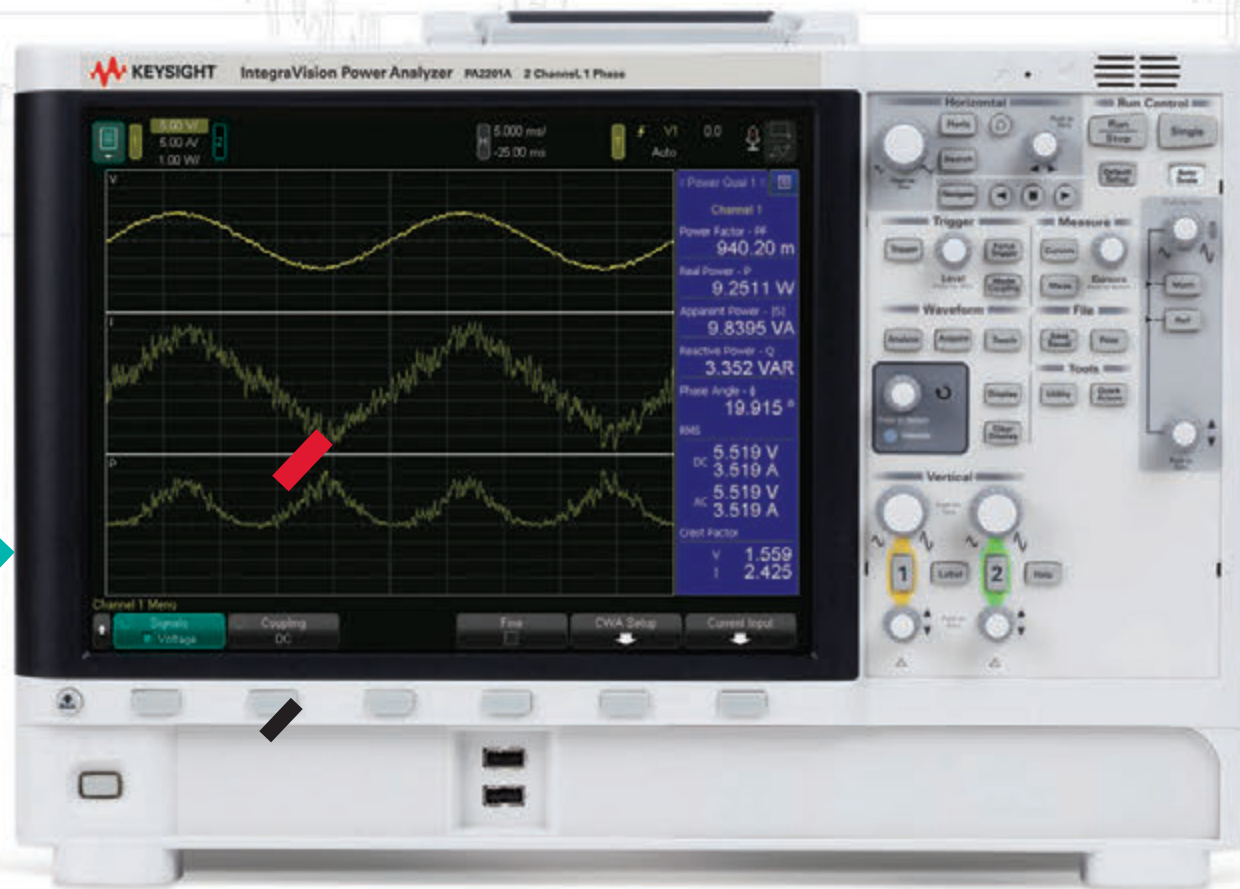
- Скорость поставки. Более 400 наименований продукции находится на складе и готовы к отгрузке в любой момент.
- Точность измерений. Услуги первичной и периодической поверки от собственной метрологической лаборатории.
- Уверенность в оборудовании. Собственный сервисный центр и трехлетняя гарантия от производителя.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66



# Эксперименты

по измерению синфазного шумового тока источника питания



Алексей Телегин, ведущий блога по источникам питания Keysight Technologies

Мы продолжаем знакомить вас с материалами, посвященными базовым понятиям и подходам в использовании источников питания, современным решениям в данной области и уникальным функциям, помогающим решить самые сложные задачи при тестировании. В этом номере менеджер по развитию бизнеса и ведущий блога по источникам питания Keysight Technologies Алексей Телегин обсудит вопросы измерений синфазного шума.

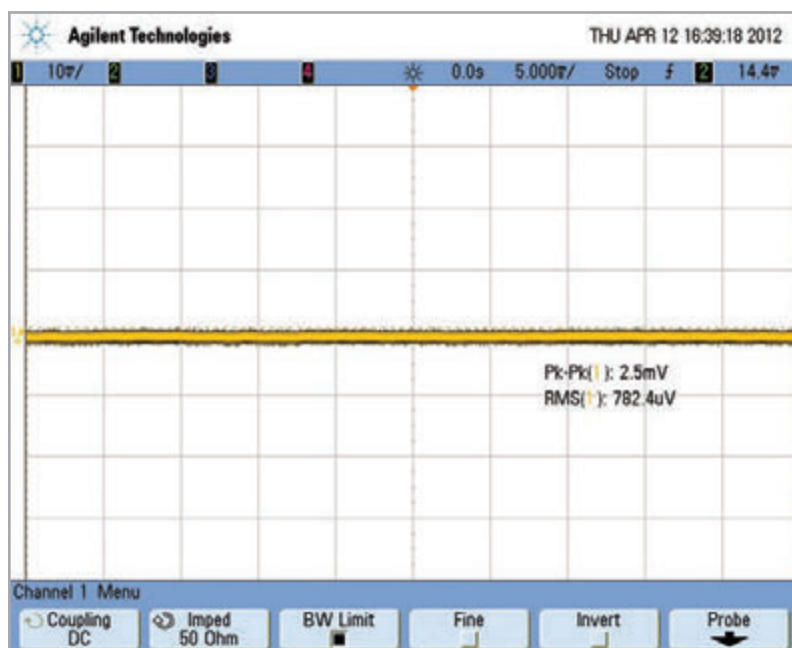


Рис. 1. Базовая линия для измерения уровня синфазного шума

В отличие от импульсных источников питания (ИП) синфазный шум не создает больших сложностей для линейных ИП. Высокопроизводительные источники питания постоянного тока, предназначенные для использования в процессе измерений и испытаний, уже за счет конструкции должны иметь относительно низкий уровень синфазного шумового тока. Я полагаю, вам будет полезно ознакомиться с нашим практическим опытом его измерений. Мы опробовали различные подходы и, к своему удивлению, получили, казалось бы, противоречивые результаты.

Выбор остановился на высокопроизводительном импульсном ИП постоянного тока, который имеет низ-

кий уровень синфазного шума: 10 мА от пика до пика, 1 мА среднеквадратичного значения (СКЗ) в полосе частот от 20 Гц до 20 МГц. Для достоверных измерений пикового значения шума принято использовать широкополосный токовый пробник и осциллограф, а для измерения среднеквадратичного шума — широкополосный токовый пробник и широкополосный вольтметр СКЗ. Так как широкополосные вольтметры СКЗ встречаются достаточно редко, то я использовал осциллограф для измерения обеих величин. Преимуществом токовых пробников для выполнения таких измерений является возможность развязки цепей, а также очень низкий уровень вносимого импеданса.

Я выбрал хорошо зарекомендовавшие себя в работе нашей группы активный токовый пробник и осциллограф. Низкий уровень сигнала, который я собирался измерять, обусловил использование диапазона, обеспечивающего самую высокую чувствительность, — 10 мВ/дел. (при настройке коэффициента усиления осциллографа 10 мВ/дел.).

Одной из сложностей использования современных цифровых осциллографов является множество настроек захвата сигнала, каждая из которых оказывает большое влияние на фактические показания прибора. После их перебора я, в конце концов, получил базовую линию измерений, соответствующую уровню шумов при выключенном источнике питания (рис. 1).

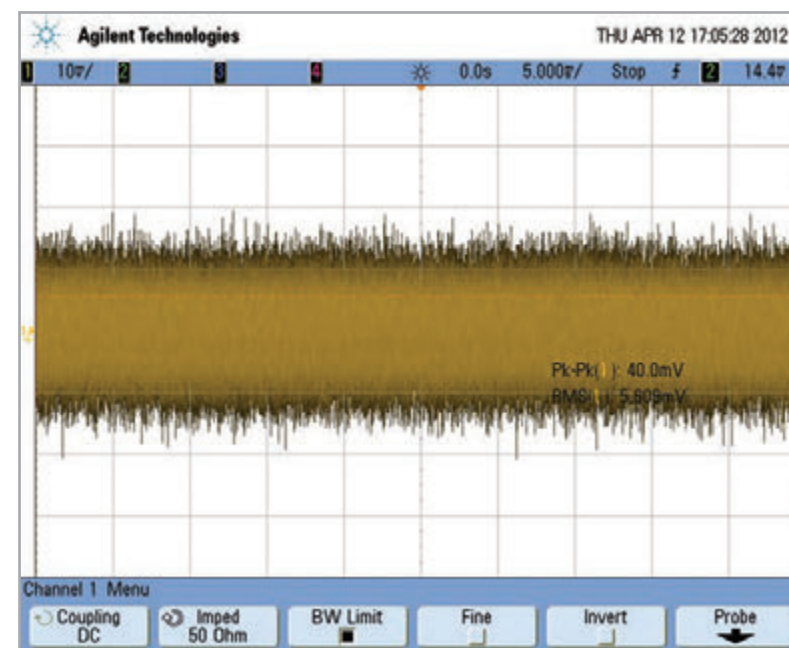


Рис. 2. Результаты измерений уровня синфазного шума при включенном источнике питания

Результаты измерений базовой линии несколько озадачивают. При настройках, когда входному току 1 мА соответствует выходное напряжение 1 мВ, полученное пиковое значение 2,5 мВ и среднеквадратичное значение 0,782 мВ для базовой линии оказались немного выше ожидаемых целевых показателей. Было бы лучше, если бы уровень шумов был примерно на порядок ниже, чтобы его можно было не принимать во внимание. Благодаря старому известному способу увеличения чувствительности токового пробника путем создания обмотки из пяти витков, мне удалось добиться увеличения амплитуды сигнала в пять раз без изменения уровня шумов базовой линии. Теперь чувствительность

осциллографа стала составлять 2 мВ/дел., т. е. напряжению 1 мВ соответствует ток 0,2 мА. В результате пиковое значение тока для базовой линии составило 0,5 мА, а среднеквадратичное значение — 0,156 мА. Расплатой за это является, конечно же, увеличение уровня внесенного импеданса. Теперь я готов к измерению фактической величины синфазного шумового тока. На рис. 2 показаны результаты измерений уровня синфазного шума при включенном ИП постоянного тока.

В процессе измерений необходимо контролировать величину силы тока в соединительных проводах, подключенных к положительному и отрицательному выводам ИП и заземлению. Кроме того, к выходу нужно подклю-

чить изолированную нагрузку (например, мощный резистор). Следует иметь в виду, что при измерениях с максимальной нагрузкой чаще всего наблюдаются наихудшие результаты. С учетом коэффициента преобразования, равного 0,2, я получил пиковое значение тока 8 мА и 1,12 мА СКЗ, включая величину шума базовой линии. Таким образом, результаты измерений вполне соответствуют ожидаемым значениям, а сами измерения можно считать достоверными.

Я решил сравнить этот метод с методом выполнения измерений при прямом подключении с согласованной нагрузкой 50 Ом. Схема испытательной установки показана на рис. 3.

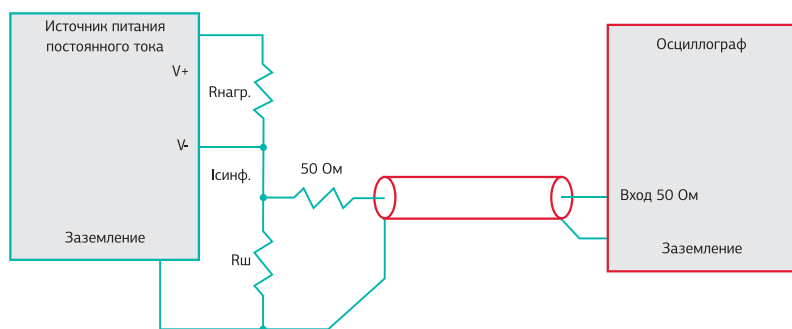


Рис. 3. Измерение уровня синфазного шума при прямом подключении с согласованной нагрузкой 50 Ом

Я знал, что при использовании этого метода величина внесенного импеданса значительно больше, поэтому попробовал использовать шунты с сопротивлением 10 и 100 Ом, чтобы посмотреть, какое влияние они оказывают на конечный результат. В таблице 1 показаны результаты измерений при использовании метода прямого подключения.

Таблица 1. Результаты измерений уровня синфазного шума при прямом подключении с согласованной нагрузкой 50 Ом

ПАРАМЕТР →	$R_{ш} = 10 \text{ Ом}$				$R_{ш} = 100 \text{ Ом}$			
	$V_{\text{пик}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{пик}}, \text{ мА}$	$V_{\text{СКЗ}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{СКЗ}}, \text{ мА}$	$V_{\text{пик}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{пик}}, \text{ мА}$	$V_{\text{СКЗ}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{СКЗ}}, \text{ мА}$
ИП выключен (базовая линия)	1,6	0,35	0,30	0,07	1,6	0,06	0,30	0,01
ИП включен	3,1	0,68	0,45	0,10	3,6	0,14	0,47	0,02

Очевидно, что результаты измерений синфазного шумового тока существенно отличаются от результатов, полученных с помощью токового пробника: они намного ниже и сильно зависят от величины сопротивления шунтирующего резистора. Почему? При более детальном рассмотрении результатов можно увидеть, что значения напряжения относительно постоянны при использовании обоих резисторов. Если не учитывать некото-

рого повышения сопротивления шунта, можно считать, что в данном случае синфазный шум ведет себя в большей степени как напряжение, а не ток. Для данного конкретного ИП постоянного тока уровень синфазного напряжения очень мал, всего порядка нескольких милливольт.

Полученные результаты меня не вполне удовлетворили, поэтому я нашел другой высокопроизводительный источник, который также

выполнен по схеме импульсного ИП постоянного тока. У меня не было его технического описания или реальных технических характеристик. При тестировании он показал значительно более высокий уровень синфазного шума по сравнению с первым ИП. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерений уровня синфазного шума при прямом подключении с согласованной нагрузкой 50 Ом, другой источник питания

ПАРАМЕТР →	$R_{ш} = 10 \text{ Ом}$				$R_{ш} = 100 \text{ Ом}$			
	$V_{\text{пик}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{пик}}, \text{ мА}$	$V_{\text{СКЗ}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{СКЗ}}, \text{ мА}$	$V_{\text{пик}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{пик}}, \text{ мА}$	$V_{\text{СКЗ}}, \text{ мВ}$	$I_{\text{СКЗ}}, \text{ мА}$
ИП включен	219	48	5,6	1,23	314	12,6	6,57	0,26

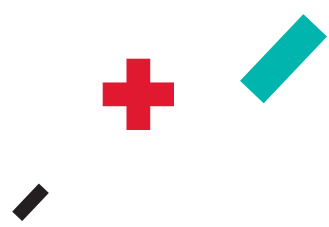
## Подводя итог

Для выполнения точных измерений синфазного шумового тока особое внимание требуется уделять выбору оборудования, параметрам настройки приборов, конфигурации испытательной установки и режимам работы тестируемого устройства. Мне хотелось бы продолжить исследования и рассказать, что можно считать «эталонной испытательной установкой». Для получения результатов, которые хорошо согласуются с заданными значениями, скорее всего, потребуется испытательная установка, обеспечивающая минимальную величину внесенного импеданса во всем диапазоне частот. Выполнение измерений при прямом подключении без применения токового пробника может оказаться довольно сложной задачей, за исключением,

может быть, использования ИП постоянного тока, имеющих достаточно высокие уровни синфазного шумового тока.

Основная проблема заключается в том, какое влияние на тестируемое устройство будет оказывать синфазный шумовой ток от ИП постоянного тока, входящих в состав испытательной системы. Обычно это сводится к тому, что любой синфазный шумовой ток из-за дисбаланса импеданса превращается в дифференциальное шумовое напряжение на входах питания тестируемого устройства. Вместе с тем в результате тестирования я определил, что синфазный шум не является исключительно током с относительно неограниченным диапазоном изменения напряжения, а представляет

собой нечто среднее между шумовым напряжением и шумовым током, в зависимости от характеристик нагрузки. В случае первого ИП постоянного тока, в котором шумовому току соответствует напряжение порядка нескольких милливольт, это вряд ли создаст какие-либо проблемы даже для самых чувствительных тестируемых устройств. Однако в случае второго ИП постоянного тока сотни милливольт, обусловленные шумовым током, могут привести к возникновению на входах тестируемого устройства нежелательного дифференциального шумового напряжения.

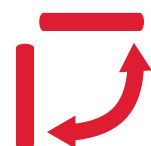


Ссылка на блог по источникам питания Keysight Technologies.



# Чистый сервис

Клининг чистых производственных помещений



Андрей Пакин, директор по внешним связям, руководитель направления «Чистые производственные помещения и инновационные технологии»  
pakin@dipaul.ru

Не так давно, когда после автомойки я забирал ключи от чистой машины, у меня зазвонил телефон. Это оказался символичный звонок — постоянный заказчик нашей компании обратился с нестандартной просьбой: приехать и «убрать» или «почистить» чистые производственные помещения, которые «Диполь» сдал в эксплуатацию за полгода до этого. На вопрос, почему мы, а не местная служба эксплуатации, прозвучал ответ, который сначала удивил, а в итоге побудил нас к открытию нового направления в бизнесе компании: уборка стерильных, чистых производственных помещений.

## Чистые помещения

Итак, ответ заказчика был до банальности прост: «У меня нет времени, нет людей, которые способны планомерно, вовремя и качественно убирать чистые помещения по всем требованиям, предъявляемым к стерильным помещениям».

Я был и удивлен, и рад: этим обращением клиентоориентированность «Диполя» получила дополнительное подтверждение. Уже на следующий день наши специалисты были у заказчика и подписали годовой договор на обслуживание и уборку чистых производственных помещений.

«Чистым помещением», или «чистой комнатой», называется помещение, в котором счетная концентрация взвешенных в воздухе (аэрозольных) частиц и микроорганизмов поддерживается в определенных пределах. Дополнительно контролируются влажность, температура и давление. Отсюда — особенности поддержания и определения показателей чистоты. Проектирование, оснащение (система вентиляции и кондиционирования воздуха, подготовка воды) чистых помещений, а также процессы производства должны соответствовать определенным стандартам.

В России действует ГОСТ Р ИСО 14644, детально регламентирующий работу с санитарными помещениями. Так, чтобы соответствовать ему, многие фармацевтические предприятия провели масштабную реконструкцию и переоснащение с целью получения дополнительно сертификата GMP (Good

Manufacturing Practic, «Надлежащая производственная практика»).

В Европе (стандарт ISO 14644-1 действует и в РФ) существует четкая система классификации чистых производственных помещений, определяющая нормативы уровня гигиены воздуха и других загрязнений для разных типов зон. Представьте, частицы загрязнений настолько малы, что их невозможно увидеть. Единица измерений для этих частиц называется микрометр (1 мкм) и составляет одну миллионную часть метра. Для сравнения: диаметр человеческого волоса в среднем 100 мкм. В стандарте же для стерильных помещений описываются частицы размером 0,5 мкм и менее.

В соответствии с этими требованиями определяются соответствующие технологии оснащения чистых помещений, а также отбираются материалы, используемые при их клининге.

## Источники загрязнений

Рассмотрим потенциальные источники загрязнения помещений и способы предупреждения их появления.



### ПЕРСОНАЛ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сотрудники предприятий должны быть одеты в специализированную одежду, которая закрывает тело (комбинезон или брюки и халат), голову (шапка и маска на лицо), ступни (ботинки) и руки (перчатки).



### ВОЗДУХ

Помещение должно быть оснащено приборами фильтрации и обеспечения вертикального перемещения потоков воздуха. Дополнительно устанавливаются датчики контроля давления, параметров микроклимата и т. д.



### ПОВЕРХНОСТИ

Поверхности стен и пола должны укладываться с применением специального химически стойкого материала, который обеспечивает отсутствие неровностей и швов.

## Материалы для уборки чистых производственных помещений



Существует два подхода к применению материалов в уборке стерильных помещений:

- Применение одноразовых расходных материалов. Уборка помещений производится с использованием материалов недолгого срока службы, которые после уборки выбрасываются. Этот подход приводит к тому, что расходы на уборку составляют солидную долю в эксплуатационных издержках.
- Использование многоразовых микроволоконных материалов. После уборки помещений расходники, для обеспечения их стерильности, отдаются в стирку и обработку специализированным организациям, работающим на условиях аутсорсинга.

## Уборка чистых помещений

Сегодня в европейских странах технология уборки чистых помещений и материалы должны соответствовать стандартам ISO 14644-5. Документ указывает на то, что обычные материалы не подходят для клининга чистых помещений, так как не отвечают следующим условиям: не убирают поверхности достаточно качественно, не удаляют микробы, не предотвращают дальнейшее распространение бактерий. Поэтому основные материалы, из которых должен изготавливаться протирочный инвентарь, — полипропилен и полиэстер, в которые иногда добавляют

небольшое количество целлюлозы. Для уборки пола производятся мопы (англ. тор — «швабра») «Кентукки» или плоские мопы из полиэстера. Все изделия стерилизуются и упаковываются в герметичные упаковки.

Основной инвентарь, используемый в уборке чистых помещений, включает в себя тележки, держатели, моющие насадки, различные салфетки и мопы одноразового и многоразового использования. Моющие насадки многократного применения изготавливаются из 100%-го микроволокон (полиэстер, иногда с добавлением полиамида).

Такие насадки могут многократно подвергаться стерилизации различными методами. С их помощью очищать поверхности, удаляя бактерии, достаточно легко. Кроме того, микроволоконные материалы обладают стойкостью к температурам и химическим средствам. Например, моп, изготовленный из микроволокон (100%-й полиэстер), соответствует требованиям для уборки помещений ISO класса 5 и GMP A+B, а микроволоконный моп со смешанным составом (70% полиэстера и 30% полиамида) подходит для уборки помещений ISO класса 4 и GMP A.

## Технология уборки чистых помещений

Уборка чистых помещений проводится влажным методом предварительной подготовки, так как он хорошо собирает грязь, а поверхность остается при этом практически сухой. Метод «ведро и отжим» не столь эффективен, так как требует большего количества воды. Уборка же сухим мопом способствует перемещению свободных частиц в воздушное пространство, что также нежелательно. Уборка чистых помещений начинается с предвари-

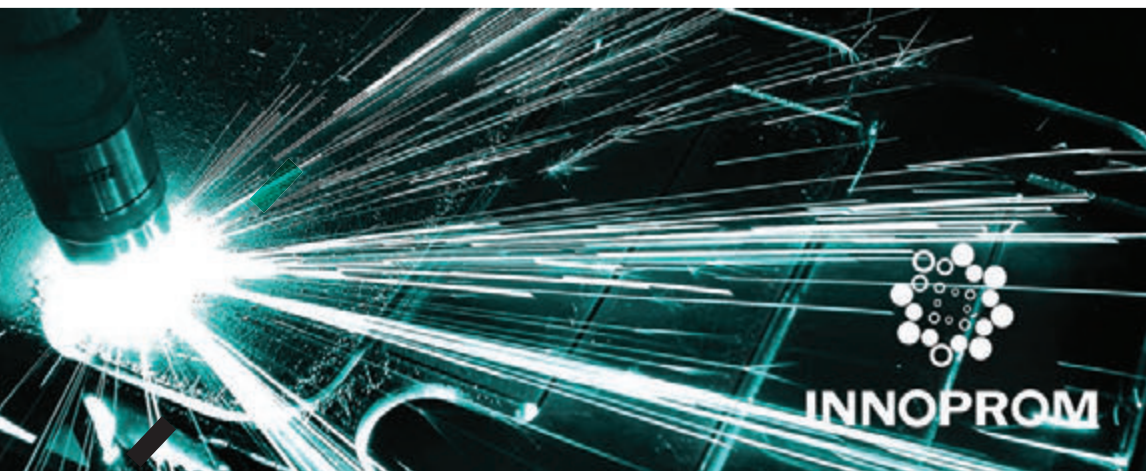
тельной подготовки материалов: количество мопов определяется из расчета 1 моп на 25 м<sup>2</sup>. Салфетки и мопы укладываются на тележку и меняются в процессе уборки. В стерильных помещениях уборку начинают с самого дальнего угла и заканчивают выходом. Сначала протирают потолок и стены, затем поверхности мебели и оборудования, в завершение — пол. Когда уборка помещений завершена, все материалы обеззараживаются либо

в прачечных на самом предприятии, либо компаниями, оказывающими сторонние услуги. Насадки и салфетки подвергаются стирке и проходят стерилизацию методом автоклавирования или гамма-облучения. Каждая партия проверяется на качество обработки и готовность к следующей уборке помещений. Затем материалы тщательно упаковываются в герметичные пакеты и доставляются к месту проведения работ.

Впоследствии я рассказал заказчику, что его звонок с просьбой об уборке чистых помещений застал меня на автомойке. Мы оба улыбнулись этому случайному совпадению. Случайность случайностью, а факт остается фактом: наш бизнес приобрел новое направление — клининг чистых помещений.

# «Диполь» в актуальном пространстве

Компания «Диполь» приняла участие в ведущей промышленной выставке России «ИННОПРОМ–2016», которая проходила 11–14 июля в Екатеринбурге.



Выставка «ИННОПРОМ–2016» является самой представительной национальной площадкой для обсуждения промышленной политики государства и B2B-общения с иностранными партнерами. Традиционно на мероприятии демонстрировались новейшие технологии российских и зарубежных производителей и были намечены первоочередные направления индустриального развития страны.

Самые оживленные обсуждения с участием Правительства России и крупнейших промышленных компаний мира были посвящены актуальнейшей теме «Промышленные сети». Создание высокоэффективных «умных» цифровых производств — одна из главных тенденций новой промышленной революции, входящих в компетенцию компании «Диполь».

Основными разделами выставки и деловой программы «ИННОПРОМ–2016» стали:

- Индустриальная автоматизация.
- Технологии для энергетики.
- Промышленный Интернет.
- Логистика.
- Финансирование производств.
- Машиностроение.
- Производство компонентов.
- Технологии и оборудование для обработки материалов.
- Технологии для городов.

Несмотря на непростую геополитическую ситуацию, международные компании по-прежнему считают «ИННОПРОМ» главным деловым событием, точкой входа на российский рынок и лучшим местом для презентации индустриальных премьер. За четыре дня выставки состоялось около 200 мероприятий, презентаций, встреч и пресс-конференций. Свои передовые технологии представили более 600 крупнейших мировых и российских производителей. 🇷🇺

## + Отраслевой интегратор

Решение ключевых задач при создании предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры



## + Многогранность компетенций



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

Россия,  
197101, Санкт-Петербург,  
ул. Рентгена, д. 5б

Тел./факс: (812) 702-12-66  
E-mail: [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)

**МОСКВА**

Россия,  
127254, Москва,  
Огородный проезд, д. 20, стр. 1

Тел./факс: (495) 645-20-02  
E-mail: [msk@dipaul.ru](mailto:msk@dipaul.ru)

**НИЖНИЙ НОВГОРОД**

Россия,  
603057, г. Нижний Новгород,  
пр. Гагарина, д. 50, корпус 15, офис 106/2

Тел./факс: (831) 464-97-27  
E-mail: [nnov@dipaul.ru](mailto:nnov@dipaul.ru)

**ЕКАТЕРИНБУРГ**

Россия,  
620027, Екатеринбург,  
ул. Азина, д.24, офис 609

Тел./факс: (343) 227-12-66  
E-mail: [ekb@dipaul.ru](mailto:ekb@dipaul.ru)

**ПРАГА**

Czech Republic,  
150 00 Prague 5,  
Plzenska 155/133

Tel./fax. +420 2 5573 9633  
E-mail: [info@dipaul.eu](mailto:info@dipaul.eu)



[info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)