

ТЕХНОЛОГИИ

В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3

2025

ИЮЛЬ

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

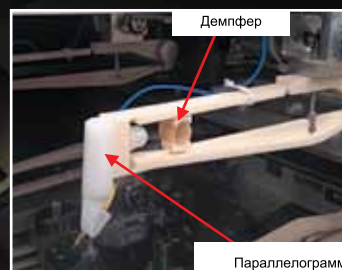


РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ КОРПУСА



Читайте интервью на стр. 6

■ 125480, МОСКВА, УЛ. ПЛАНЕРНАЯ, Д. 7А ■ 8 (495) 657-87-37 ■ TP@TEST-EXPERT.RU ■ TEST-EXPERT.RU



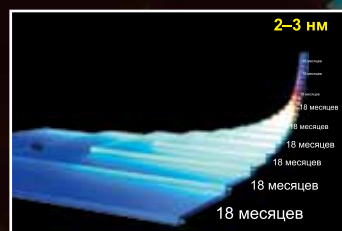
Электрический контроль —
снова под контролем



Паяльные пасты и материалы
«ВИНСОЛДЕР»



Технология изготовления
многовыводных рамок
микросхем с применением
прецизионной лазерной резки



Расширенный
оптический контроль
как способ улучшения
гетерогенной интеграции

rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная ВЫСТАВКА-ФОРУМ

25|26|27
НОЯБРЯ
2025

МОСКВА
Крокус Экспо



12+



**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД:**

**+7 (812) 401 69 55,
electron@mvk.ru**

Организатор:

MVK Международная
Выставочная
Компания

Официальная поддержка:

**Минпромторг
России**

Партнеры:

БАЗИС

АКРП
Комплексные решения для бизнеса

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



установки
трафаретной печати



установки
монтажа компонентов



установки
селективной пайки

широкая номенклатура

большой выбор опций



системы рентгеновского
контроля



КАК МЫ
РАБОТАЕМ



системы автоматической
оптической инспекции

- проводим технологический аудит
- предлагаем решение под задачу
- готовим техническое обоснование
- рассчитываем производительность
- делаем планировку и готовим предпроектное решение

- обрабатываем технологию на изделия заказчика
- осуществляем запуск и настройку оборудования; проводим инструктаж
- обеспечиваем гарантийный сервис и технологическое сопровождение



Глобал Инжиниринг

Москва | Санкт-Петербург

тел.: +7 (495) 980-08-19

www.global-SMT.ru

Директор
Павел Правосудов pavel@fsmedia.ru

Главный редактор
Сергей Веретенников svr@fsmedia.ru

Координатор проекта
Ольга Дорожкина (Зайцева) olga_z@fsmedia.ru

Дизайн и верстка
Ольга Ворченко, Дмитрий Никаноров

Редактор
Наталья Новикова Natalia.Novikova@fsmedia.ru

Отдел подписки
podpiska@fsmedia.ru

Москва
ул. Южнопортовая, д. 7, строение Д, этаж 2
Тел./факс: (495) 987-3720

Санкт-Петербург
197101, Петроградская наб., д. 34, лит. Б
Тел./факс (812) 467-45-85
E-mail: compitech@fsmedia.ru
web: www.tech-e.ru

Республика Беларусь
«ПремьерЭлектрик»
г. Минск, ул. Маяковского, д. 115, 7-й этаж
Тел./факс: (10*37517) 297-3350, 297-3362

Журнал «Технологии в электронной промышленности» зарегистрирован
Управлением Федеральной службы
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
по Северо-Западному федеральному округу.

Регистрационный номер
и дата принятия решения о регистрации:
серия ПИ № ТУ 78-02247 от 28 апреля 2022 г.

Учредитель
ООО «Медиа КиТ»

Адрес редакции
197046, Санкт-Петербург, Петроградская наб.,
д. 34 литер Б, помещение 1-Н, офис 321в

Издатель
ООО «Медиа КиТ»
197046, Санкт-Петербург, Петроградская наб.,
д. 34 литер Б, помещение 1-Н, офис 321в

Подписные индексы
Агентство «Урал-Пресс» 88472

Дата выхода в свет 28.07.25
Тираж 4000 экз.
Свободная цена

Отпечатано в типографии «МАЙЕР»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Троицкий, д. 6

Редакция не несет ответственности
за информацию, приведенную в рекламных
материалах. Полное или частичное
воспроизведение материалов допускается
с разрешения ООО «Медиа КиТ».

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ).
На сайте Научной электронной библиотеки
eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные
тексты статей. Статьи из номеров журнала
текущего года предоставляются на платной основе.

Возрастное ограничение 12+

В номере:

Рынок

Применение
радиационно-защитных корпусов и экранов
для электронных компонентов6

Печатные платы

Подложки печатных плат:
как выбрать правильный диэлектрический материал10

**Федор Плотников,
Александр Покатаев,
Борис Тронин**

Электрический контроль — снова под контролем16

Технология сборки

Николай Павлов

Паяльные пасты и материалы «ВИНСОЛДЕР»20

Джим Смит (Jim Smith)

Пайка печатных плат: идеал достижим!23

Екатерина Чернышева

Отмывочные жидкости
для ультразвуковой и струйной отмывки
«ТМ-РемРад» и ТМС «ХимТехПром»:
эффективное решение для промышленной очистки.26

Вероника Василькова

Вода для отмывки печатных плат и как ее получать?29

Николай Павлов

Как обеспечить удобство контроля
и проведения сложных высокоточных работ.31

GKG

№ 1 НА РЫНКЕ ТРАФАРЕТНЫХ ПРИНТЕРОВ
18 ЛЕТ на РОССИЙСКОМ РЫНКЕ



ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ ЭКСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ от GKG

 **Клевер
Электроникс**

115191, Москва, 3-я Рощинская улица, дом 5
Тел.: +7 (495) 545-4292
E-mail: info@clever.ru

www.clever.ru

Director

Pavel Pravosudov pavel@fsmedia.ru

Editor-in-chief

Sergey Veretennikov svr@fsmedia.ru

Project manager

Olga Dorozhkina (Zaytseva)
olga_z@fsmedia.ru

Editorial

Natalia Novikova Natalia.Novikova@fsmedia.ru

Design and layout

Olga Vorchenko
Dmitry Nikanorov

Subscription department

podpiska@fsmedia.ru

Editorial office

7, building D, floor 2, Yuzhnoportovy str.,
Moscow, Russia
Tel. +7 (495) 987-3720

of. 321v., pom 1H, b. 34 "B",
Petrogradskaya Emb.,
St. Petersburg,
197101, Russia
Tel./fax +7 (812) 438-1538
E-mail: technology@fsmedia.ru
www.tech-e.ru

Representative office in Belarus

Minsk, Premier Electric
Tel. (10*37517) 297-3350, 297-3362

Subscription index

for Technologies in Electronic Industry

Rospetchat Agency catalogue
subscription index 36085

В номере:

Тестирование и контроль

Федор Плотников

Расчленишь и измерить, или Рассказ о том,
как измерить усилие расчленения выводов соединителей33

Микроэлектроника

**Юрий Юдахин,
Дарья Канарейкина,
Юрий Юдахин**

Технология изготовления многovyводных рамок микросхем
с применением прецизионной лазерной резки35

Расширенный оптический контроль
как способ улучшения гетерогенной интеграции40

Стандарты

Ильдар Закиров

Технолог,
Do You Speak English? SMT Does!48

Ультразвуковые ванны
большого объема
для производственных нужд

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВАННЫ ХИМСОНИК

- Сварной усиленный корпус из нержавеющей стали.
Брызгозащищённое исполнение
- Материал рабочей емкости:
нержавеющая сталь AISI 316, 2.0 мм
- Вентили для подключения системы очистки.
Вентиль залива. Слив отработанного раствора
- Память последнего запрограммированного
значения таймера, термостата и мощности УЗ;
фазовая автоматическая подстройка частоты
- Равномерное кавитационное поле во всём объёме
- Защита от перегрузок



**СДЕЛАНО
В РОССИИ!**

**СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ**

В КОМПЛЕКТЕ ТАКЖЕ:

- Подвесная решётка из нержавеющей стали
- Крышка из нержавеющей стали
с тепло-шумоизоляцией и амортизатором

**Возможно изготовление
отмывочных комплексов
по индивидуальным
проектам**

РЕГУЛИРОВКА МОЩНОСТИ
ОТ 30 ДО 100%

РЕГУЛИРОВКА
ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ 20 ДО 80°C

ТАЙМЕР ОТ 1 ДО 99 МИНУТ
С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ

АПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ
ДО 90%



Применение радиационно-защитных корпусов и экранов для электронных компонентов



ГРАБЧИКОВ Сергей Степанович, д. т. н.,
главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

В современной электронной и радиоэлектронной технике вопрос обеспечения высоких показателей эксплуатационной надежности приборов и аппаратуры в условиях радиационных воздействий (электроны, протоны, тяжелые заряженные частицы, рентгеновские и гамма-излучения) весьма актуален. Эта проблема решается несколькими путями. И один из наиболее эффективных и экономичных подходов — создание новых типов специализированных корпусов с экранами радиационной защиты, интегрированными в конструкцию корпуса.

О современных решениях и разработках в данной области рассказывают главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», доктор физико-математических наук Сергей Степанович ГРАБЧИКОВ и технический директор АО «ТЕСТПРИБОР» Николай Алексеевич ВАСИЛЕНКОВ.

— Как давно длится сотрудничество компании АО «ТЕСТПРИБОР» с учеными Республики Беларусь? Как оно возникло?

Сергей Грабчиков (С. Г.): Мы познакомились в 2013 году на одной научно-технической конференции в Нижнем Новгороде. Там я сделал доклад на тему материалов радиационной

защиты, который заинтересовал руководство «ТЕСТПРИБОР». Эта встреча стала отправной точкой нашего сотрудничества. Далее, с 2014 года мы плотно и скоординированно сотрудничаем по различным тематикам, таким как электромагнитная защита, электромагнитная совместимость, радиационная защи-

та, методики расчетов и испытаний стойкости электронной компонентной базы, материалы и технологии для изготовления металлокерамических корпусов, печатных плат, и другим.

— Какие важные практические задачи решались и решаются в рамках данного сотрудничества?

С. Г.: В ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» и АО «ТЕСТПРИБОР» выполнен комплекс работ по разработке и созданию материалов электромагнитной защиты на основе многослойных пленочных структур, материалов и технологии локальной радиационной защиты (ЛРЗ), ее интегрирования в специализированные корпуса и электронные модули типа «система в корпусе». Выполнен полный цикл испытаний этих изделий.

— Какая работа проводится в сфере создания материалов и технологий с радиационной защитой для изделий микроэлектроники космического назначения?

Николай Василенков (Н. В.): В настоящее время проблема повышения радиационной стойкости решается несколькими путями — технологическим, конструктивным, схемотехническим методами, а также путем моделирования радиационных дефектов на стадии проектирования и расчетов локальных дозовых нагрузок. Одно из перспективных направлений — создание ЛРЗ, которая позволяет снизить радиационные нагрузки на электронные компоненты и представляет собой дополнительный экран, предназначенный для защиты только критичных узлов и элементов изделия, не влечет за собой серьезного увеличения массы или габаритов блоков космических аппаратов (КА), является одним из наиболее эффективных и экономичных подходов для обеспечения радиационной защиты ЭКБ. На наш взгляд, это решение имеет важное практическое значение для нашей микроэлектронной отрасли.

— Расскажите более подробно о проблеме радиационной защиты изделий микроэлектроники, эксплуатируемых в условиях космического пространства (КП).

С. Г.: Проблема радиационной защиты связана с обеспечением эксплуатационной надежности ЭКБ и сроков активного существования радиоэлектронной аппаратуры в условиях повышенного уровня радиационных воздей-

ствий, состоящих из потоков первичных ядерных частиц (электроны, протоны и тяжелые заряженные частицы, или ТЗЧ), а также вторичных ядерных частиц — продуктов ядерных превращений. Радиационные воздействия являются одними из основных дестабилизирующих факторов, воздействующих на ЭКБ, блоки и чувствительные элементы радиоэлектронной аппаратуры, информационной и телекоммуникационной техники.

Известно, что для наступления необратимых изменений в полупроводниковых приборах поглощенные дозы радиации должны составлять или превышать 10^5 – 10^6 рад, в ИМС — 10^4 – 10^5 рад. При этом некоторые ИМС категорий commercial и industrial могут характеризоваться уровнями 10^3 рад и ниже. Данные уровни радиационной стойкости элементной базы не обеспечивают требуемого временного ресурса КА даже при работе на ряде околоземных орбит, не говоря уже о полетах на другие планеты Солнечной системы. Радиационная защита КА, предназначенных для межпланетных полетов, возможна при использовании активных и пассивных систем защиты. Действие первых основано на применении мощных магнитных полей (сверхпроводящие системы), способных отклонять заряженные частицы. Это очень сложное, массогабаритное и дорогостоящее техническое решение. Действие вторых основано на поглощении и отражении заряженных частиц. В связи с этим ясна актуальность направления, связанного с разработкой новых материалов и технологий для эффективной радиационной защиты.

— Как обстоят дела с применением технологий и материалов радиационной защиты ЭКБ за рубежом?

Н. В.: Начиная с 80-х годов прошлого столетия в США, ЕС и других странах проблема повышения радиационной стойкости ЭКБ космического назначения успешно решается путем использования материалов на основе тяжелых элементов в виде защитных покрытий, компаундов, различных конструкций специализированных корпусов. Практическая реализация данного решения стала возможной после того, как зарубежными учеными была экспериментально показана эффективность экранирования с применением защитных материалов. Основные производители изделий микроэлектроники с радиационной защитой — Maxwell Technologies USA; 3D Plus France, Space Electronics USA, Actel Inc. USA, Bae Systems, USA. Наиболее широкое распространение получила технология RAD-PAK, разработанная компанией Maxwell Technologies. Защитные элементы экранов RAD-PAK представляют собой пластины на основе вольфрама, которые выполняют функцию крышки корпуса и составляют часть основания специализированного корпуса. Данная технология обеспечивает уровень стойкости не ниже 100 крад по отношению к эффектам поглощенной дозы в условиях КП или в 3–10 раз снижает уровень воздействия космического излучения на ЭКБ. При этом важно, что эффективность такой защиты существенно

зависит от параметров орбиты, сроков эксплуатации и компоновки КА. Отметим, что стоимость изделий с применением технологий RAD-PAK очень высока. Например, стоимость материнской платы компьютеров компании Bae Systems, изготовленных с применением данной технологии, достигает \$100 000.

Другой вариант технологии ЛРЗ — покрытия типа WALOPACK фирмы 3D Plus, France. Эти покрытия представляют собой структуру с чередующимися слоями керамики (Al_2O_3) и порошкообразного W. Толщина слоев Al_2O_3 порядка 185 мкм, слоев W — 25 мкм. Покрытия предназначены для защиты от жесткого ионизирующего излучения и обеспечивают коэффициент ослабления по гамма-квантам — 1,5.

Еще один тип технологии ЛРЗ — RAD-COAT, одним из разработчиков которой является компания Space Electronics Inc., USA. Технология RAD-COAT более универсальна, чем технологии RAD-PAK и WALOPACK, поскольку жестко не привязана к конструкциям стандартных корпусов. Радиационная защита формируется в виде покрытий, мастик на основе эластичной матрицы с наполнителем из порошка вольфрама.

— Как обстоят дела с применением технологий и материалов ЛРЗ защиты в РФ?

Н. В.: До санкционного периода предприятия России и стран СНГ за огромные деньги приобретали продукцию зарубежных производителей — это изделия категории space с применением технологии RAD-PAK. В настоящее время это стало практически невозможным, да и стоит значительно дороже.

Есть отечественные разработки материалов ЛРЗ. В России они получили условное название ЛОЗА (Локальная Защита). Материалы ЛОЗА производят ФГУП «НПО машиностроения» (г. Реутов), «НПО машиностроения-ИМЕТ» (г. Москва), ОАО «ВНИИАЭС» (г. Москва), «ВНИИИМ им. акад. А. А. Бочвара» (г. Москва), ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (г. Саров) и другие предприятия.

В АО «ЭНПО СПЭЛС» (г. Москва) экспериментальными и расчетными методами проведены оценки степени ослабления поглощения энергии электронов, протонов и гамма-квантов защитными элементами корпусов, изготовленных по технологии RAD-PAK. Установлена сильная зависимость коэффициента ослабления дозовой нагрузки от энергии излучения электронов и протонов. Значения коэффициентов ослабления гамма-квантов защитой RAD-PAK не превышали 1,6–2 раз.

— Какие результаты получены в АО «ТЕСТПРИБОР» и ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» при разработке и испытаниях специализированных корпусов с ЛРЗ?

С. Г.: Компания «ТЕСТПРИБОР» совместно с ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» разработала и изготовила специализированные металлокерамические корпуса с интегрированными радиационно-защитными экранами — 100- и 144-выводной корпуса, а также гибридный корпус для многокристаль-

ного электронного модуля («система в корпусе»). Проведен полный цикл испытаний.

Методами математического моделирования проведена оценка коэффициентов ослабления данными корпусами локальных дозовых нагрузок при облучении потоками электронов и протонов для различных околоземных орбит, полученные результаты сопоставлены со значениями дозовых нагрузок для серийных корпусов без ЛРЗ. Показано, что ИМС с типовым для коммерческих кристаллов значением уровня стойкости 1–2 крад, установленные в специализированных корпусах с ЛРЗ, обеспечивают срок активного существования (САС) КА до пяти и более лет в зависимости от условий эксплуатации на околоземных орбитах.

В гибридных металлических корпусах блоков радиоэлектронных средств определены способы снижения уровня поглощенной дозы кристаллами ИМС с использованием ЛРЗ на основе композита W–Cu. Так, на круговой орбите с углом наклона $i = 30^\circ$ высотой $H = 8000$ км применение ЛРЗ с толщиной основания и крышки корпусов 1,67 г/см² позволяет снизить дозовую нагрузку в 3,5–3,7 раза при минимуме и 3,9–4,1 раза при максимуме солнечной активности, по сравнению с корпусом без ЛРЗ.

Совместно с ОИЯИ (г. Дубна) выполнена экспериментальная и расчетная оценка эффективности локальной радиационной защиты при воздействии высокоэнергетических частиц. Определены линейные пробеги высокоэнергетических ионов при прохождении экранов, изготовленных из композиционных материалов и многослойных структур.

Совместно с АО «ИНТЕГРАЛ» проведены испытания на стойкость ИМС, размещенных в серийных и специализированных корпусах с ЛРЗ, к излучению электронов с энергиями 1,6–1,8 МэВ. Стойкость ИМС, размещенных в специализированных корпусах, к данному типу излучения повышена более чем в 100 раз.

Более детальную информацию о наших результатах можно получить из публикаций в научных журналах, ссылки на которые мы можем предоставить.

— Каковы преимущества разработанной вами технологии?

С. Г.: Как и все технологии ЛРЗ, наши разработки позволяют обеспечить повышенную радиационную стойкость электронных компонентов и аппаратуры к воздействию потоков электронов, протонов и высокоэнергетических заряженных частиц КП. К преимуществам метода ЛРЗ можно отнести:

- возможность использовать серийную номенклатуру ЭКБ с низкой стойкостью к эффектам накопленной дозы (категории commercial и industrial) при производстве приборов и аппаратуры ракетно-космического и авиационного назначения;
- снижение весовых и габаритных параметров по сравнению со стандартными методами конструктивной защиты;
- расширение номенклатуры применяемых ИМС и п/п приборов и тем самым снижение затрат на комплектацию при производстве радиоэлектронной аппаратуры КА.

— *Насколько сегодня актуальна проблема защиты космической аппаратуры от радиационных воздействий?*

Н.В.: Сейчас в мире наблюдаются все возрастающий интерес к широкому коммерческому использованию околоземного космического пространства. Но для успешной реализации коммерческих проектов необходимо наличие высокой рентабельности, которая служит стимулирующим фактором для инвесторов. Высокая рентабельность обеспечивается путем снижения издержек при проектировании и изготовления бортовой радиоаппаратуры в том числе и за счет снижения затрат на комплектующие при сохранении приемлемых показателей надежности. Для решения этой проблемы космическая индустрия ставит перед производителями радиоэлектронных комплектующих ряд очень сложных и важных задач. Например, существенное удешевление продукции стойкой к воздействию космических излучений, созданию быстрых способов адаптации общедоступных (серийных) электронных компонентов к продолжительному использованию в КП.

— *Какие новые перспективные направления вы видите в сфере практического применения полученных вами результатов?*

С.Г.: В последнее время в технологии сборки электронных компонентов наблюдается тенденция повышения функциональности изделий за счет размещения в одном корпусе ряда отдельных ИМС и п/п приборов, изготовленных по технологиям корпусной и бескорпусной сборки. Поскольку часто комплектация происходит путем применения ИМС с недостаточными и различными уровнями радиационной стойкости, то наиболее оптимальным решением возникающей проблемы является применение экранов ЛРЗ.

В последнее 10–15 лет большой практический успех достигнут при использовании малых космических аппаратов (МКА), в том числе стандарта CubeSat. Коммерческий успех обеспечен за счет унификации основных га-

баритных и весовых параметров комплектованных элементов, применения недорогих доступных материалов, комплектующих и электронных компонентов, в основном категории commercial. Рабочие орбиты МКА расположены на расстоянии 500–600 км от Земли и с точки зрения радиационной нагрузки являются весьма сложными, поскольку содержат большие потоки высокоэнергетических электронов, протонов и ТЗЧ. В связи с этим при разработке и создании МКА актуальным становится обеспечение эксплуатационной надежности приборов и аппаратуры в условиях повышенного уровня радиационной нагрузки. Один из путей решения — применение ЛРЗ.

— *Что необходимо для практического внедрения ваших результатов?*

Н.В.: Раньше для комплектования космической аппаратуры широко использовалась иностранная ЭКБ. Это вызвано рядом объективных причин, поскольку отечественная промышленность не всегда могла обеспечить разработчиков необходимой ЭКБ, механизм применения иностранной компонентной базы более простой и гибкий. Поэтому разработчикам легче использовать иностранную ЭКБ. Имеются серьезные основания считать, что массовое применение в аппаратуре зарубежной ЭКБ частично неподконтрольного качества отражается на надежности произведенной радиоэлектронной аппаратуры.

В настоящее время, когда доступность иностранной ЭКБ сильно ограничена, значительно возросли риски ее применения, связанные с качеством, стоимостью, сроками поставок, рисками непоставок и т. д. Решением проблемы могло стать использование имеющихся технологических заделов разработанной ЭКБ в рамках проведенных ОКР. Для применения их в аппаратуре космического назначения определенные характеристики можно повысить до необходимого уровня с помощью технологии ЛРЗ, а также радиационно-защитных корпусов.

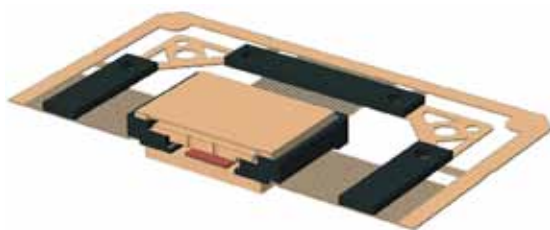
Для практического внедрения данных работ необходимо принятие решения госкорпорации «Роскосмос», которое определяло бы порядок применения радиационно-защитных корпусов при сборке электронных компонентов российских и белорусских производителей.

Для конкретного производителя радиоэлектронной аппаратуры КА согласование вопроса применения технологии ЛРЗ с ее разработчиком следует проводить после определения исходных данных по спектрам космических излучений на заданной орбите (электронов, протонов и ТЗЧ); габаритам защищаемой ЭКБ и их расположению в КА; имеющимся и требуемым уровням стойкости применяемой ЭКБ; требуемым САС создаваемой КА.

— *Какие еще задачи вы ставите перед собой? Какие проблемы помогут решать ваши разработки на следующих этапах освоения космического пространства?*

С.Г.: Космическое пространство характеризуется огромными по диапазонам энергиями и широкими по видам излучений спектрами. Радиационные условия в разных зонах космического пространства и во времени различаются. Решить задачу защиты по всему энергетическому спектру и видам космических излучений очень сложная проблема. Одним или несколькими материалами решить ее невозможно, поэтому необходимо иметь широкий набор материалов и технологий. Это задача на многие годы и для многих разработчиков, технологов и материаловедов.

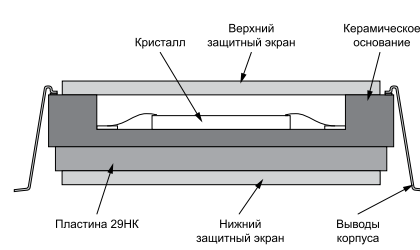
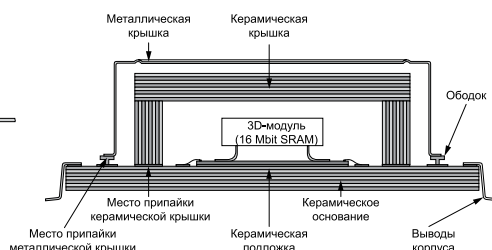
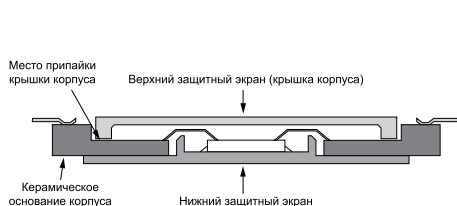
Как известно, следующий этап освоения КП связан с изучением Луны, планет Солнечной системы, дальнего космоса. Перед разработчиками космических аппаратов встают задачи, связанные со сложными радиационными условиями, длительностью полетов, необходимостью защиты человека и аппаратуры, что, в свою очередь, возвращает нас к вопросам радиационной защиты и радиационной безопасности.



Специализированный 100-выводной планарный металлокерамический корпус 4247.100-2 с интегрированным радиационно-защитным экраном

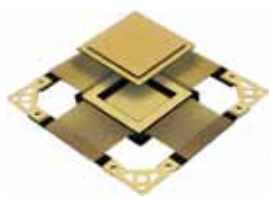


Специализированный 144-выводной планарный металлокерамический корпус 4248.144-2 с интегрированным радиационно-защитным экраном

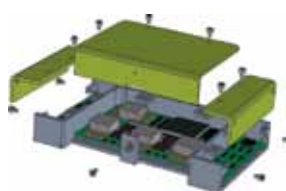


Технологии локальной защиты кристаллов интегральных микросхем в составе космической аппаратуры от воздействия ионизирующего излучения космического пространства, реализуемые иностранными компаниями

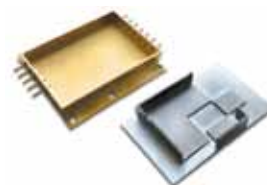
РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ КОРПУСА И ЭКРАНЫ



- Специализированные металлокерамические корпуса с интегрированными радиационно-защитными экранами



- Конструктивная защита РЭА от электронного и протонного излучения космического пространства



- Корпуса с интегрированными локальными радиационно-защитными экранами

СРОК АКТИВНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ (САС) КРИСТАЛЛОВ С УРОВНЕМ СТОЙКОСТИ 10 КРАД ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОРБИТ, УСТАНОВЛЕННЫХ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСАХ И СЕРИЙНЫХ КОРПУСАХ БЕЗ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

ОРБИТА	ДОЗА ВНУТРИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КОРПУСА ЗА 1 ГОД, РАД	САС, ЛЕТ	ДОЗА ВНУТРИ СЕРИЙНОГО АНАЛОГА (КРЫШКА ИЗ КОВАРА) ЗА 1 ГОД, РАД	САС, ЛЕТ
Круговая полярная 800 км	3,6E+02	28	5,1E+02	20
Геостационарная	1,2E+01	83	1,1E+03	9
ГЛОНАСС	8,6E+01	116	7,7E+03	1
Высокоэллиптическая	1,6E+03	6	5,3E+03	2
МКС	4,2E+01	238	6,2E+01	161

Подложки печатных плат: как выбрать правильный диэлектрический материал

Если вы проектируете печатные платы для аэрокосмической или автомобильной промышленности, то знаете: такие платы должны обладать хорошей механической прочностью и химической стабильностью, чтобы выдерживать высокие температуры, влажность и нагрузки, неизбежные при эксплуатации электронного устройства в суровых условиях окружающей среды. Разработчику необходимо иметь глубокое понимание свойств и характеристик используемых материалов, в особенности — диэлектриков, для того чтобы создавать эффективные и надежные печатные платы.

Перевод:
Сергей Шихов

sergey@acon.ru

В статье рассматриваются электрические, механические, термические и химические свойства подложек печатных плат. Приведенная информация поможет инженерам выбрать правильный материал и создавать технологичные электронные изделия.

Тепловые свойства подложек печатных плат

Подложка печатной платы представляет собой слой диэлектрика, который работает как изолятор между двумя слоями меди в стеке печатной платы (рис. 1). Благодаря своим свойствам он оказывает воздействие на эффекты затухания сигнала, перекрестных помех и электромагнитного излучения, что напрямую влияет на целостность сигнала. Например, материал печатной платы с низким Dk, такой как Rogers 4350B, будет показывать потери меньше, чем стандартный FR4, даже на высоких частотах.

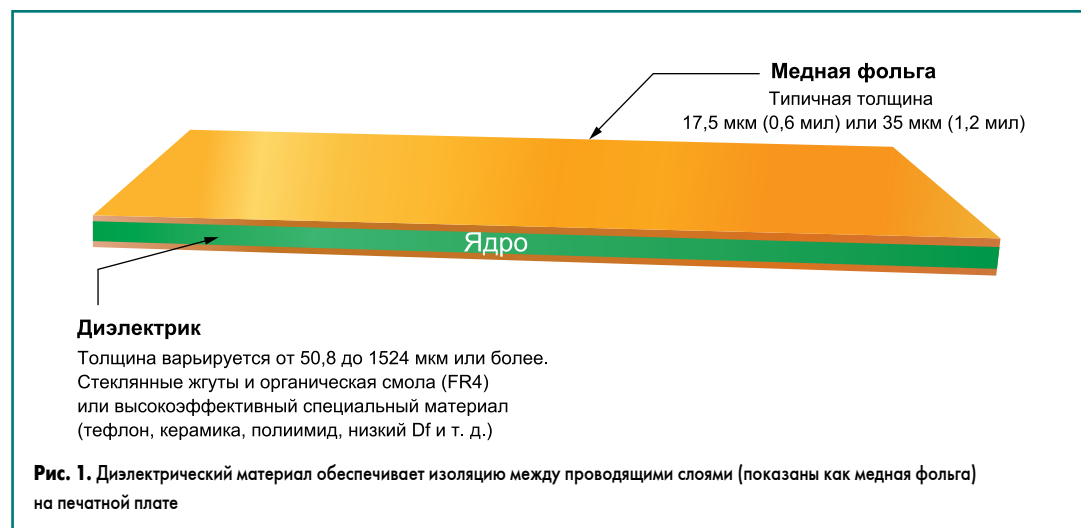
Температура стеклования (Tg)

Температура стеклования (Glass transition), или Tg, — это температурный диапазон, в котором подложка печатной платы переходит из стекловидного, жесткого состояния в размягченное, деформируемое состояние вследствие того, что полимерные цепи становятся более подвижными. Когда материал остывает, его свойства возвращаются к исходному состоянию. Tg выражается в единицах градусов Цельсия (°C).

Температура разложения (Td)

Температура разложения (Decomposition temperature), или Td, — это температура, при которой материал печатной платы химически разлагается. Физически этот момент оценивается как потеря материалом не менее 5% массы. Как и Tg, Td выражается в единицах градусов Цельсия (°C).

При сборке печатных плат Td подложки становится важным ограничением, поскольку изменения



его свойств при достижении и превышении температуры T_d необратимы. Сравните это с T_g , температурой стеклования, при которой свойства вернутся к исходному состоянию, как только материал остынет ниже диапазона T_g .

Следует выбирать материал, с которым можно работать в диапазоне температур, превышающих T_g , но значительно ниже T_d . Большинство рабочих температур во время сборки печатной платы варьируются в пределах $+200 \dots +250^\circ\text{C}$, поэтому нужно убедиться, что T_d материала, который вы планируете использовать, выше. К счастью, у многих материалов T_d больше $+320^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплового расширения (КТР)

Коэффициент теплового расширения (Coefficient of thermal expansion — CTE), или КТР, — это мера расширения материала печатной платы при нагревании. КТР выражается в частях на миллион (parts per million — ppm), на которые материал расширяется при нагревании на каждый градус Цельсия.

По мере того как температура материала поднимается выше T_g , КТР также будет расти.

Также нужно помнить, что КТР подложки печатной платы обычно намного выше, чем у меди, что может вызвать проблемы с их соединением при нагревании печатной платы.

Расширение материала по разным осям различно. КТР по осям X и Y чаще низкие — около $10\text{--}20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. В типовых материалах это свойство обеспечивается структурой стеклоткани, которая и ограничивает расширение материала в направлениях X и Y. КТР по этим осям не сильно меняется даже при повышении температуры материала выше T_g .

А вот по оси Z материал расширяется без ограничений (рис. 2), поэтому при его выборе надо помнить, что КТР по оси Z должен быть как можно ниже, то есть стремиться к значению менее $70 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, поскольку КТР будет

увеличиваться по мере приближения температуры материала к T_g .

Точка, в которой на кривой смещение КТР максимально, называется температурой стеклования (T_g). Если температура выше T_g , подложка размягчается и больше не расширяется.

Теплопроводность (k)

Теплопроводность, или k, — это свойство материала проводить тепло. Низкая теплопроводность означает низкую теплопередачу, а высокая теплопроводность означает высокую теплопередачу. Мера скорости теплопередачи выражается в ваттах на метр на градус Цельсия ($\text{Вт}/\text{М}\cdot^\circ\text{C}$).

Большинство подложек печатных плат имеют теплопроводность в диапазоне $0,3\text{--}0,6 \text{ Вт}/\text{М}\cdot^\circ\text{C}$, что довольно мало по сравнению с медью, k которой составляет $386 \text{ Вт}/\text{М}\cdot^\circ\text{C}$. Отсюда можно сделать простой вывод, что медные слои в составе платы будут переносить тепло быстрее и в большем количестве, чем диэлектрический материал подложки.

Электрические свойства подложек

Диэлектрическая проницаемость или относительная диэлектрическая проницаемость (ϵ_r или D_k)

Учитывать диэлектрическую проницаемость (диэлектрическую константу) материала важно для сохранения целостности сигнала и из соображений импеданса — это базовые факторы среди высокочастотных электрических характеристик. Для большинства материалов печатных плат ϵ_r находится в диапазоне $2,5\text{--}4,5$.

Диэлектрическая проницаемость изменяется в зависимости от частоты и, как правило, с увеличением частоты уменьшается. Некоторые материалы демонстрируют при этом меньшее изменение относительной ди-

электрической проницаемости, чем другие. Из этого можно сделать простой вывод: наиболее подходящие для высокочастотных применений подложки — те, диэлектрическая проницаемость которых остается относительно одинаковой в широком диапазоне частот, от нескольких сотен МГц до нескольких ГГц.

Материалы с низким D_k

Как известно, излучаемая электромагнитная волна не ограничивается дорожкой и проходит через подложку. Диэлектрическая проницаемость материала подложки изменяет поведение сигнала, что может вызвать нарушение его целостности. Этот эффект становится еще более заметным на высоких частотах.

Скорость распространяющейся электромагнитной волны обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости. А это значит, что материал печатной платы с низким D_k будет давать следующие преимущества:

- высокоскоростные сигналы распространяются с меньшими потерями;
- между близко расположенными дорожками и переходными отверстиями можно ожидать меньше перекрестных помех;
- потребность в емкостной связи в схеме также будет более ограниченной;
- неблагоприятные эффекты, которые возникают из-за несоответствия длин дорожек в параллельных сетях будут уменьшены.

При всех этих преимуществах потери в материале печатной платы с низким D_k все равно имеют место, поэтому сохраняется риск искажения цифровых сигналов. Кроме того, данные материалы ощутимо дороже, чем FR4. Для них могут потребоваться более высокие температуры и давление в процессе изготовления платы, что может еще больше повысить итоговую стоимость.

Для знакомства с примерами высокоскоростных материалов можно обратить внимание на Rogers 4350B, RT Duroid 5880 и Isola-I speed.

Материалы с высоким D_k

Несмотря на то что целостность питания ассоциируется с постоянством входного напряжения, диэлектрическая проницаемость также влияет на стабильность питания. Если поместить материал с высоким D_k между слоями питания и заземления, межплоскостная емкость станет значительной.

Сами слои действуют как большой развязывающий конденсатор, который помогает поддерживать постоянное входное напряжение. Он также снижает сопротивление PDN (power distribution networks — сеть распределения питания), то есть уменьшает импеданс. Однако более высокий D_k приведет к увеличению диэлектрических потерь и перекрестных помех, а также вызовет проблемы с электромагнитными помехами. Чтобы сбалансировать мощность и целостность сигнала, рекомендуется выбрать гибридный стек из материалов печатной платы с высоким и низким D_k .

Подложка с более высокой диэлектрической проницаемостью может использоваться для разделения слоев питания и заземления, а подложка с более низким D_k при этом будет

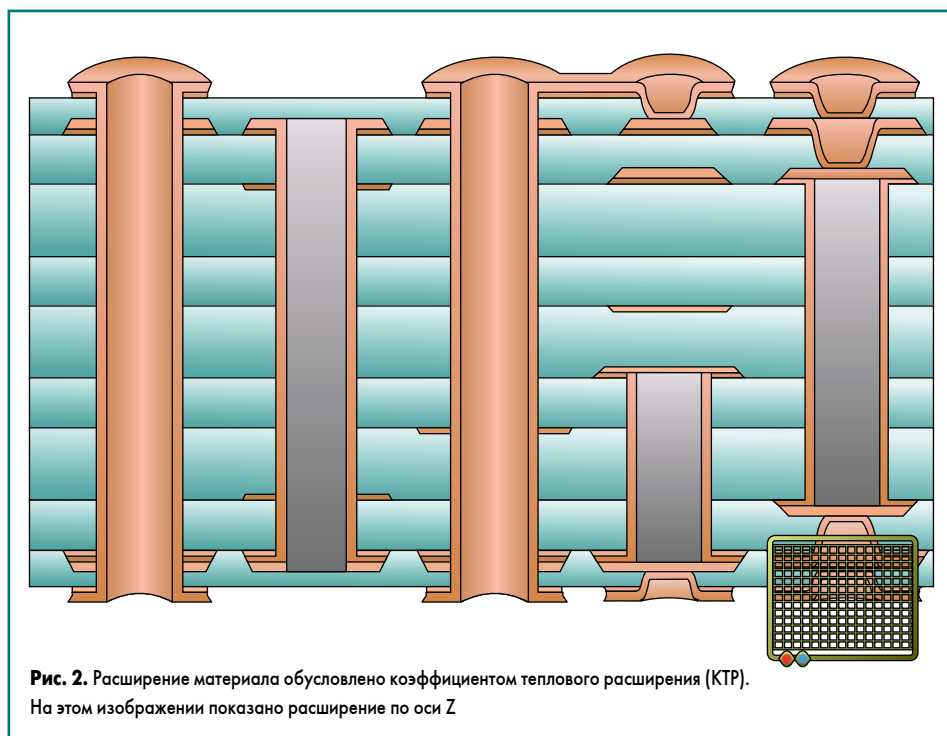


Рис. 2. Расширение материала обусловлено коэффициентом теплового расширения (КТР). На этом изображении показано расширение по оси Z

поддерживать сигнальный слой, обеспечивая меньшие потери. Эффективность гибридного стека зависит и от умений проектировщика, и от возможностей производителя. На каждом этапе изготовления такой платы следует учитывать разницу в КТР используемых материалов.

Тангенс угла диэлектрических потерь или коэффициент рассеяния ($\tan \delta$ или Df)

Тангенс угла диэлектрических потерь (Dielectric loss tangent) материала позволяет оценить количество мощности, теряемой из-за свойств материала. Чем ниже тангенс угла диэлектрических потерь, тем меньше мощности теряется. У большинства материалов печатных плат $\tan \delta$ колеблется от 0,02 для наиболее часто используемых материалов до 0,001 для высококачественных материалов с очень низкими потерями, он также меняется с частотой, увеличиваясь по мере повышения частоты.

Тангенс угла диэлектрических потерь в целом не является критическим фактором для цифровых схем, за исключением очень высоких частот (1 ГГц и выше). Однако это очень важный параметр для аналоговых сигналов, поскольку он определяет степень затухания сигнала и, как следствие, влияет на соотношение сигнал/шум в различных точках сигнальных дорожек.

На контролируемый импеданс и ширину проводника существенно влияет диэлектрическая проницаемость. Если Dk материала выше, то для достижения целевого импеданса потребуется меньшая ширина дорожки.

Объемное сопротивление (ρ)

Объемное сопротивление, или электрическое сопротивление (ρ), является одной из мер, описывающих электрическое или изоляционное сопротивление материала печатной платы. Чем выше сопротивление материала, тем менее охотно он допускает перемещение электрического заряда и наоборот. Сопротивление выражается в ом-метрах (Ом·м, $\Omega \cdot m$) или ом-сантиметрах (Ом·см, $\Omega \cdot cm$). Сопротивление в некоторой степени зависит от влажности и температуры.

Как диэлектрические изоляторы, подложки печатных плат должны иметь очень высокие значения сопротивления, порядка 10^6 – 10^{10} МОм·см.

Поверхностное сопротивление (ρ_s)

Поверхностное сопротивление (ρ_s) — мера электрического или изоляционного сопротивления поверхности подложки печатной платы. Как и в случае объемного сопротивления, материалы печатных плат должны иметь очень высокие значения поверхностного сопротивления, порядка 10^6 – 10^{10} МОм/кв. На поверхностное сопротивление также в некоторой степени влияют влажность и температура.

Электрическая прочность

Электрическая (диэлектрическая) прочность характеризует способность подложки печатной платы противостоять электриче-

скому пробоем в направлении оси Z печатной платы (перпендикулярно плоскости ПП). Она выражается в вольтах на сантиметр или вольтах/мил в англоязычной литературе и спецификациях. Типичные значения электрической прочности для диэлектриков печатных плат находятся в диапазоне 30–60 кВ/мм.

Электрическая прочность определяется путем воздействия на материал печатной платы коротких импульсов высокого напряжения на стандартных частотах переменного тока. Короткие импульсы требуются для того, чтобы результаты измерений не искажались тепловым пробоем.

Химические свойства материалов

Характеристики воспламеняемости (UL94)

UL94, или «Стандарт безопасности воспламеняемости пластиковых материалов для деталей в испытаниях устройств и приборов» (“Standard for Safety of Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances testing”, UL enterprise, США), является стандартом воспламеняемости пластиков, который классифицирует пластики от самого низкого стандарта (наименее огнестойкие) до самого высокого (наиболее огнестойкие).

Стандарты определены Underwriters Laboratories (UL). Большинство подложек печатных плат соответствуют UL94 V-0:

1. Образцы не должны гореть открытым огнем более 10 с после любого применения испытательного пламени.
2. Общее время горения не должно превышать 50 с для 10 применений пламени для каждого набора из пяти образцов.
3. Образцы не должны сгорать открытым огнем или дотлевать до удерживающего зажима.
4. Образцы не должны капать горящими частицами, которые способны воспламенить сухую хирургическую вату, расположенную под испытываемым образцом на расстоянии 300 мм.
5. Образцы не должны показывать тлеющего горения, которое сохраняется более 30 с после второго удаления испытательного пламени.

Влагопоглощение

Влагопоглощение — это способность подложки платы противостоять водопоглощению при погружении в воду. Оно определяется процентным увеличением веса материала печатной платы из-за поглощения влаги в контролируемых условиях согласно стандартным методам испытаний. Большинство подложек имеют значения влагопоглощения в диапазоне 0,01–0,2%.

Влагопоглощение влияет на тепловые и электрические свойства подложки, а также на способность материала противостоять образованию токопроводящей анодной нити (conductive anode filament — CAF) при подаче питания на схему печатной платы.

Стойкость к дихлорметану

Стойкость к дихлорметану (метиленхлорид, хлористый метилен, ДХМ, фреон 30, хладон 30) является одной из характеристик химической стойкости материала, в данном случае — способности материала печатной платы противостоять абсорбции метиленхлорида.

Так же, как и абсорбция влаги, она выражается процентным увеличением веса материала печатной платы из-за воздействия или замачивания в дихлорметане. Большинство материалов печатных плат имеют значения устойчивости к дихлорметану в диапазоне 0,01–0,2%.

Влияние поглощения влаги

на диэлектрическую проницаемость (Dk)

Майкл Дж. Гей, директор по высокопроизводительным продуктам Isola Group, говорит: «Влага является одним из источников изменения Dk в материалах печатных плат. Существуют и другие возможные источники, которые могут потенциально привести к некоторым незначительным изменениям Dk , но постепенное поглощение влаги является наиболее значимым фактором».

На приведенной ниже диаграмме (рис. 3) показано поглощение влаги при 24-часовом замачивании в деионизированной воде при различных температурах материала Tachyon 100G.

Диаграмма была составлена по результатам испытаний Tachyon 100G. Рассмотрим подробнее проведенный исследователями Isola Group эксперимент.

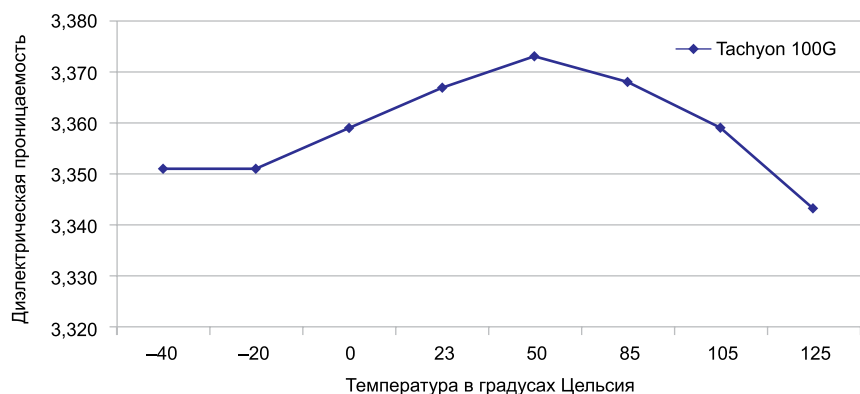
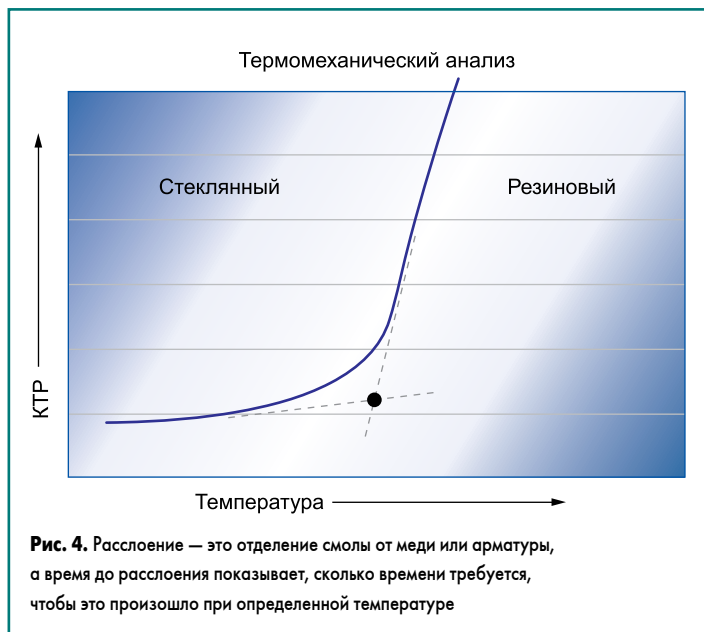


Рис. 3. Диэлектрическая проницаемость в зависимости от температуры для материала печатной платы с низким Dk Tachyon 100G. Изображение предоставлено Isola Group



Методология испытаний

Образец был замочен в воде, извлечен и затем выдержан в течение 4 ч при -40°C .

Каждое последующее показание снималось после выдерживания в течение 150 мин при новой температуре.

Основные выводы эксперимента

Dk изменялась, как и ожидалось: она увеличивалась по мере перехода воды через фазы, а затем уменьшалась по мере удаления влаги из образца.

Отклик Df также соответствует ожидаемому: медленное увеличение потерь из-за тех же фазовых переходов в удерживаемой влаге, за которым следует уменьшение по мере удаления влаги.

Майкл Дж. Гей объясняет: «Как вы можете видеть, Dk стал примерно на 0,02 выше после того, как материал пропитывался при $+23^{\circ}\text{C}$, при комнатной температуре. Это не большая разница, но она может заставить вас задуматься об изменении требований к ширине дорожки для сохранения импеданса в заданных границах. Влагопоглощение зависит и от длины пути, по которому материал достигает равновесного влагонакопления».

Поглощение влаги лакированным ламинатом длится многие недели. А вот в протравленном ламинате это происходит за несколько часов, например, в течение тех часов, когда плата проходит процедуру автоматической оптической инспекции (АОИ). Ее протравленное ядро сигнального слоя наберет максимальное содержание влаги при комнатной температуре, поскольку помещение, где выполняется АОИ, обычно имеет около 60% относительной влажности, и поэтому влага легко доступна».

Но следует учитывать, что в реальной конструкции печатной платы влага может не накапливаться в областях, расположенных вблизи горячих компонентов, испаряясь из платы, например, когда температура достигает $+80...+90^{\circ}\text{C}$ около самых нагреваемых чипов.

Майкл Дж. Гей также добавляет: «Для высокоскоростных проектов мы рекомендуем, чтобы материалы были сухими перед ламинированием с использованием процесса термического прессования. В таких материалах, как Tachyon 100G, влага не оказывает отрицательного влияния на отверждение, но, как вы можете видеть, влажность приводит к сдвигу Dk».

В случае конвейерного процесса оксидного покрытия печатной платы эффективная сушилка в конце конвейерной линии должна удалять всю влагу с поверхности внутреннего слоя платы. А наилучшей практикой является сушка слоев платы в течение 30 минут при температуре $+100^{\circ}\text{C}$ или выше. Это особенно актуально, если для печатной платы предполагается последующая бессвинцовая пайка. Предпочтительна сушка на стеллажах.

В других материалах, особенно на основе эпоксидной смолы, влага также может препятствовать реакции отверждения и приводить к снижению термического сопротивления и термических свойств. Рекомендуется прогревать внутренние слои, чтобы избежать этой проблемы.

На уже смонтированной плате можно увидеть аналогичное изменение Dk, если платы не были высушены должным образом. Все полимерные материалы впитывают влагу. Причина, по которой влага вызывает проблемы, заключается в том, что она является полярной молекулой и вмешивается в магнитные поля в непосредственной близости. Именно поэтому некоторые смолы имеют более высокие потери, а некоторые — более низкие: из-за полярности молекул смолы. Например, ПТФЭ — это смола с очень низкой полярностью, дающая материал с низкими потерями.

Майкл заключает: «Влага может легко проникнуть сквозь молекулы смолы и задержаться между ними, поскольку молекулы воды очень малы. Количество воды, которое может поглотить пластик, зависит от количества свободного пространства в затвердевшей смоле. У некоторых видов пластика свободного пространства больше, у других меньше».

Механические свойства подложек печатных плат

Прочность на отрыв

Прочность на отрыв является мерой прочности связи между медным проводником и диэлектрическим материалом. Она выражается в фунтах силы на линейный дюйм (PLI, или средняя нагрузка на ширину проводника), необходимых для разделения связанных материалов, где угол разделения составляет 180° . Европейские единицы — МПа или Н/мм².

Испытания прочности на отрыв проводятся на образцах медных дорожек толщиной 35 мкм (1 унция) и шириной 32–125 мм после производства печатной платы стандартными методами. Испытание проводится при трех условиях:

1. Термическое воздействие: после того как образец плавает на припое при температуре $+288^{\circ}\text{C}$ в течение 10 с.
2. Повышенные температуры: после того как образец подвергается воздействию горячего воздуха или жидкости при температуре $+125^{\circ}\text{C}$.
3. Воздействие химических веществ: после того как образец подвергается определенной серии этапов химического или термического процесса, доступного в ходе производства.



Комментирует Сергей ШИХОВ,
директор по управлению проектами,
«А-КОНТРАКТ»:

Базовые материалы печатных плат различаются по множеству характеристик — физических, химических и экономических. Необходимо четко понимать значение данных характеристик и знать, какие из них важны в конкретном проекте. И к сожалению, зачастую приходится искать компромисс.

В статье приведены многие, но отнюдь не все характеристики базовых материалов. Кроме перечисленных выше, можно также назвать:

- устойчивость к возникновению проводящих анодных нитей (CAF);
- устойчивость к формированию проводящих дорожек при поверхностном разряде (СТП);
- тип плетения стеклоткани;
- содержание галогенов;
- прозрачность для ультрафиолетового излучения;
- шероховатость медной фольги (впрочем, это не относится к диэлектрику);
- и другие.

Необходимо отметить фактологическую ошибку автора статьи: фраза «Если температура выше Tg, подложка размягчается и больше не расширяется» не соответствует действительности. При превышении Tg скорость роста КТР увеличивается (что видно на рис. 4). Таким образом следует выбирать материалы со сравнительно высокой Tg, особенно при бессвинцовом монтаже.

Прочность на изгиб

Прочность на изгиб — это мера способности материала выдерживать механическое напряжение без разрушения. Она выражается либо в кг/м², либо в фунт/дюйм² (KPSI).

Прочность на изгиб обычно проверяется путем поддержки печатной платы на ее краях и приложения нагрузки в центре. IPC-4101 — это спецификация для базовых материалов для жестких и многослойных печатных плат, в которой указана минимальная прочность на изгиб различных материалов печатных плат.

Модуль Юнга

Модуль Юнга, модуль продольной упругости, или модуль упругости при растяжении, также характеризует прочность материала печатной платы, а именно его способность сопротивляться растяжению или сжатию при упругой деформации. Некоторые производители ламинатов

печатных плат указывают прочность с использованием модуля Юнга вместо прочности на изгиб. Как и прочность на изгиб, модуль Юнга выражается в силе на единицу площади.

Плотность

Плотность материала печатной платы выражается в граммах на кубический сантиметр (г/см³) или фунтах на кубический дюйм (фунт/дюйм³).

Время до расслаивания

Время до расслаивания измеряет, как долго материал будет противостоять расслаиванию — отделению смолы от ламината, фольги или стекловолокна — при определенной температуре (рис. 4). Расслоение может быть вызвано термическим шоком, неправильным выбором Tg материала, влажностью и плохим процессом ламинирования.

«США увеличат свои мощности по производству передовых чипов почти на треть, в то время как Китай займет лидирующие позиции в мире в производстве полупроводников, и все это произойдет в течение десяти лет», — сообщают две отраслевые аналитические группы

Оба правительства вложили миллиарды долларов в субсидирование создания отечественных экосистем чипов в рамках гонки за доминирование в сфере искусственного интеллекта и повышение национальной безопасности. В каждом из этих направлений остаются пробелы.

Согласно отчету Yole Group от 11 июля, США укрепляют свои позиции в сфере передовых технологий, в то время как Китай к 2030 году планирует достичь 30%-ной доли в мировых производственных мощностях. Аналитики отметили недавние инвестиции американских компаний Micron, TSMC, Texas Instruments и GlobalFoundries на общую сумму 500 миллиардов долларов.

«Если распределить инвестиции на пять лет, то это составит примерно треть от ожидаемых мировых инвестиций в производство полупроводников», — отмечают аналитики Yole Group — США наращивают инвестиции, чтобы сравняться с Китаем, но больше сосредоточены на производстве передовых чипов».

США:

К 2030 году доля США в мировом производстве полупроводниковых пластин может достичь 15%, что укрепит их позиции в качестве доминирующей в мире экосистемы по производству полупроводников. За последние несколько десятилетий доля США в мировом производстве микросхем сократилась примерно с 40% до 10%, поскольку отрасль переместилась в Азию в поисках более низких затрат.

По данным Ассоциации полупроводниковой промышленности (SIA), опубликованным в отчете «Состояние полупроводниковой промышленности США в 2025 году», производственные мощности по выпуску чипов в США могут увеличиться втрое уже к 2032 году.

«По состоянию на июль 2025 года компании, работающие в сфере производства полупроводников, объявили о привлечении более полу триллиона долларов частных инвестиций для оживления американской экосистемы производства чипов, что позволит к 2032 году увеличить производственные мощности в США в три раза», — заявили в SIA.

«Чтобы закрепить этот успех, в июле 2025 года вашингтонские лидеры приняли закон, усиливающий важнейший налоговый стимул — инвестиционный кредит для передовых отраслей производства (Advanced Manufacturing Investment Credit, AMIC), который помог привлечь инвестиции в эти компании. Новый закон повышает ставку AMIC с 25% до 35%».

Правительство США при администрациях Трампа и Байдена стимулировало развитие отечественной индустрии чипов, препятствуя прогрессу Китая. При нынешней администрации президент США Дональд Трамп пересмотрел Закон о чипах администрации Байдена, чтобы повысить отдачу от инвестиций в размере 53 миллиардов долларов.

Вашингтон внес в черный список китайские компании, такие как Huawei, а также ввел экспортный контроль, чтобы помешать Китаю использовать передовое программное обеспечение для проектирования интегральных схем, а также инструменты для литографии EUV от единственного поставщика ASML из Нидерландов. Все это направлено на то, чтобы замедлить прогресс Китая в производстве самых современных чипов.

Тем не менее, по данным Yole Group, Китай догоняет США и отстает от них всего на одно-два поколения в области технологических процессов.

SIA предупреждает о факторах, которые могут препятствовать росту производственных мощностей в США, в том числе о проблемах, с которыми сталкивается за рубежом ведущая в мире отрасль по разработке микросхем, в которую входят такие компании, как Apple, Broadcom и Nvidia. Кроме того, в стране наблюдается нехватка производственных рабочих.

«В настоящее время американские компании являются мировыми лидерами в области проектирования, но на горизонте уже маячат проблемы: правительства других стран стимулируют разработку и исследования в области проектирования микросхем и стремятся вытеснить США с лидирующих позиций», — заявили в SIA. «В настоящее время США отстают от своих конкурентов по уровню налоговых льгот на исследования и разработки».

Китай:

По данным Yole, в настоящее время расходы Китая на оборудование для производства полупроводниковых пластин составляют около 30% от общемирового объема, что сделает Китай мировым лидером в этой сфере к 2030 году.

На сегодняшний день единственной китайской полупроводниковой фабрикой, входящей в пятерку крупнейших в мире, является SMIC, доля которого на рынке составляет около 5%. Другие китайские фабрики меньшего размера, такие как Hua Hong Semiconductor и Yangtze Memory Technologies Corp. (YMTC), быстро наращивают объемы производства благодаря новым государственным субсидиям.

«Производственные мощности по выпуску полупроводниковых пластин в Китае достигли примерно 21% от общемировых мощностей и теперь сопоставимы с мощностями Южной Кореи и приближаются к мощностям Тайваня, — считают исследователи. — К 2030 году Китай должен стать мировым лидером по производственным мощностям».

Наращивание производственных мощностей в Китае с 2018 года позволило стране заполнить рынки зрелыми и базовыми чипами, как недавно сообщил EE Times вице-председатель TechInsights Дэн Хатчисон. По его словам, производственные мощности Китая могут удовлетворить более половины спроса в этих сегментах.

Геополитическая ситуация, продолжающаяся торговая война и усилия отрасли по снижению чрезмерной зависимости от поставщиков чипов в Азии создали неопределенность, которая способствует развитию полупроводниковой промышленности.

«Регионализация приводит к увеличению общих расходов, а неопределенность в отношении тарифов вынуждает компании использовать стратегии мультисорсинга и повышать уровень локализации, — отмечают аналитики Yole. — Наиболее прямым следствием, вероятно, станет рост средних цен по всем направлениям, учитывая увеличение доли полупроводников и спроса на них».

21–23 октября 2025

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»

22-я Международная выставка испытательного
и контрольно-измерительного оборудования



Забронируйте стенд
testing-control.ru



Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252 11 07
control@mvk.ru

Электрический контроль — снова под контролем

Производственный комплекс АО «НИЦЭВТ» располагает широкими производственно-технологическими возможностями по самым разнообразным технологическим направлениям. Одним из таких направлений является производство печатных плат (ПП). Данное направление, в свою очередь, включает ряд ключевых технологических операций, которые определяют качество конечного продукта — печатной платы. В состав ключевых операций входит операция электрического контроля, являющаяся одним из ответственных этапов процесса изготовления ПП. Все, что не будет выявлено в процессе электрического контроля, транслируется на последующие этапы изготовления ПП и электронного монтажа со всеми вытекающими последствиями. Данное обстоятельство свидетельствует о необходимости поддержания бесперебойного и качественного функционирования установок электрического контроля.

Федор Плотников

plotnikov@nicevt.ru

Александр Покатаев

a.pokataev@nicevt.ru

Борис Тронин

b.tronin@nicevt.ru

С чего все началось

Процесс электрического контроля предусматривает проверку ПП на целостность цепей и отсутствие коротких замыканий. В АО «НИЦЭВТ» эта операция выполняется на двух немецких установках электрического контроля с летающими щупами ATG A5 (рис. 1).

Установка имеет восемь головок со щупами, которые перемещаются по осям X, Y, Z по направляющим. Перемещение головок и направляющих осуществляется через ременные приводы, обеспечивающие плавность хода. Головки имеют гибкие

рамки (параллелограммы), которые играют роль механических интерфейсов между самой головкой и щупами. При этом конструктивно предусмотрены левые и правые параллелограммы, размещающиеся, соответственно, с левой и с правой стороны от рабочей зоны. Гибкость параллелограммов обеспечивается за счет локальных утонений (канавок) в их стенках. В свою очередь, щупы оснащены очень тонкими иглами, вступающими в непосредственное физическое соприкосновение с ПП. Также предусмотрены средства крепления ПП на рабочем столе установки. Во время работы задействуются все восемь головок. Распределение зон проверки ПП



Габариты
установки, м:
2,58 (ширина) ×
1,3 (глубина) ×
1,76 (высота)



Режимы работы:

- Скорость движения иглы — 2–100 мм/с
- Усилие прижима иглы к площадке 10–120 г

Рис. 1. Установка электрического контроля с летающими щупами ATG A5

между головками осуществляется автоматически. Данный подход обеспечивает высокую производительность контроля за счет снижения инерционных градиентов, спрямления и сокращения протяженностей траекторий перемещения головок: головки быстрее доходят до очередной области контроля. При проверке щупы с иглами осуществляют очень быстрые, частые и минимальные по длине возвратно-поступательные движения вверх-вниз по схеме «контакт-возврат-контакт». Соответственно, параллелограммы при этом совершают высокочастотные малоамплитудные колебания (рис. 2).

После размещения ПП на рабочем столе и запуска программы контроля щупы приступают к работе. Установка в процессе функционирования представлена на рис. 3.

Одним из ключевых звеньев в цепочке передачи движений от головок к иглам являются параллелограммы (рис. 4). Они изготавливаются из пластика и имеют специфическую форму.

Параллелограммы изготовлены из литого пластика. Имеют по две канавки сверху и снизу, которые формируют локальные утонения стенок и обеспечивают им гибкость в процессе работы.

Время от времени в параллелограммах установок, в одном из мест утонения возникали сквозные трещины. Это происходило из-за усталости материала, которая становилась следствием длительного (срок эксплуатации установок — 18 лет) агрессивного воздействия высокочастотной малоамплитудной вибрации (рис. 5), постоянных механических напряжений, ультрафиолетового излучения (от искусственного и естественного освещения) и присутствующего в воздухе кислорода. Все это приводило к деградации свойств, потере пластичности параллелограмма и в конечном итоге к возникновению дефекта в месте максимального утонения.

В месте трещин постоянно возникали пиковые значения механических напряжений. По сути, эти места становились концентратором напряжений. Трещины приводили к нарушению конструктивной целостности рамок и, как следствие, к искажению штатного характера траектории перемещений щупа с иглой, что стало негативно отражаться на качестве электрического контроля. Установки переставали выдавать надежные результаты работы.

Необходимо было решение, которое вернуло бы возможность успешного использования установок в процессе изготовления ПП.

В поисках решения

В поисках решения первое, что мы делали — просто заклеивали трещину стеклотекстолитовой пластинкой для восстановления целостности параллелограмма (рис. 6).

Это решение было первым и самым простым. Но, как показало время, не самым правильным. На первый взгляд проблема устранилась. Однако в ходе дальнейшей работы

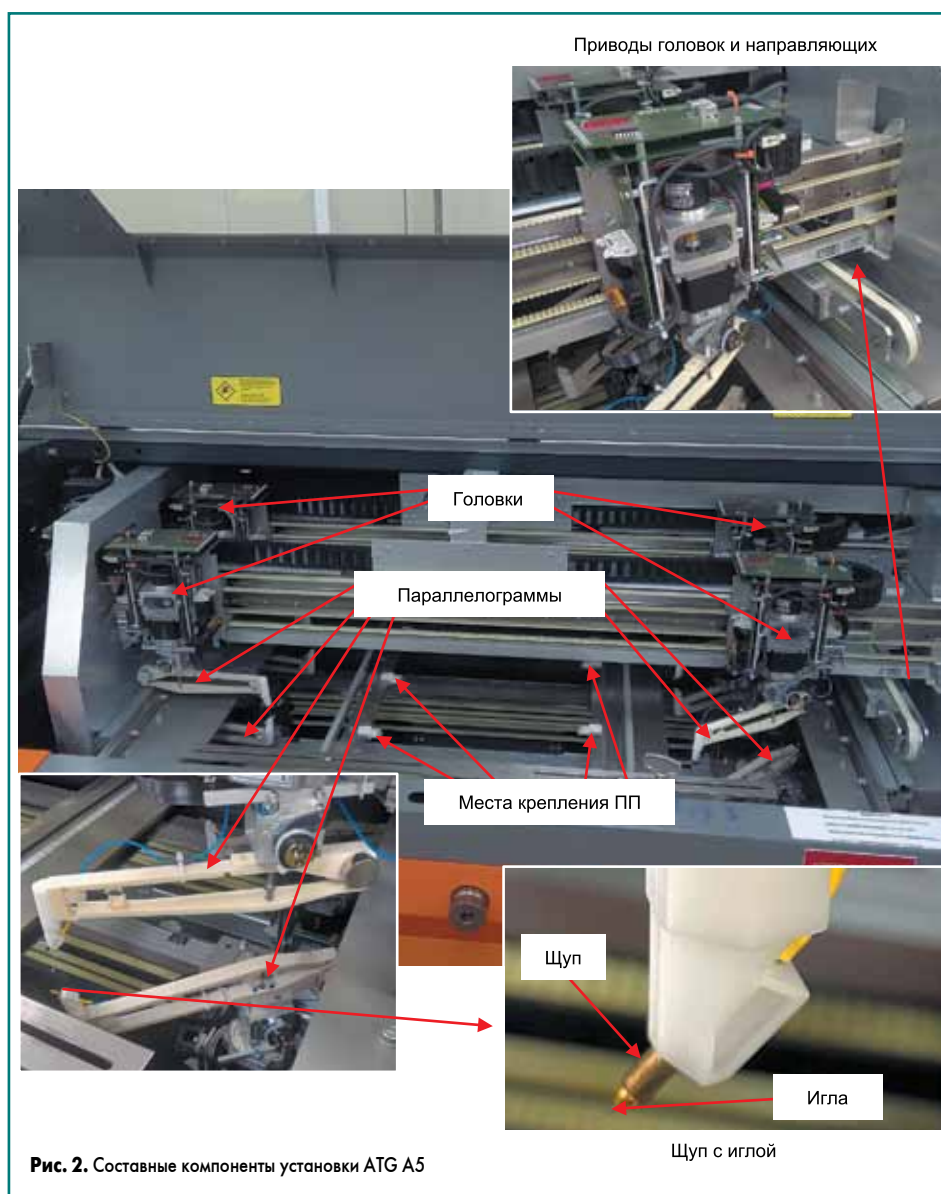


Рис. 2. Составные компоненты установки ATG A5

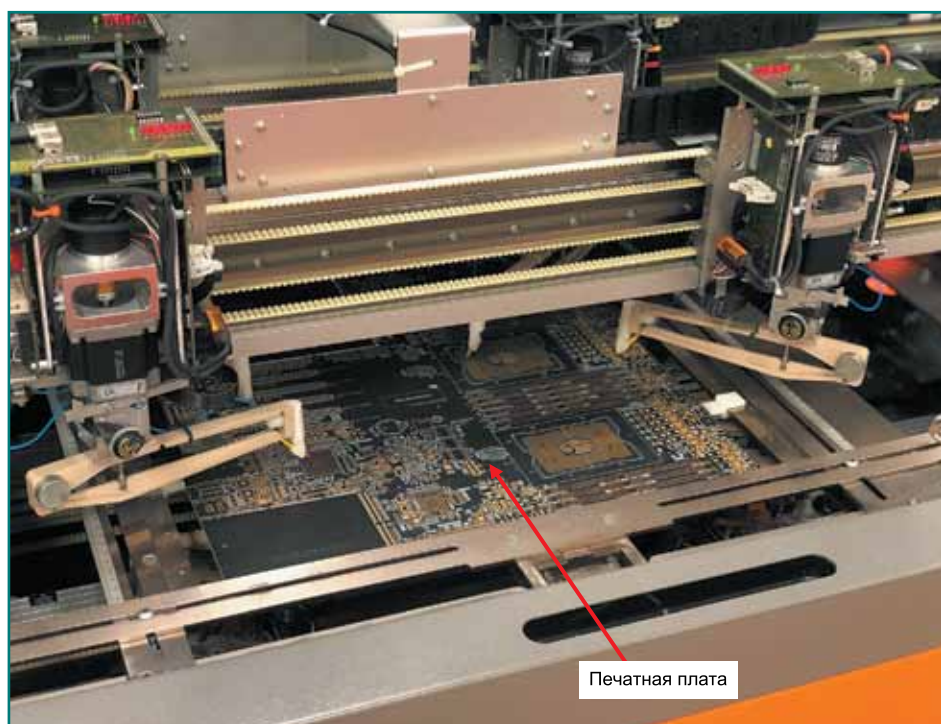


Рис. 3. ATG A5 в процессе функционирования

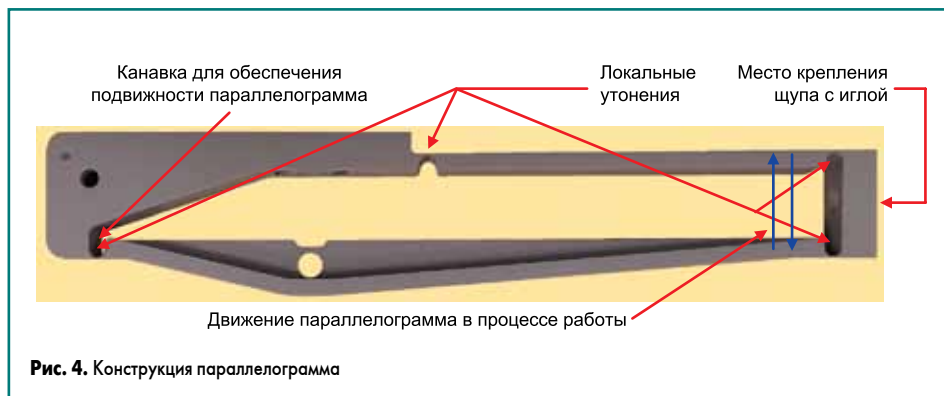


Рис. 4. Конструкция параллелограмма

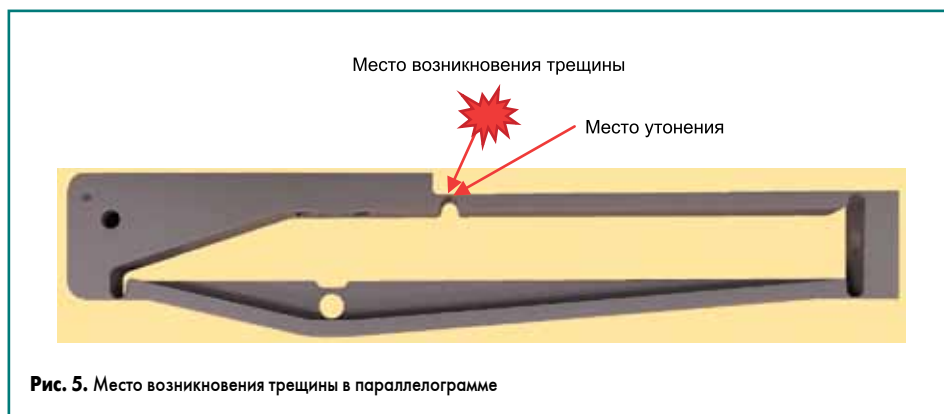


Рис. 5. Место возникновения трещины в параллелограмме

мы сталкивались с резким ростом уровня вибрации при работе щупа, что вынуждало нас снижать скорость проверки. Судя по всему, причина повышенной вибрации заключалась в том, что клеевое соединение, полученное с использованием пластинки, не было жестким по конструкции и место возникновения трещины становилось точкой концентрации трех источников вибрации: двух концов параллелограмма и самой пластинки. В условиях быстрых малоамплитудных вибраций параллелограмма в целом к ним добавлялись вибрации в месте трещины. Суперпозиция всех трех виброполей приводила к резкому росту вибрации на щупах.

Несмотря на то что мы получали решение проблемы и восстанавливали возможность работы на установке, снижение производительности контроля нас никак не устраивало. Нужно было решение, которое обеспечивало бы полноценное, бескомпромиссное возобновление реализации технологического процесса.

Вторым очевидным вариантом решения проблемы могло бы стать обращение к поставщику установок для замены выходящих из строя параллелограммов оригинальными деталями. Но это решение оказалось сомнительным: Германия, страна происхождения установок, входит в состав стран, не дружественных России, что, соответственно, исключает поставки и оборудования, и запасных частей к нему. А с учетом года выпуска установок (2007 г.), вряд ли какие-либо запчасти могли бы остаться на складах и российских, и западных дилеров и дистрибьюторов оборудования данной марки.

Решение найдено

В конечном итоге мы выбрали третий путь и воспользовались методами обратного (реверс-) инжиниринга. Сняли размеры с параллелограмма, разработали конструкторскую документацию и из акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-пластика), с помощью

3D-печати своими силами изготовили новый параллелограмм, который тут же смонтировали в установку (рис. 7). При этом мы доработали конструкцию параллелограмма в направлении обеспечения универсальности детали и обеспечили возможность устанавливать полученные образцы как слева, так и справа от рабочей зоны. Кроме того, в разработанном нами прототипе, в качестве модернизации, мы реализовали возможность управления упругими свойствами параллелограмма для минимизации дрожания щупа и, как следствие, для успешного выполнения тонкой настройки устойчивости следящего привода системы (более точная и устойчивая обратная связь). Эта возможность реализована в виде дополнительных радиусных приливов на внутренних поверхностях параллелограмма, в которые вставляется упругий элемент (демпфер) (рис. 8). Подбором упругого элемента с необходимыми свойствами можно регулировать жесткость параллелограмма. Данный подход обеспечивает самоадаптацию параллелограмма к динамике вибраций, смягчение характера вибраций параллелограмма, позволяет уравнивать его геометрические размеры и коэффициент заполнения сплошного тела при его изготовлении и расширяет возможности применения более широкого спектра материалов для его печати.

Демпфер также выступит в роли компенсирующего звена в случае возникновения трещины в каком-либо из утонений параллелограмма и обеспечит стабильность упругих свойств параллелограмма до момента его замены.

В качестве демпфера могут выступать вспомогательные, имеющиеся на любом производстве, материалы: отрезки кембриков ПВХ, предварительно согнутые полоски пластика — словом, любые упругие полимерные элементы с формой пустотелого цилиндра.

В конечном итоге после проведенных исследований мы получили параллелограмм, который в отличие от оригинала имеет следующие ключевые свойства:

- ориентационная независимость;
- управляемая жесткость;
- самоадаптация к динамике вибраций;
- широкие возможности выбора материалов для изготовления;
- простота изготовления;
- возможность изготовления собственными силами.



Рис. 6. Первая попытка решения проблемы

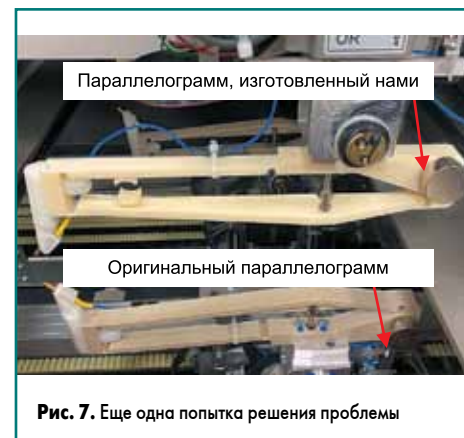
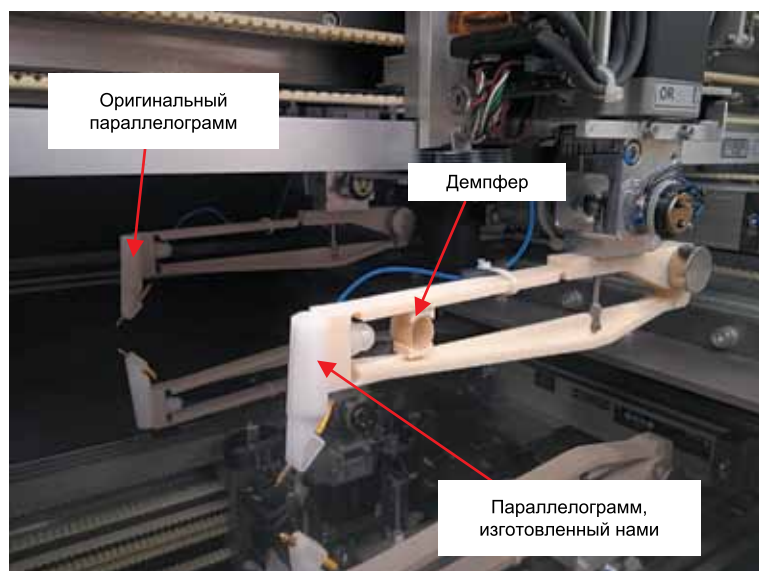


Рис. 7. Еще одна попытка решения проблемы



Радиусные приливы

Демпфер – ключевой элемент механизма регулирования упругости параллелограмма

Рис. 8. Механизм регулирования упругости параллелограмма

Параллелограмм с установленным щупом и иглой был успешно смонтирован на место прежнего. После включения установки мы увидели совершенно иную картину процесса: параллелограмм идеально вошел в работу установки, без вибраций и без каких-либо других негативных явлений. Решение было найдено. Именно этот вариант позволил нам в полной мере возобновить технологический процесс.

Сегодня полученный нами результат реверс-инжиниринга уже в течение двух месяцев проходит успешные испытания на нашем производстве при интенсивной эксплуатации. Главным критерием жизнеспособности изделия является долговечность пластика, то есть

способность противостоять знакопеременным нагрузкам в критических местах утонения тела параллелограмма. По окончании тестового периода имеющийся прототип получит статус промышленного образца и станет штатной запасной частью для наших установок электрического контроля.

Мы пока не знаем, сколько прослужит изготовленный нами параллелограмм и сможет ли он по ресурсу конкурировать с оригинальными аналогами, но мы точно знаем, что если что-то будет случаться с параллелограммами, то мы всегда сможем самостоятельно и в кратчайшие сроки решать эту проблему тиражированием новых деталей на замену.

ООО НТФ «Техно-Альянс Электроникс»
ТЕРМОПРО
termopro.ru
termopro-shop.ru
ta@termopro.ru
+7 (499) 782-95-26

**Максимальный
размер чипа:
80x80 мм**

НОВИНКА
Инфракрасная паяльная станция
ИК-650 МЕГА

**ПАЙКА И РЕМОНТ
самых
крупно-
габаритных
ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ**

Двухзонная нагревательная поверхность 540 x 365 мм

**СДЕЛАНО
В РОССИИ**

**Мощность
до 6 000 Вт**

**Максимальный размер
платы: 610 x 420 мм**

**Отремонтирует
огромные платы**

Реклама

Реклама

Паяльные пасты и материалы «ВИНСОЛДЕР»



ВинСолдер

Николай Павлов

pavlov_nikolay@inbox.ru

Согласно статистике, более 60% дефектов паяных соединений закладывается на этапе нанесения паяльной пасты. И если в современных политических условиях наша промышленность справляется с дефицитом ЭКБ и находит пути ее получения, то с технологическими материалами, а особенно с паяльной пастой, ситуация значительно сложнее.

К сожалению, отсутствие возможности вне-санкционного приобретения материалов известных марок, к примеру KOKI, Indium и других, вынудила искать пути параллельного импорта. Возникли организационные проблемы в части возможности оформления договоров, перевода оплаты, логистических вопросов с таможней и доставкой в принципе. Наряду с ними появилась техническая проблема в обеспечении условий при транспортировке — современная паяльная паста требует низкотемпературной транспортировки и хранения. Несоблюдение таких норм может приводить к тому, что после вскрытия паяльная паста будет выглядеть, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Паяльная паста, у которой были нарушены режимы хранения и транспортировки

Критичными становятся техники соблюдения требований транспортировки и хранения паяльных материалов именно на отрезке изготовитель — склад поставщика в РФ. И каким бы оснащенным ни был складской комплекс на нашей территории, он не способен компенсировать те неопределенности, что возникли в дороге.

Все вышеописанные проблемы стали головной болью как потребителей в промышленности, так и поставщиков, у которых пропала возможность гарантировать высокое качество товара иностранного производства. И решение данной проблемы можно найти, придерживаясь одного из следующих направлений:

1. Производство материалов на территории РФ. Самый, казалось бы, логичный путь, но 30 лет рыночной экономики привели к тому, что отечественная химическая промышленность, а особенно ее часть, относящаяся к электронике и микроэлектронике, существовать перестала. Найти свой порошковый припой и флюс — не решаемая задача. Закупаются готовые составные части иностранного производства, а здесь только смешиваются на иностранном оборудовании. Очевидным преимуществом такого подхода является контроль данного процесса и получаемых параметров, сроков годности материалов.
2. Понимая потребности промышленности, следует обратиться за изготовлением на фабрики и заводы сопредельных дружественных государств, обеспечив приемлемый уровень сопровождения и контроля работ. Наиболее очевидным кооператором в такой схеме выступает КНР, имеющая необходимый уровень технических знаний, оборудования и доступных материалов.
3. Попытаться своими силами и средствами создавать с нуля материалы в РФ — самим готовить припой и создавать из них порошки, искать и очищать составляющие флюсов, проводить смешивание и делать многое другое. Честь и хвала, но путь этот долог и тернист, и искренне хочется пожелать удачи, рискуя пойти таким путем.



Рис. 2. Оборудование для подготовки металлического порошка из припоя



Рис. 3. Контрольно-измерительное оборудование для контроля качества получаемых материалов

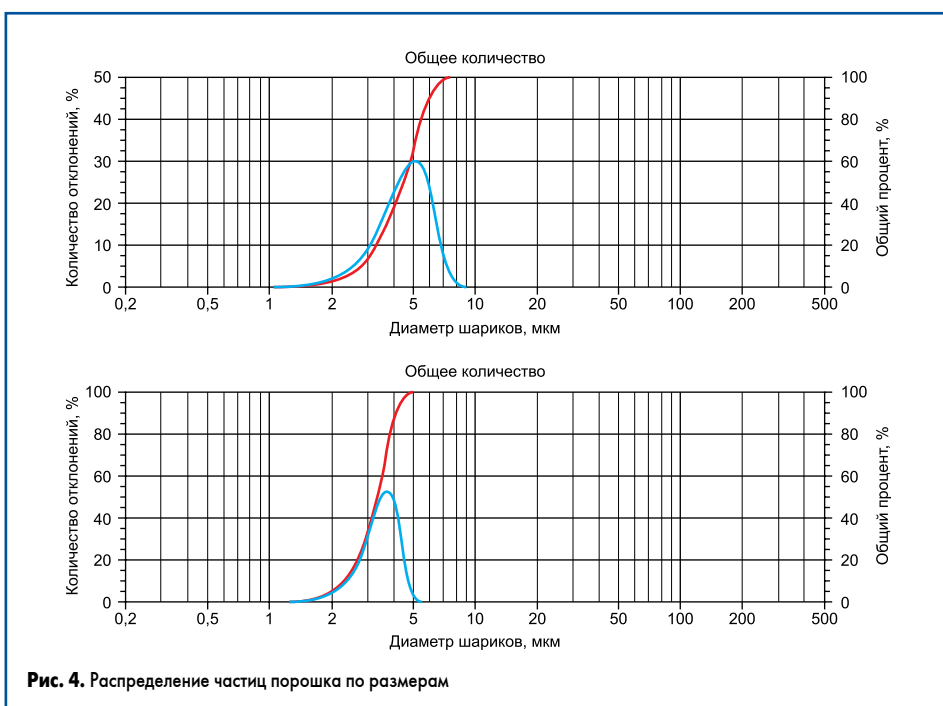


Рис. 4. Распределение частиц порошка по размерам

4. Ну и конечно, пытаться с помощью параллельного импорта или других способов достать понравившиеся материалы, на которых уже отработаны процессы. Риски что тут возникают, описаны в начале статьи, хотя и не в полном объеме.

Все пути, как видно, имеют свои преимущества и недостатки, в каждом конкретном случае производителю аппаратуры любого уровня (потребителю материалов) стоит самому решать, какой путь наиболее подходящий, учитывая все возможные риски.

Для полноценного анализа ситуации нужно помнить, что любой паяльный материал содержит две основные составляющие — металлическую и флюсовую. Металлическое наполнение четко определено в процентном составе пасты и остается в паяном соединении по окончании процесса. Соотношение металлов и даже проценты возможных примесей открыто декларируются. Флюсовая же составляющая, определяющая моменты активации поверхностей и сам процесс пайки, в большинстве случаев является ноу-хау, и известен лишь ее общий весовой/удельный процент в объеме пасты. Именно поэтому технологами ведется отработка на конкретных видах и марках пасты и в КД вносится полное наименование материала.

В качестве иллюстрации приведем пример одного из производств, реализованного по схеме, когда под заказ готовятся все материалы на территории дружественного сопредельного государства — КНР. С 2015 года компания «ВИНТЕХ» специализируется на изготовлении и продаже паяльных материалов. Создано подразделение на территории Китая, которое сопровождает производство материалов по заказам (рис. 2) и контролирует качество полученного вещества (рис. 3).

Линии производства разделены на работающие со свинцовосодержащими материалами и бессвинцовыми. При наличии требований возможно изготовление материалов с сертификатом соответствия ROHS/REACH.

Контроль проводится в том числе на базе заводов-изготовителей. В качестве контрольно-измерительного оборудования применяются спектральные оптические анализаторы (европейского производства), проводящие анализ сплавов каждой партии запуска материала с точностью определения примесей в одну миллионную часть. Такой подход позволяет получать пасты, типы и диаметры частиц припоя которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Типы паст с указанием размеров частиц и примесей

Тип пасты	Размер частиц, мкм	Содержание кислорода, ppm
3	25–45	110
4	23–38	120
5	15–25	150
6	5–15	180
7	2–11	600
8	2–8	800
9	1–5	1000
10	1–3	1500



Рис. 5. Распределение частиц порошка по размерам (частиц неправильной формы <6% по весу)

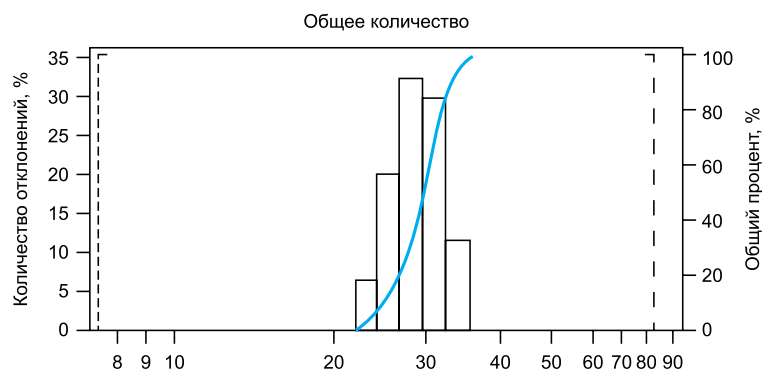


Таблица 2. Типы паст с указанием размеров частиц и примесей

Состав пасты	Температура плавления, °C	Тип частиц	Тип флюса	Упаковка
Оловянно-свинцовые пасты				
Sn50Pb50	+200	№ 3 № 4	ROLO RA ROL1	банка 500 г шприц 100 г картридж 600 г
SN62Pb36,1Ag1,9	+179			
Sn62,8Pb36,8Ag0,4	+183			
Sn63Pb37	+183			
Sn60Pb40	+191			
Sn55Pb45	+183...+226			
Sn95Pb5	+250			
Бессвинцовые пасты				
Sn42Bi58	+138	№ 3 № 4 № 5	ROLO RA ROL1	банка 500 г шприц 100 г картридж 600 г
Sn99Ag0,3Cu0,7	+217			
An96,5Ag3,0Cu0,5	+217			
Sn42Bi57Ag1	+139	№ 3		
Sn64Bi35Ag1	+178	№ 4		

Примечание. Классификация флюсов по типам приведена по стандарту IPC/ANSI-J-STD-004.

Сопровождение разработки, изготовления, контроля и даже реализации материалов подобного класса невозможно без коллектива технически грамотных специалистов, понимающих потребности промышленности.

При этом надо четко представлять, что только применение повторяемого серийного процесса приготовления составляющих и материалов может позволить достигнуть воспроизводимого повторяемого качественного результата, приведенного на рис. 4 и 5.

Контроль и сопровождение приготовления материала от этапа рецептуры до фасовки и упаковки позволяет гарантировать качество для потребителя и широкий ассортимент материалов. Но самое главное в том, что такой материал обладает широким спектром требуемых технологических и надежно-прочностных характеристик, а именно:

- материал обладает высокой повторяемостью размеров частиц металла, находящихся в пасте, что гарантирует повторяемость и высокое качество отпечатков пасты при трафаретной печати;
- у материала долгий срок жизни (не менее 10 ч);
- высокие результаты визуальной и рентгенографической оценки качества пайки;
- высокое качество и прочность паяных соединений;
- малые флюсовые остатки, легко удаляющиеся различными методами промывки;
- большое технологическое окно для построения процесса пайки.

Именно таким высоким заявленным характеристикам соответствует серия паст линии паяльных материалов «ВИНСОЛДЕР» от ООО «ВИНТЕХ». На сегодня уже доступны варианты паяльных паст, приведенные в таблице 2.

Коллектив ООО «ВИНТЕХ» всегда рад продемонстрировать материалы собственной разработки, предоставить опытные образцы для проведения отработки и, конечно, стать надежным поставщиком паяльных материалов для предприятий-потребителей. Также представляют интерес совместные работы по созданию и изготовлению материалов под оригинальные требования заказчика.

Рис. 6. Паяльная паста и материалы «ВИНСОЛДЕР»



Пайка печатных плат: идеал достижим!

Идеальная пайка печатной платы — это очень простое, но одновременно и очень редко встречающееся явление. Чем можно объяснить данное противоречие?

Если идеальная пайка — это легко, то откуда столько доработок и переделок?

Ответ, конечно же, заключается в том, что это просто, но только если знать как, а также учесть, что большая часть рекомендаций «экспертов по пайке» — ошибочна. Выполнение правил монтажа, соответствующих «отраслевым стандартам», гарантирует отказы и высокие затраты.

Джим Смит (Jim Smith)

**Перевод:
Сергей Шихов**

sergey@acon.ru

Удивительно, но мало кто знает, как выполнить надежную пайку, хотя она является основным процессом в сборке печатной платы. Вместо умения паять часто приобретается прекрасный навык сокрытия дефектов, но это совершенно другая и не самая полезная способность. А визуально приемлемые соединения не всегда надежны.

Огромное количество времени и денег, которые индустрия сборки электроники выделяет на обучение и сертификацию специалистов, по большей части пустая трата ресурсов. Никто никогда не научился идеальной пайке, посетив тренинг по «отраслевым стандартам».

В этой статье я объясню, почему надежность пайки печатных плат настолько удручающая и какие меры необходимо предпринять для исправления ситуации.

Почему зачастую не получается идеальная пайка печатной платы

Проблема вот в чем: при обучении, как правило, основное внимание уделяется достижению нужного внешнего вида пайки, а не получению качественного соединения. Но «приемлемый» внешний вид вовсе

не гарантирует хорошее качество и отсутствие ошибок. Именно то, как было выполнено соединение, определяет, надежно ли оно и не нанесен ли неисправимый ущерб припаянному электронному компоненту (ЭК).

При чрезмерной температуре и длительном времени нагрева паяльника припой будет прилипать и к окисям, и к загрязнениям. Визуально результат такой пайки выглядит вполне нормально, хотя на деле в соединении, скорее всего, отсутствует интерметаллическая связь, а перегрев разрушил или изменил связи внутри компонента. Это ведет к нарушениям электрических характеристик и сокращению срока службы компонента. Всего несколько секунд неправильного применения паяльника уменьшает срок службы компонентов на годы! При этом соединение внешне соответствует требованиям, а внутреннее повреждение компонента зрительно не обнаруживается, а значит, нарушение технологии пайки никак не фиксируется, и сложившаяся плачевная ситуация продолжает повторяться из раза в раз.

Краткий исторический экскурс

Электроника не всегда состояла из полупроводниковых компонентов. Десятилетия назад, задолго до появления транзисторов и микропроцессоров, новейшим передовым достижением были вакуумные электронные лампы. Электрические соединения выполнялись припайванием проводов к клеммам гнезд, в которые вставлялись лампы. Некоторые разъемы и провода были довольно массивными и могли поглощать большое количество тепла.

Не очень эффективные паяльники превращали электричество в тепло кое-как. Поэтому главной сложностью во время пайки было предотвращение застывания припоя до того, как он затечет туда, куда требуется. Методы, разработанные специально для решения этой задачи, позволяли максимизировать количество применяемого тепла. Защита ламп от нагрева не требовалась, они вставлялись в гнезда только после окончания пайки и никогда не подвергались нагреву от паяльника.

Появление полупроводниковых компонентов изменило этот подход. Припой теперь наносился непосредственно на компонент, а не на провод или клем-



Пайка печатной платы

му разъема. Компоненты стали подвергаться нагреву при пайке, и это оказало существенное влияние на их надежность: перегрев ухудшал электрические характеристики.

Для того чтобы предотвратить повреждение при нагреве во время пайки, к выводам рядом с корпусом компонента можно было прикреплять металлические зажимы. Тепло паяльника поглощалось и рассеивалось зажимами прежде, чем достигнуть корпуса компонента. Зажимы назывались радиаторами (heat sink) и обеспечивали уверенную защиту от перегрева.

С момента появления твердотельной электроники каждая рабочая инструкция включала в себя требование использовать радиаторы (например, «Требования к пайке электронных сборок IPC J-STD-001G», раздел 4.6).

Но радиаторы сейчас никто не использует! Как это реализовать на практике? Выводы, если они вообще есть, слишком малы. Места для крепления радиатора нет. Но все учебные программы продолжают учить студентов цеплять зажимы, как в 1960 году.

Оплавление — не пайка

Дальше больше. В те годы, когда разрабатывались процедуры пайки, почти все выводы компонентов имели оловянное или оловянно-свинцовое покрытие. Эти поверхности оплавливались во время «пайки», и расплавленный припой просто стекал и смешивался с расплавленным металлом на поверхности, к которой пайка осуществлялась. Оксиды, будучи легче чистого металла, всплывали на поверхность жидких металлов, где контактировали с флюсом (который тоже легче металла) и удалялись.

Создание соединений путем смешивания расплавленных металлов довольно простой процесс, но это не пайка. Часто и более правильно использовался термин «оплавление» (reflowing).

Пайка же (или спаивание) — это процесс создания интерметаллической связи с металлическими поверхностями, которые не плавятся. Они не «оплавляются», не меняют свое агрегатное состояние. И это требует дополнительных этапов обработки, ненужных при смешивании расплавленных металлов. К сожалению, термин «оплавление» продолжает широко использоваться, хотя он уже не описывает происходящий процесс.

Разница между спаиванием и оплавлением (смешиванием расплавленных металлов) стала еще более актуальной, когда Европа запретила использовать в электронике свинец. Переход к миру без свинца привел к появлению новых сплавов для припоев, которые не привнесли в процесс никаких серьезных проблем, за исключением нескольких странностей.

При правильном контроле бессвинцовый припой работает достаточно хорошо, но он существенно менее терпим к дефектам, чем традиционный сплав олова и свинца. А поскольку процесс пайки печатных плат в большинстве компаний и так был дефектным, то переход на новые сплавы сопровождался трудностями, которые ошибочно приписывались припою, а не процессу.

Более серьезная проблема коснулась металлизации. Свинцово-оловянное покрытие

больше не применялось. Но оставшееся доступным оловянное покрытие оказалось плохим вариантом из-за высокого риска появления такого дефекта, как оловянные усы. В итоге выводы все большего количества компонентов (особенно многовыводных деталей для поверхностного монтажа) не оплавливались при температурах пайки. То есть их нужно было не оплавливать, а паять. Но принятые в отрасли методики часто включают процедуры, которые работают только при оплавлении. В итоге наиболее распространенные программы обучения и сертификация по ним просто гарантируют дефекты и сбои.

Пайка — это простая наука. Если ей заниматься, конечно...

На практике пайка — это наука, преимущественно химия и металлургия. Люди, которые составляли стандарты и рекомендации методов пайки, не смотрели на нее таким образом. Они действовали эмпирически, не понимая очевидного: в фундаменте правил должны лежать научные знания.

Они получали результат, который, казалось, выглядел правильным, и закрепляли эпизодические наблюдения в виде обязательных правил. Но если мы хотим, чтобы продукт работал, а производство было рентабельным, текущую ситуацию нужно менять.

Интересно, что надежность электронного изделия обратно пропорциональна сложности технологического процесса (объему переработки). Самая надежная продукция производится наиболее технологично (с наименьшим требуемым количеством операций и, соответственно, затрат). Худшее, что есть в нашей отрасли, — это чрезмерные затраты и слишком много отказов компонентов.

Использование флюса

Выше я сказал, что идеальная пайка — это просто. Но простота не означает, что достаточно наляпать расплавленный металл на детали и ожидать, что все получится хорошо. Для успешной пайки необходимы знания и дисциплина. И начинать следует с такого параметра, как паяемость.

Как уже говорилось, до недавнего времени большинство выводов компонентов покрывались оловом или оловом/свинцом. Пайка — это процесс создания интерметаллических связей с металлическими поверхностями, которые не плавятся во время нанесения единичного материала (припоя). Однако олово и олово/свинец плавятся при температурах пайки печатных плат, а припой просто смешивается с расплавленным покрытием. Это не «пайка», а «оплавление», более простой по сравнению с настоящей пайкой процесс.

Почему оплавление — это просто

При оплавлении нет необходимости удалять оксиды перед нанесением припоя: оксиды, будучи легче чистого металла, плавают на смеси жидкого металла покрытия и жидкого припоя.

Флюс также более легкий, чем жидкий металл. Он плавает на расплавленном металле, может легко контактировать с оксидами и разрушать их. При оплавлении флюс для пайки просто делает окончательное соединение блестящим и эстетически приятным.

Большинство устойчивых представлений о пайке зародилось в эпоху оплавления. Одно из таких убеждений, имеющее сегодня катастрофические последствия, гласит, что при ручной пайке не нужно использовать жидкий флюс. Считается, что флюса, содержащегося в проволочном припое, достаточно для выполнения работы. Хотя это может быть справедливо для **оплавления**, надежда исключительно на флюс в припое приводит к неполному смачиванию во время **пайки**.

Каковы основные дефекты пайки печатных плат?

Запрет на использование свинца в электронике коренным образом изменил нашу отрасль. Смесь олова и свинца больше не используется, а чистое олово применяется все реже из-за риска возникновения такого дефекта, как оловянные усы, что справедливо для многовыводных компонентов поверхностного монтажа, например, для микросхем.

Поверхности выводов новых компонентов не оловянные и не оловянно-свинцовые. Это металлы с более высокими температурами плавления, которые не оплавливаются при нанесении припоя. Другими словами, это металлы, которые паяются, а не оплавливаются. И перед нанесением припоя поверхности должны быть тщательно очищены. Этого не произойдет, если флюс содержится в проволочном припое, так как флюс в припое не может быть высвобожден, пока припой не расплавится. Расплавленный припой образует барьер между флюсом и поверхностью металла, препятствуя полному удалению окислов и вызывая неполное смачивание.

Решение: жидкий флюс

Единственный способ гарантировать, что флюс достигнет поверхностных оксидов до того, как припой расплавится, — сначала нанести жидкий флюс. И требуется нечто большее, чем просто незначительное количество флюса. Флюсовая кислота (часть, которая удаляет оксиды) нейтрализуется во время химической реакции раскисления. Следовые количества флюса будут нейтрализованы до того, как поверхность будет полностью дезоксидирована. В пайке флюс — это больше, чем наш помощник — он крайне необходим. Тем не менее отраслевые «эксперты» очень часто дают рекомендации не использовать жидкий флюс.

Контроль нагрева

Основные правила пайки — методы, которые в большинстве случаев используются и сегодня, — появились около 70 лет назад. Как уже было отмечено, в то время самые передовые электронные компоненты состояли

из вакуумных ламп, а вся пайка выполнялась вручную и заключалась в соединении проводов с наконечниками на гнездах, в которые затем вставлялись лампы.

Провода и наконечники вакуумных ламп сложно повредить в результате перегрева, а чувствительные компоненты — радиолампы — нагреву не подвергались. Но не все было так просто: некоторые провода и наконечники имели довольно большой размер, а паяльники не очень эффективно превращали электричество в тепло. В такой ситуации ключевой задачей при пайке было поддержание температуры на достаточном уровне, чтобы припой хорошо плавился и растекался. Необходимо было предотвращать преждевременное застывание припоя, поэтому при обучении особое внимание уделяли тому, что перед нанесением припоя детали должны быть очень, очень горячими. Именно тогда возник термин «холодная пайка» (cold solder), и был он более чем уместен.

В современной электронике холодная пайка практически не встречается, но ее часто ошибочно вспоминают при «постановке диагноза» в случае проблем со смачиванием.

Радиаторы

С появлением твердотельных компонентов (в начале — резисторов и конденсаторов) активные элементы схемы также стали подвергаться воздействию тепла паяльника. И это вызвало эпидемию дефектов и отказов компонентов, прежде чем удалось выявить причину данного явления, которая заключалась в термочувствительности новых деталей.

Решением, как я уже сказал, стало использование металлических зажимов, радиаторов, которые защищали компоненты. Зажимы крепились к выводам около корпуса компонента. Тепло текло от паяльника к телу компонента, но на пути поглощалось радиатором. Отказы компонентов резко сократились.

Надежность также повысилась за счет автоматической пайки, которая в то время осуществлялась исключительно пайкой волной припоя. При использовании этой технологии компоненты подвергаются значительно более низким пиковым температурам. То же относится и к появившемуся позже поверхностному монтажу (пайке оплавлением). Таким образом, сегодня тепловые повреждения компонентов и соединений — это в первую очередь проблема ручной пайки.

Пайка мелких компонентов

Радиаторы обеспечивают отличную защиту компонента от повреждения вследствие перегрева, но могут использоваться только с ЭК, имеющими выводы достаточно большого размера для размещения зажимов.

Выводы большинства компонентов для поверхностного монтажа не соответствуют этому условию, не говоря о том, что многие SMT-компоненты вообще не имеют отдельных выводов. Использование зажимов просто не практично на современном производстве. В общем-то, оно не является таковым уже лет 25.

И тем не менее в стандарте IPC J-STD-001G, которым руководствуются компании, выполняющие сборку электронных блоков, даны следующие рекомендации:

«4.6 Термическая защита.

При ручной пайке, лужении или доработке термочувствительного компонента необходимо принять защитные меры (D1D2D3) для минимизации нагрева компонента или предотвращения теплового удара, например, радиатор, термощунт, предварительный нагрев. Защита может быть обеспечена посредством контролируемого процесса нагрева».

Приведенная выше выдержка из стандарта — пример инерции в нашей отрасли: после внедрения технологии в практику изменения в документации происходят со скоростью улитки, если происходят вообще.

При этом несоответствие требованиям стандартов является дефектом для всех классов продукции. Поскольку у производителя нет ни малейшего представления о том, как удовлетворить этим требованиям, то выходит, что почти каждый завод выпускает дефектную продукцию, но, кажется, никого это не волнует.

Как я уже отмечал, тепловые повреждения компонентов визуально никак не обнаруживают себя, и поэтому в их отношении часто действует негласное правило «с глаз долой — из сердца вон». Но если мы возьмем электростатические повреждения, то увидим, что они также происходят внутри компонентов и заметны не более чем перегрев. Тем не менее ни одно солидное предприятие по производству электроники не станет рассматривать возможность работы без строгих мер по предотвращению электростатического разряда. Почему такая разница? Вероятно, причины этой ситуации лежат в финансовой сфере.

Для обеспечения антистатической защиты на производствах используются специализи-

рованные инструменты и одноразовые материалы, что требует огромных суммарных затрат на мировом уровне.

Большие затраты — это большие бюджеты, которые становятся доходами компаний, занимающихся изготовлением и поставкой продукции, необходимой для выполнения требований антистатической защиты. И благодаря рекламной работе этих компаний мы твердо знаем: статика представляет собой серьезную угрозу надежности. То же самое относится и к влажности.

А вот для предотвращения теплового повреждения не нужно дополнительно закупать специальные материалы. Нет больших бюджетов, нет массовой рекламы, а следовательно, и признание проблемы ограничено.

Да, возможно, я немного преувеличил игнорирование проблемы перегрева компонентов. Следует признать: некоторые производители настолько обеспокоены этим, что тратят довольно большие деньги на паяльники, которые поддерживают постоянную температуру. Некоторые компании даже заходят настолько далеко, что контролируют реальную температуру паяльников и, если возможно, проводят повторную калибровку, как только отклонение от выставленного значения начинает вызывать сомнения. Но нужно сказать, что все они тратят деньги впустую.

Паяльники с постоянной температурой причинят такой же вред, как и менее точные инструменты. Перегрев не определяется только температурой паяльника: загвоздка в том, что паяльник и припой используются вместе.

Институциональное безразличие

В 1980-х годах я провел несколько семинаров по пайке для инженеров на площадке Naval Weapons Center Soldering Standards (Центр стандартизации пайки военно-морского вооружения) в Чайна-Лейк, штат Калифорния.

Я спросил директора (легендарная фигура в области отраслевых стандартов, которая имела высшую власть над всеми требованиями Министерства обороны к пайке):

«Как вы предотвращаете перегрев?»

«Паяем быстро», — сказал он.

«А насколько быстро?» — спросил я. Он тут же заявил: «Три секунды». Меня удивило отсутствие научного обоснования в этом замечании. «Иногда трех секунд может быть достаточно», — согласился я. — Но разве иногда это не будет слишком долго, а иногда — недостаточно?»

На следующем занятии я продемонстрировал метод, который гарантирует, что температура компонента будет оставаться близкой к температуре плавления припоя.

«Я согласен, что то, что вы показываете, работает», — сказал мне директор. — И что, вы ожидаете, что я скажу Адмиралтейству, что мы делали это неправильно?» Я больше там не бывал. С тех пор прошло более 30 лет, но хранители стандартов продолжают продвигать ошибочные методы.

И именно нам, производителям, следует заявлять о необходимости внесения изменений в стандарты, чтобы выпускаемая продукция становилась более надежной!



Комментирует Сергей ШИХОВ, директор по управлению проектами, «А-КОНТРАКТ»:

Данная статья привлекла наше внимание некоторой провокационностью в подаче материала. Чувствуется душевная боль автора от того, что производственный персонал обучают пайке не так, как нужно. А также продвигают стандарты, несоответствующие текущей ситуации. И я могу его понять!

В наших российских реалиях с точки зрения стандартов, возможно, и нет таких жестко установленных требований к технологическому процессу (традиционно все требования довольно расплывчаты), но встречаются противоречия и формулировки, допускающие неоднозначную трактовку.

Очень жаль, что автор так и не раскрыл свой уникальный метод пайки, который продемонстрировал американскому адмиралу.

Отмывочные жидкости для ультразвуковой и струйной отмывки «ТМ-РемРад» и ТМС «ХимТехПром»: эффективное решение для промышленной очистки

В современном производстве, ремонте и обслуживании техники чистота деталей — не просто эстетическое требование, а залог надежности, долговечности и точности работы оборудования. Для удаления сложных загрязнений — стойких масел, консистентных смазок, нагара, технологических паст, металлической стружки, полировальных паст — традиционные методы часто оказываются недостаточными. На помощь приходят высокоэффективные технологии: ультразвуковая и струйная отмывка. Ключевым элементом их успешного применения являются специализированные моющие жидкости. В статье представлены отечественные профессиональные отмывочные жидкости «ТМ-РемРад» и «ХимТехПром».

Екатерина Чернышева

Требования к жидкостям для применения в УЗВ-и струйных системах

Ультразвуковой излучатель, расположенный с внешней стороны емкости ванны, генерирует высокочастотные звуковые волны, которые создают в жидкости микроскопические схлопывающиеся пузырьки (эффект кавитации). Эти пузырьки обладают огромной локальной энергией, которая буквально выбивает загрязнения с поверхности деталей, даже из микропор и глухих отверстий.

Для эффективной отмывки в ультразвуковых ваннах и комплексах отмывочная жидкость должна соответствовать ряду требований:

- низкое поверхностное натяжение — для лучшего проникновения в микрозазоры;
- высокая смачивающая способность — для эффективного «отрыва» загрязнений;
- стабильность к кавитации. Жидкость не должна быстро разлагаться или пениться под действием ультразвука.
- оптимальная вязкость, которая обеспечит эффективное распространение ультразвуковых волн;
- безопасность для материалов. Жидкость не должна повреждать очищаемые детали (металлы, пластмассы, резину и т.д.);
- моющая способность (способность эмульгировать масла, растворять консервационные смазки, отмывать нагар и др.);
- антикоррозионные свойства — защита деталей после очистки.

В системах струйной отмывки очистка деталей выполняется направленной струей моющего раствора под давлением. Этим обусловлены следующие требования к моющим жидкостям:

- низкое пенообразование. Пена мешает работе насосов и снижает эффективность струйного воздействия;
- стабильность при работе под давлением.

Кроме того, вне зависимости от технологии отмывки, моющая жидкость должна:

- обладать высокой моющей способностью, то есть быстро удалять сложные и застарелые загрязнения;
 - быть безопасной для оператора — иметь низкую токсичность, минимальное раздражающее действие;
 - быть биоразлагаемой и экологически безопасной.
- «ПРОТЕХ» предлагает серию продуктов, отвечающих всем перечисленным выше требованиям и учитывающих специфику как ультразвуковой, так и струйной очистки.



Рис. 1. Моющая жидкость «ТМ-РемРад» арт. щ-07-01



Рис. 2. Серия отмывочных жидкостей «ХимТехПром»

Линейка отмывочных жидкостей «ТМ-РемРад» и «ХимТехПром»

Для ультразвуковой очистки предлагается моющая жидкость «ТМ-РемРад» (арт. щ-07-01, рис. 1) производства ООО «АСАНА», а также серия отмывочных жидкостей «ХимТехПром» (рис. 2).

Данные моющие средства — концентраты, то есть они предназначены для разведения водой. Данные средства обладают высокой стабильностью к кавитации, отличной смачивающей способностью и эффективно удаляют широкий спектр загрязнений. Специализированные составы таких концентратов предназначены для очистки различных металлов, многих пластмасс и резин.

Так, «ТМ-РемРад» предусмотрен для очистки печатных плат. Он эффективно удаляет остатки канифольного флюса, паяльной пасты, трубчатого припоя, графитовые смазки, эксплуатационные загрязнения органического характера (маслогрязевые, нефтепродукты, пыль, сажу), шлифовальные, доводочные и полировальные пасты, СОЖ.

Средство представляет собой жидкость на водной основе с щелочным pH. Помимо моющего действия, жидкость обладает высоким ингибирующим эффектом (табл. 1). Подходит для воды различного уровня жесткости. Химический состав жидкости стабилен в разных средах (воде, воздухе), при разложении она не выделяет вредные вещества и является биоразлагаемой.

Технические жидкости «ХимТехПром» изготовлены ООО «ХимТех» и имеют несколько разновидностей в зависимости от типа загрязнения и отмываемого изделия (табл. 2).

Как и «ТМ-РемРад», средства данной линейки обладают высокой моющей способностью, эффективно очищают и обезжиривают металлические поверхности с различной степенью загрязненности, хорошо удаляют загрязнения комплексного характера, в том числе сажи, углеродистые, а также обеспечивают защиту обработанной поверх-

Таблица 1. Свойства моющего средства
для ультразвуковой отмывки «ТМ-РемРад» (арт. щ-07-01)

Состав	ПАВ, антиресорбент, смесь органических растворителей, ингибитор коррозии
Внешний вид	слабоокрашенная прозрачная жидкость
Плотность (при температуре +20 °С)	0,96 г/см ³
Уровень pH для 1%-ного раствора в дистиллированной воде (+20 °С)	11,5
Эффективная температура раствора	+20...+80 °С
Рекомендуемая концентрация моющего раствора	5–12%

Таблица 2. Отмывочные жидкости «ХимТехПром»

Наименование моющего средства	Характер загрязнений	Изделия и материалы
«ХимТехПРОМ-01»	паяльные материалы, флюсы, жирно-масляные загрязнения	печатные платы, электронные компоненты, кремневые пластины и др.
«ХимТехПРОМ-07»	жиро-масляные и эксплуатационные загрязнения	фильтры и насосы
«ХимТехПРОМ-18»	загрязнения от эксплуатации автотехники	форсунки, карбюраторы и др. металлические детали
«ХимТехПРОМ-21»	для особо сильных загрязнений	стекло, пластмассы, керамика, металлы

ности от коррозии. Жидкости «ХимТехПром» подходят для обработки черных и цветных металлов, в том числе алюминия. Стабильны при хранении, негорючи, взрыво- и пожаробезопасны.

Изготовитель ультразвукового оборудования «ХимСоник» — НПП «ПРОТОН» использует в комплексных проектах по отмывке именно жидкости «ТМ-РемРад» и «ХимТехПром» и подтверждает эффективность их применения.

Жидкость «ТМ-РемРад» для систем струйной отмывки

Это разновидность моющего средства «ТМ-РемРад» (арт. щ-07-01/1), которое разработано специально для применения в струйных системах отмывки. Средство низкопенное, что позволяет эффективно использовать его в установках струйной отмывки.

Жидкость показала свою эффективность в проектах по отмывке, которые реализовывались с применением технологии «струи в воздухе» и «струи в вакууме» в отечественной установке струйной отмывки УСОТП-1.

Как и «ТМ-РемРад» для ультразвука, данная жидкость является концентратом, разбавляется примерно 1:10 и в целом обладает всеми свойствами средства для ультразвукового отмывочного оборудования (табл. 1). Единственным отличием является низкое пенообразование, что позволяет не мешать работе насосов и эффективно распылять моющий раствор с помощью форсунок.

«ТМ-РемРад» для струйной отмывки подходит для широкого диапазона загрязнений и материалов, в том числе для печатных узлов.

Таким образом, «ТМ-РемРад» является мощным очистителем и обезжиривателем с низкопенной формулой и биоразлагаемым составом. Отдельно стоит отметить, что максимальный эффект достигается при нагреве раствора.

В случае затруднений при выборе моющей жидкости специалисты компании «ПРОТЕХ» помогут подобрать оптимальный вариант, исходя из конкретной ситуации. Наличие собственного производства ультразвукового и струйного оборудования позволяет компании тестировать различные варианты отмывки с применением моющих средств. В «ПРОТЕХ» накоплен солидный опыт отмывки различных, в том числе высокотехнологичных изделий.

Рекомендации по выбору и использованию моющего средства

Итак, как же получить наилучший результат отмывки в ультразвуковом и струйном оборудовании?

1. Проанализируйте характер загрязнения (масло, смазка, нагар, флюс и т. д.).
2. Убедитесь, что выбранная жидкость совместима с материалами изделия: металлами, пластиками, резиной и др., присутствующими на детали.
3. Подбирайте жидкости, рекомендованные для УЗВ-или струйной отмывки, учитывая требования к пенообразованию и стабильности.
4. Следите за концентрацией средства в моющем растворе, придерживаясь рекомендаций производителя. Недостаточная концентрация снизит эффективность, избыточная — окажется неэкономичной или даже агрессивной.
5. Подогрейте моющую жидкость. Как правило, повышение температуры рабочего раствора в пределах рекомендованного производителем диапазона значительно увеличивает моющую способность.
6. Следите за сроком эксплуатации рабочего раствора. При сильном загрязнении, снижении эффективности или появлении запаха его необходимо заменить.
7. Всегда используйте средства индивидуальной защиты (перчатки, очки) при работе с концентратами! Соблюдайте правила утилизации отработанных растворов.

Заключение

Отмывочные жидкости «ТМ-РемРад» и «ХимТехПром» для ультразвуковых ванн и систем струйной отмывки — это профессиональный инструмент для достижения безупречной чистоты деталей в промышленности, автосервисе, ремонтных мастерских и лабораториях. Правильный выбор жидкости, соответствующей типу загрязнения, материалу детали и применяемому оборудованию, а также соблюдение технологии очистки гарантируют высочайшее качество результата, защиту дорогостоящих компонентов и повышение общей эффективности производственных или ремонтных процессов. Инвестиции в качественные моющие средства «ТМ-РемРад» и «ХимТехПром» — это инвестиции в надежность и долговечность вашего оборудования.

Росэлектроника приступила к серийному выпуску воспламенителей, предназначенных для использования в БПЛА

Изделия приводят в действие размыкатели удерживающих устройств при сбросе полезной нагрузки с беспилотника. Отечественная разработка позволит заменить иностранные аналоги.

Помимо БПЛА устройства, инициирующие воспламенение основного заряда, могут использоваться в космической технике — в устройствах коррекции орбиты — или в горнодобывающей отрасли для активации пиротехнических зарядов. Изделия обеспечивают мгновенный нагрев пиротехнического состава до очень высоких температур.

«В состав устройства входит специальная пленка с эффектом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, которая обеспечивает нагрев до свыше тысячи градусов Цельсия. Это значительно выше, чем у зарубежных аналогов. Воспламенители широко применяются в различных областях, например в микроспутниках — для электрической активации пиросостава, чтобы создать выброс энергетических газов в устройствах коррекции орбиты. В горнодобывающей промышленности — для приведения в действие пиротехнических зарядов во время добычи полезных ископаемых. Изделия также



находят применение в составе беспилотников. Здесь они отвечают за размыкание удерживающих устройств, благодаря чему осуществляется сброс полезной нагрузки», — рассказали в Ростехе.

В Вологодской области начинается строительство завода полного цикла по выпуску печатных плат

Первоначальные инвестиции в проект составят пять млрд руб.

Проект реализуют ООО «Луч» (новый резидент особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Вологодская») и ООО «Завод

Нартис», которые входят в АО «Национальная энергетическая компания» (НЭК).

Современное предприятие с полным производственным циклом сможет выпускать 10–15 тыс. м² печатных плат в месяц.

На новом заводе планируется выпуск плат четвертого класса (ГОСТ 53429-2009), которые применяются в высокопроизводительных вычислительных системах, серверном оборудовании, телекоммуникационной и медицинской аппаратуре и т. д.

Вода для отмывки печатных плат и как ее получать?

С развитием полупроводной и водной технологий отмывки все чаще возникает вопрос о том, какую воду можно использовать для отмывки и ополаскивания печатных плат.

Вероника Василькова

vasilkova@akva-kompozit.ru

Вода самый распространенный растворитель на Земле и, казалось бы, самый дешевый. С появлением водосмываемых материалов многие переходят на отмывку в воде, так как это гораздо приятнее для оператора, чем применение растворителей или омылителей. Использование чистой воды без добавок возможно только для водосмываемых флюсов. Но и в полупроводной отмывке, где вода нужна только для ополаскивания, она играет далеко не последнюю роль в создании «чистой» платы. Использование неправильно подготовленной воды может создать проблемы при отмывке [1].

Поскольку вода — хороший растворитель для солей и многих других веществ, то в нормальных условиях в ней всегда находятся растворенные примеси и нельзя сказать, что такая вода является чистой. В зависимости от региона состав растворенных в воде веществ (ионов) будет немного разный и качественно, и количественно. Один из важнейших и наиболее часто используемых критериев оценки качества и чистоты воды — это удельное сопротивление (или же обратная величина — удельная проводимость воды). Чем меньше в воде растворенных ионов, тем выше ее удельное сопротивление и ниже удельная проводимость и тем чище вода.

Основная задача отмывки и ополаскивания — это обеспечение ионной чистоты поверхности печатной платы, следовательно, необходимо применять воду с низким содержанием растворенных ионов (с высоким удельным сопротивлением).

Важным фактором при отмывке является не только начальная чистота воды, но и то, как долго она остается чистой. Для того чтобы качество воды не ухудшалось, во время очистки необходимо обеспечивать «проточность» или «оборачиваемость» воды.

Какая же вода бывает с точки зрения применимости к отмывке печатных плат. Водопроводная — вода без подготовки, вода, очищенная для питья, и вода деионизованная (очищенная для производств, в которых важна ионная чистота).

Водопроводная вода — самая распространенная и дешевая в получении. Несмотря на то что обеспечить ее проточность не составляет труда, ее чистота недостаточна. В зависимости от региона водопроводная вода обладает удельным сопротивлением 200–2000 мкСм/см, столь высокая величина проводимости говорит о высоком содержании ионов. В водопроводной воде действительно содержится

целый «букет» ионов — это в первую очередь соли жесткости (соли кальция и магния), ионы железа, хлорид-ионы, карбонаты, сульфаты, марганец и пр. При высоком содержании ионов, они могут «высаливаться» на плате, образуя белый налет. Также ионы (в основном карбонаты и сульфаты) могут взаимодействовать с остатками после пайки, образуя нерастворимые соединения. Использование водопроводной воды принесет только дополнительные загрязнения на плату, поэтому для отмывки и ополаскивания этот тип воды нежелателен.

Воду, очищенную с помощью бытовых фильтров, тоже нельзя считать чистой для отмывки и ополаскивания печатных плат, так как данный вид фильтров не обеспечивает чистоту воды, необходимую для нужд электроники.

Довольно чистой является **дистиллированная вода**. Ее получают путем перегонки на специальном аппарате, принцип работы которого заключается в нагревании воды с образованием пара и его последующим охлаждением. Этот пар, который конденсируется при охлаждении, называется дистиллятом. Также существуют бидистилляторы и даже тридистилляторы, которые гарантируют улучшенное очищение воды, поскольку перегонка выполняется дважды (или трижды). Параметры дистиллированной воды регламентируются ГОСТ Р 58144. Согласно ГОСТу, дистиллированная вода все так же содержит различные ионы, хотя и в меньшем количестве, чем водопроводная вода. Удельная электрическая проводимость дистиллированной воды не более $5,1 \times 10^{-4}$ См/м, следовательно, удельное сопротивление должно быть не менее 1,96 кОм·м [2]. Дистиллированную воду можно получить и с параметрами около 1 МОм·см, что достаточно для отмывки, но проблема заключается в невозможности поддерживать заданную чистоту воды. Поэтому дистиллированную воду можно использовать только для разведения концентратов отмывочных жидкостей.

Самая чистая вода — **деионизованная**. Значения удельного электрического сопротивления такой воды находятся в диапазоне 0,5–18,2 МОм·см [3, 4]. Получают деионизованную воду с помощью ионообменных смол или на системах с обратным осмосом с последующей доочисткой с помощью электродеионизации или тех же ионообменных смол. Получать воду с показателем 18,2 МОм·см, то есть самую чистую, очень и очень дорого. Для отмывки печат-

ных плат рекомендовано использовать воду с параметрами не менее 1 МОм·м [5]. Но помимо проблемы получения чистой воды, есть еще и другая проблема — поддержание заданной чистоты. Перефразируя Аристотеля можно сказать, что «природа не терпит пустоты и чистоты». Чем чище вода, тем быстрее она начинает вбирать в себя загрязнения, именно поэтому сроки хранения очень чистой воды даже в закрытой таре весьма короткие. Если налить деионизированную воду в ванну для отмывки печатных плат и оставить, то очень скоро вода перестанет быть чистой, так как постепенно будет «подсасывать» из воздуха загрязнения (в основном диоксид углерода). Если же мы помоем хотя бы одну плату в чистой, но стоячей воде, она сразу же перестанет быть чистой, ведь в ней растворятся загрязнения с платы. Следовательно, деионизованная вода для отмывки и ополаскивания печатных плат должна постоянно оборачиваться через очистную систему, чтобы поддерживать необходимый уровень чистоты.

С учетом всех требований к чистоте воды и качеству отмывки мы разработали оборудование для получения деионизированной воды — деионизатор «МегаОм» (рис. 1). Принцип работы — многократное прохождение воды через фильтры. Угольный фильтр задерживает органические загрязнения и крупные молекулы и ионы, а с помощью ионообменной смолы происходит обмен протонов (H^+) и гидроксильных ионов (OH^-) смолы на катионы и анионы, содержащиеся в растворе. Технологическая схема установки представлена на рис. 2. В результате получается вода с проводимостью меньше 0,1 мкСм/см. Производительность деионизатора по воде 40–60 л/мин, что позволяет обеспечить необходимый обмен и поддержание заданной чистоты воды. Производительность установки может быть скорректирована в соответствии с потребностями заказчика.

Одно из преимуществ деионизатора «МегаОм» — замкнутый цикл работы. Установка позволяет перейти на обратное использование промывочной воды и существенно снизить не только водопотребление (по сравнению с применением обратного осмоса, где чистой воды получается не более половины, а остаток сливается в дренаж), но и расходы.

Альтернативным этому оборудованию являются установки деионизации с помощью обратного осмоса с последующей доочисткой воды. Их преимущество состоит в отсутствии необходимости перезасыпать баллоны с углем и смолой, а главным недостатком остается высокое потребление воды, обусловленное тем, что из 1 л исходной воды удается получить не более 0,5 л деионизованной, которая к тому же не возвращается в оборот, а сливается в канализацию. Также важным недостатком обратного осмоса является зависимость комплектации установки от качества исходной воды.

В зависимости от нужд производства, деионизированная вода может потребоваться не только для использования в ваннах ополаскивания, но и для уже имеющегося отмывочного оборудования (в котором нет встроенного деионизатора). Установка «МегаОм» может подключаться к любому оборудованию. Деионизатор «МегаОм» не требует постоянного подключения к водопроводу и канализации, поэтому разместить оборудование можно в удобном месте на расстоянии не более 3–5 м от потребителя воды, также установка имеет компактные размеры и возможность их изменения по согласованию с заказчиком. Часто при выборе оборудования важным критерием является footprint (площадь, занимаемая оборудованием), по сравнению с системами обратного осмоса деионизатор «МегаОм» имеет площадь примерно в 10 раз меньшую, что становится большим преимуществом. Электропитание установки «МегаОм» осуществляется от стандартной сети 220-В, потребляемая мощность 1 кВт, требуется заземление.

Баллоны со смолой и углем, входящие в состав установки «МегаОм» — это расходный материал, требующий периодической замены. Сроки замены зависят от интенсивности использования установки и объема смываемых загрязнений. Поэтому рекомендуется ориентироваться не на цифру, а на параметры работы установки. Смена фильтрующих элементов необходима при наличии одного из критериев:

- установка перестает за 10 минут, в течение которых нет сброса грязной воды, выходить на заданную проводимость;
- упало давление в системе;
- фильтры используются больше года, даже если остальные критерии в норме.



Рис. 1. Общий вид деионизатора воды «МегаОм»

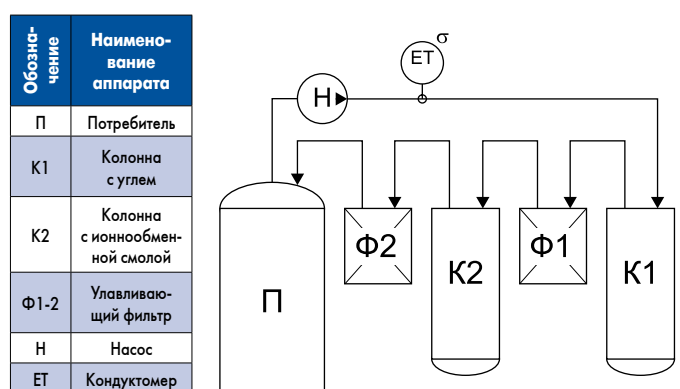


Рис. 2. Технологическая схема установки деионизации воды «МегаОм»

Когда выгодно выбирать обратный осмос, а когда деионизатор? Например, если у предприятия дешевая вода (собственная скважина), то, конечно, предпочтителен обратный осмос. Если же вода берется из городского водопровода и предприятие вынуждено платить за каждый использованный, а затем и слитый кубометр воды, то лучше использовать деионизатор. Второй случай, когда полезно выбирать обратный осмос, — использование в отмывке очень горячей воды (+55 °C и выше). В таком случае применение деионизатора технически нецелесообразно, поскольку для возврата воды в оборот ее надо охладить, а после деионизации снова нагреть.

Литература

- IPC CH-65B. Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies, 2011.
- ГОСТ Р 58144-2018. Вода дистиллированная. Технические условия, 2018.
- ОСТ 11.029.003-80 ИЭТ. Вода, применяемая в производстве. Марки, технические требования, методы очистки и контроля, 1980
- ASTM D1193-06. Standard Specification for Reagent Water, 2018.
- ГОСТ Р 56427-2015. Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств. Автоматизированный смешанный поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологий. Технические требования к выполнению технологических операций, 2015.

Как обеспечить удобство контроля и проведения сложных высокоточных работ

Особенностью современных изделий почти любого уровня сложности является микроминиатюризация конструкторско-схемотехнических решений. Каждый человек может из своего жизненного опыта привести примеры уменьшения габаритов и веса окружающих нас приборов: телевизоров, мобильных телефонов, тонометров — словом, еще лет пять назад любые устройства с цифровой и не только начинкой были больше и тяжелее, а их функционал был гораздо меньше. И столь существенного прогресса удалось достичь благодаря применению более сложных компонентов, их более плотного расположения и монтажа.

Николай Павлов

pavlov_nikolay@inbox.ru

Этот понятный с практической точки зрения подход рождает сонм проблем в производстве — мало того что сами изделия становятся сложнее и меньше, значительно возрастает цена ошибки, ведь в большинстве случаев найти дефект и устранить его при такой сложности уже задача нелинейная. Недаром при серийном и крупносерийном производстве наши коллеги из Поднебесной, отбраковывая изделия и составные части, не занимаются поиском и локализацией дефектов. При возникновении несоответствий проводится помодульная замена несоответствующих узлов. Целиком. В нашей ситуации, такой подход невозможен, в отечественной промышленности проводится поиск и локализация несоответствия и ремонт.

Основной единицей оборудования, сегодня способной помочь «увидеть» и выполнить работу, провести контроль, являются всевозможные микроскопы. Типов микроскопов достаточно много на любой вкус: биноклярные, стереоскопические, проекционно-цифровые и другие. Каждый исполнитель очень часто привыкает к какому-то определенному типу этого вспомогательного оборудования и неохотно начинает пользоваться другими. Из своего опыта скажу, что индивидуально удобнее работать на «аналоговых» микроскопах — биноклярных и стереоскопических. Настраиваешь под себя, опускаешься к окулярам — и вперед. Но есть ситуации, когда работу надо проверить, проконтролировать и сделать это на индивидуальном, настроенном под свое зрение



Рис. 1. Общий вид микроскопа HD-150/450-4K в рабочем состоянии

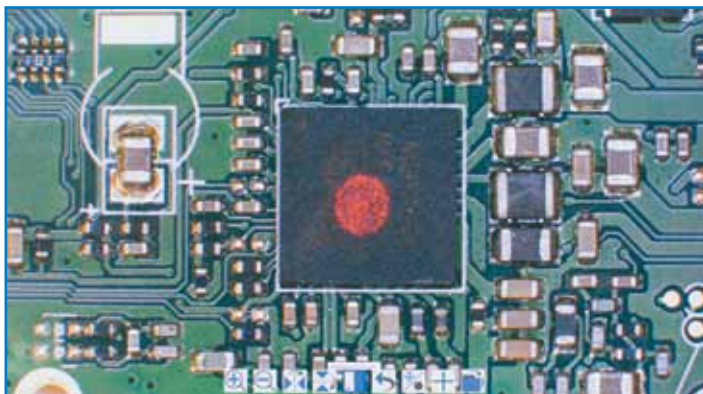


Рис. 2. Лазерное целеуказание

приборе (и диоптрии, и межцентровое расстояние, и рост определяют установку самого микроскопа), это не всегда удобно делать другим сотрудникам, а порой и вам самому — надо перенастраиваться. И здесь незаменимыми помощниками становятся проекционно-цифровые микроскопы. Рассмотрим пример одного из таких микроскопов — цифровой микроскоп HD-150/450-4K, его общий вид представлен на рис. 1.

Отличительными особенностями цифровых микроскопов и данной модели в том числе являются:

- удобство работы с цифровой камерой и цифровым носителем (увеличение оптическое и цифровое, ручные и автоматические регулировки: экспозиция, коэффициент усиления, баланс белого, цвет, резкость, регулирование уровня шума/функция цифровой диафрагмы, стоп-кадр, сохранение и воспроизведение фото- и видеоматериалов и т. д.);
- удобство работы с отображаемой на мониторе информацией — возможна не только статическая фиксация, но и добавление измерений, комментариев, информационных атрибутов и т. д.;
- высокое расположение камеры и контура подсветки позволяет организовать достаточно большую (по высоте) рабочую зону для исполнителя.

К особенностям рассматриваемого микроскопа относятся:

- разрешение видеокамеры: 3840×2160 Ultra HD 4Mp;
- опция сравнения сохраненного изображения с текущим кадром;
- вариативность светодиодной подсветки (базовая боковая светодиодная подсветка УФ спектра с длиной волны 365–370 нм, возможно дооснащение другой подсветкой по запросу) с программным управлением яркости;
- лазерное целеуказание и/или наложение сетки/перекрестия целеуказания (рис. 2);
- регулировка положения образца на столике с двухкоординатным перемещением (в том числе с юстировкой по пузырьковому уровню);
- рабочие интерфейсы HDMI+ USB2.0+ USB video+SD card + LAN;
- максимальное поле зрения камеры (при рекомендуемом рабочем расстоянии и минимальном установленном увеличении трансформатора) 255×145 мм;
- минимальное поле зрения камеры (при рекомендуемом рабочем расстоянии и максимальном установленном увеличении трансформатора) 14×8 мм;

- регулировка положения оси камеры (в том числе юстировка по пузырьковому уровню).

Перед передачей заказчику все микроскопы проходят обязательную процедуру комплексной проверки качества функционирования всех механических, оптических и электронных узлов изделия. Кроме того микроскоп проходит процедуру калибровки для проверки работы функций оценочного измерения геометрии объектов. Если эта функция важна для заказчика, то дополнительно можно приобрести калибровочный стеклянный слайд с нанесенной метрической шкалой. Следует отметить, что калибровку пикселей в миллиметры необходимо проводить при отключенной автофокусировке и при каждом изменении оптического увеличения.

Все описанные функции и возможности микроскопа HD-150/450-4K позволяют оперативно осуществлять работы и контроль со сложными высокоплотными (и более простыми, конечно) изделиями. Причем не только индивидуально, но и при комиссионной работе, а при наличии даже начальной цифровизации такой микроскоп позволяет оставлять не только цифровые подписи выполнения операций, но и фото- и видеоматериал в высоком разрешении, который может быть необходим при возникновении разного рода несоответствий, когда надо посмотреть «как выглядело» наше изделие.



Рис. 3. Калибровочный образец (линейка)

Отдельным и очень полезным применением такого оборудования является фото- и видео- фиксация несоответствий при рекламационной и претензионной работе. Ведь, согласитесь, значительно удобнее, когда представлено не текстовое описание, а четкая иллюстрация сути вопроса или спора.

Со всеми техническими характеристиками микроскопа HD-150/450-4K можно ознакомиться на сайте производителя http://termopro.ru/catalog/video_microscope/art/1562/. Там же можно ознакомиться с подробным техническим описанием и требованиями к подключению оборудования.

В МЭИ созданы энергосберегающие технологии для угольных ТЭС

Ученые НИУ «МЭИ» разработали технологии по энергосбережению в системах пылеприготовления теплоэлектростанций (ТЭС).

В основе разработки лежит применение газопоршневых двигателей (ГПД) для привода мельниц с тремя вариантами эффективного использования теплоты выхлопных газов на электростанциях, которые работают одновременно на угольном топливе и природном газе.

Во всех разработанных решениях НИУ «МЭИ» газопоршневая машина вращает ротор мельницы вместо электродвигателя. Выхлопные газы ГПД с температурой 400–600 °С могут сбрасываться в котел для участия в выработке пара, на-

правляться в теплообменник для нагрева сетевой воды, либо после смешивания с холодным воздухом использоваться для предварительной сушки сырого угля.

Главными преимуществами технологий является оптимизация топочных процессов, повышение пожаробезопасности системы пылеприготовления, более глубокая сушка угля перед размолом.

Новые энергосберегающие технологии разработаны заведующим научно-исследовательским отделом Научно-образовательный центр «Экология энергетики» НИУ «МЭИ» Ириной Путиловой.

<https://mpei.ru/>

Расчленить и измерить, или Рассказ о том, как измерить усилие расчленения выводов соединителей

Семь раз отмерь, один раз отрежь.

Русская пословица

Федор Плотников

plotnikov@nicevt.ru

Введение

АО «НИЦЭВТ» обладает широкими производственно-технологическими возможностями по самым разнообразным направлениям. Это позволяет предприятию принимать как обычные заказы, которые выполняются традиционными методами на имеющемся оборудовании, так и нетривиальные заказы, заставляющие взглянуть по-новому на способ применения производственного оборудования. Именно таким стал для нас заказ, о котором и пойдет речь в статье.

Необычный заказ

На первый взгляд этот заказ не вызывал никаких вопросов. Обычная мелкоразмерная деталь из бериллиевой бронзы, типа розеточного контакта/вывода (рис. 1), подлежащего дальнейшей запрессовке в электрический соединитель — идеальный объект обработки для автомата продольного точения.

Проблема начала вырисовываться перед нами, когда мы стали вчитываться в технические требования чертежа и увидели пункт по проверке усилия расчленения (рис. 2). И это было не общее требование, а четкое указание на соблюдение конкретного диапазона усилия расчленения (4,9–19,6 Н). Пути назад не было: заказ уже был принят к исполнению, заключен договор с заказчиком. Нужно было искать



Рис. 1. Деталь «Розеточный контакт»

выход из сложившейся ситуации. Положение осложнялось еще и тем, что данных контактов следовало изготовить очень много. А значит, необходимо решение, обеспечивающее быстрый и точный контроль гарантированного попадания контактов в заданный диапазон.

Выход найден

Первое, что пришло нам в голову, — воспользоваться старым дедовским способом подвешивания грузиков. По тому, выдерживает ли контакт вес грузика, судят о годности/негодности контакта. Способ простой, если бы не одно «но». В чертеже был указан конкретный диапазон усилий, вплоть до десятых долей ньютона. Поэтому требовался другой выход.

И мы его нашли. Поскольку в данном случае речь шла про усилие, мы решили воспользоваться



Рис. 3. Контактметр

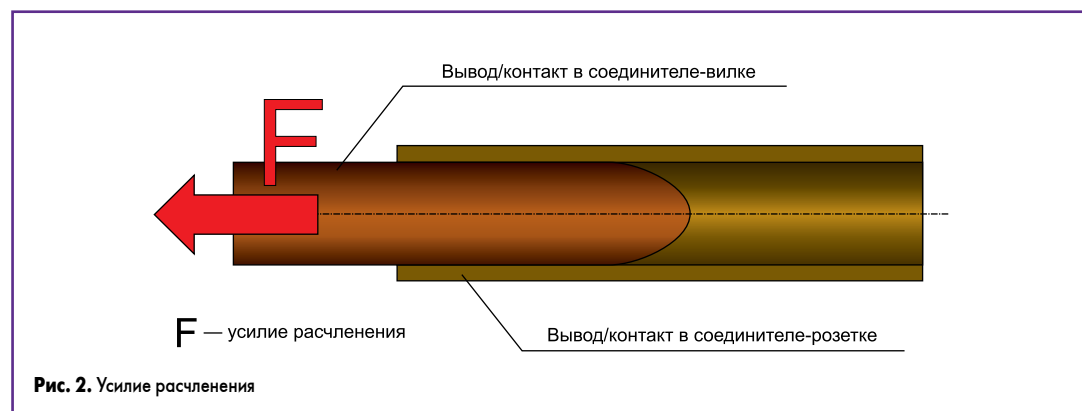


Рис. 2. Усилие расчленения



Рис. 4. Штырь

обычным динамометром сжатия-растяжения «Мегеон 53020». Для удобства работы мы использовали портативный динамометр со встроенным тензодатчиком, с цифровой индикацией, с диапазоном измерений, соответствующим диапазону, указанному в чертеже, и с памятью показаний. Для обеспечения рабочего положения динамометра и штатной схемы его работы был задействован ручной реечный настольный пресс. А для реализации необходимой схемы измерений был разработан и изготовлен комплект соответствующей оснастки. В итоге мы получили конструкцию, представленную на рис. 3, и назвали ее измерителем усилия размыкания контактов или, более кратко, контактометром.

Контактометр получился компактным, вытянутым в высоту, с минимальной занима-

емой площадью на столе. Основной частью контактометра является штырь (рис. 4), который при измерении входит в гнездо контакта и на обратном ходу определяет усилие расчленения. Тем самым моделируются реальные условия работы контакта в корпусе соединителя. Как и любая деталь, штырь подвержен износу (что со временем может привести к искажениям реальных показаний контактометра), но чтобы увеличить срок его службы, он был выполнен из износостойкой нержавеющей стали и сделан сменным.

Планка на рабочем столе контактометра имеет приемную втулку с механизмом зажима детали на основе быстрозажимного винта со встроенной ручкой. В торец винта встраивается фторопластовый наконечник, предотвращающий повреждение поверхности детали при зажиме в планке. Смена детали для проведения проверки не превышает 15 с.

Работа с контактометром предусматривает три этапа (рис. 5):

1. Установка детали в контактометр и приведение контактометра в стартовую позицию.
2. Опускание штока контактометра до входа в сочленение штыря с контактом.
3. Поднятие штока и фиксация показания дисплея.

На первом этапе проверяются единицы измерений усилия в динамометре (это должны быть ньютонь). Далее деталь до упора устанавливается в приемную втулку и поворотом ручки зажимается во втулке. Потом шток пресса опускается, и к детали подводится штырь. На втором этапе штырь вводится в деталь до упора. При этом показания динамометра должны стать равными нулю (поскольку движение прекращается, измере-

ние не совершается). И наконец, на третьем этапе шток со штырем поднимаются вверх, и проводится визуальная фиксация показаний на дисплее динамометра. Показания записываются в журнал или протокол замеров. Контролируемая деталь изымается из приемной втулки, и за считанные секунды устанавливается и фиксируется новая деталь. Измерительный цикл повторяется. Большой объем заказа нивелируется простотой и оперативностью выполнения измерений.

Разработанный технологический процесс контроля усилия расчленения розеточных контактов/выводов отличается простотой реализации, высокой производительностью и повышенной точностью. В отличие от определения усилия с помощью грузиков мы получили процесс, результаты которого всегда можно точно определить, задокументировать и при необходимости проанализировать. Поскольку используемые средства измерений откалиброваны, получаемые результаты можно считать заслуживающими доверия.

Заказ выполнен

Заказ мы выполнили. Требование чертежа проверили. По всему объему заказа получили полную картину усилий расчленения. Все детали попали в заданный диапазон усилия расчленения и успешно прошли контроль. Мы создали высокоэффективный инструмент контроля и полностью уверены в том, что поставили заказчику гарантированно качественные изделия. Мы также разработали технологию, которая позволила нам не только освоить новые компетенции, но и расширить ассортимент выполняемых заказов.



Рис. 5. Контактметр и этапы его работы

Технология изготовления многовыводных рамок микросхем с применением прецизионной лазерной резки

Сегодня в целях импортозамещения и обеспечения решения новых задач в различных отраслях промышленности возникла необходимость создания новых микросхем и сокращения времени на их промышленное внедрение. Статья посвящена разработке оригинальной технологии оперативного изготовления многовыводных рамок микросхем с помощью лазерной резки для опытных партий изделий ЭКБ, позволяющих проводить необходимый комплекс испытаний в рамках НИР и ОКР.

Юрий Юдахин,
д. и. н.,
профессор

yudahin@deyton.ru

Дарья Канарейкина

Юрий Юдахин

Введение

Лазерная резка металлов сегодня успешно применяется в различных отраслях промышленности и продолжает развиваться. Преимуществом лазерной резки является высокая скорость, экономия материала и производительность процесса, незначительная зона термического воздействия, изготовление изделий любой сложности в единичных экземплярах, высокая повторяемость сложных изделий в любых количествах, отсутствие деформации материала. Используя возможности лазерной резки, можно раскрыть по сложному контуру практически любой листовой материал при отсутствии на него механического воздействия [1].

Постановка задачи

Одна из задач, возникающих при разработке технологических процессов изготовления изделий для радиоэлектронной отрасли, — минимизация времени на подготовку опытных образцов с целью проведения комплекса практических испытаний для подтверждения соответствия их проектных параметров реально полученным. Такой подход позволяет обеспечить возможность оперативного внесения корректировок в исходные чертежи в процессе проектирования изделий, а в конечном итоге значительно сократить время на их промышленное внедрение, решить задачу минимизации отказов и уменьшения процента выходного брака готовых изделий ЭКБ [2]. По результатам сравнительного анализа лазерная резка металла имеет много существенных преимуществ по сравнению с другими методами термической резки, которые заключаются в высокой точности и аккуратности, универсальности, скорости и эффективности, бесконтактности процесса и отличаются минимальной зоной термического влияния, сводящей к минимуму тепловые искажения и снижающей риск деформации или обесцвечивания металла [3].

Решение задачи

Решение задачи заключалось в выборе типа лазерно-технологического комплекса, позволяющего наиболее эффективно применять систему управления для оптимизации его параметров, звеньев и оптимального планирования траектории движения лазерного луча на стадии подготовки технологического процесса. В данном случае критерием оптимальности послужило качество деталей после раскроя металла и их соответствие исходным чертежам. Дополнительными, но не менее важными критериями выступали наличие отечественного программного обеспечения и отечественной комплектации лазерно-технологического комплекса, его стоимость, рабочий ресурс, доступность сервисного обслуживания и ремонта [4].

Для выполнения поставленной задачи исследовательская группа остановила свой выбор на волоконно-лазерных станках для резки. Подобные станки обычно используют для генерации лазерного луча оптоволоконный кабель. Волоконные лазеры высокоэффективны и в основном применяются для резки металлов, в том числе и обладающих высокой отражающей способностью, включая медь [5]. Лазерный луч взаимодействует с заготовкой, нагревает и испаряет материал, создавая узкий разрез. Управляемый сфокусированный лазерный луч обеспечивает высокую плотность энергии, что позволяет выполнять точную и контролируемую резку определенной формы. В процессе исследовательской работы особое внимание было уделено минимизации дефектов качества, характерных для процесса лазерной резки металла, таких как:

- формирование заусенцев, возникающих при некорректной проектировке макета;
- изменение свойств материала в зоне термического влияния;
- образование окалины или грата на торце линии реза;
- неровности кромок или полосы;
- изменение цвета металла, выражающееся в обесцвечивании или окислении режущей кромки;



Рис. 1. Торцы изделия после резки: а) «МиниМаркер2-М30 А4»; б) RX-150

Таблица. Химический состав меди (в %)

Медь	Свинец	Цинк	Железо	Олово	Висмут	Никель	Сурьма	Мышьяк	Сера	Кислород
99,9	0,005	0,004	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,05

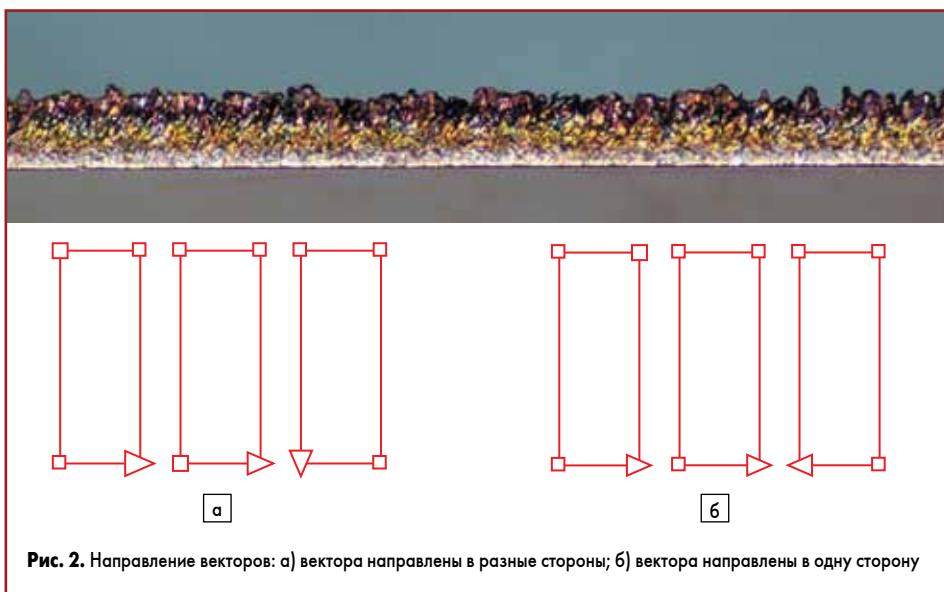


Рис. 2. Направление векторов: а) вектора направлены в разные стороны; б) вектора направлены в одну сторону

- деформация или искажение тонкого металла;
- изменение ширины линии реза [6].

Исходные данные, материалы и оборудование

Целью НИР стала разработка технологии и технических оснасток для лазерной резки для получения опытных образцов многоводных рамок микросхем, пригодных для размещения кристаллов, их разварки и корпусирования в пластиковые корпуса WB SOIC-8, WB SOIC-16, SOP-20. Подбор оборудования осуществлялся путем получения опытных об-

разцов резки на нескольких системах и их исследование в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук на предмет структурных и химических изменений, произошедших в процессе обработки металла (рис. 1).

Дальнейшее выполнение работы осуществлялось с помощью системы прецизионной лазерной маркировки (СПЛМ) «МиниМаркер2-30А4 РА» (объектив 110×110 мм, однокоординатный стол) и технических оснасток лазерной резки, разработанных и изготовленных специалистами лаборатории корпусов и корпусной продукции микроэлектроники.

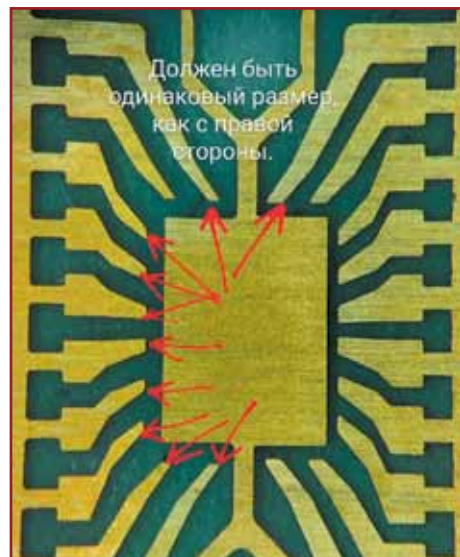


Рис. 3. Отклонение размеров элементов детали

В качестве материала для резки опытных образцов рамок применялась медь марки М1 толщиной 0,155 мм (для WB SOIC 8 и WB SOIC 16), 0,2 мм (для SOP 20). Химический состав меди представлен в таблице.

Подготовка чертежей выполнялась специалистами лаборатории корпусов и корпусной продукции микроэлектроники. В качестве программного обеспечения применялся отечественный софт MaxiGraf. Обрисовка макета производилась таким образом, чтобы вектора были направлены в одну сторону. Например, по часовой или против часовой стрелки для всего макета (рис. 2).

В противном случае происходило отклонение размеров элементов детали от размеров, заданных в макете (рис. 3).

В зависимости от хода линейной оси макет делился на определенное количество гальвополей, как это представлено на рис. 4.

На конечном этапе настройки производилась загрузка макета в MaxiGraf согласно координатам, в векторной программе. Перед запуском программы проводилась настройка последовательности резки элементов, которая выполнялась согласно иерархии в программном обеспечении: сначала внутренний контур, затем внешний контур. Причем программа резки формировалась таким образом,

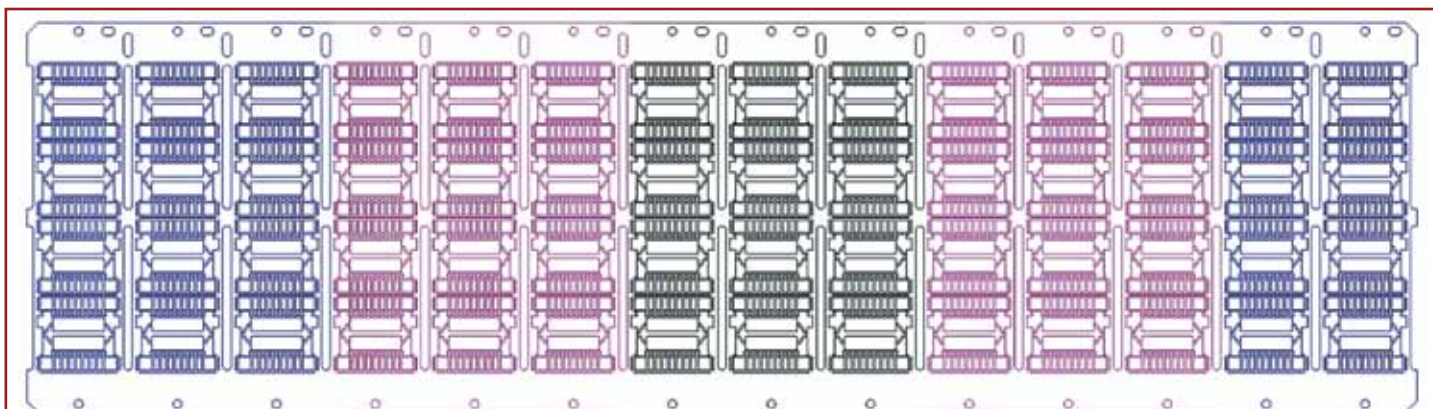


Рис. 4. Разделение макета по гальвополям

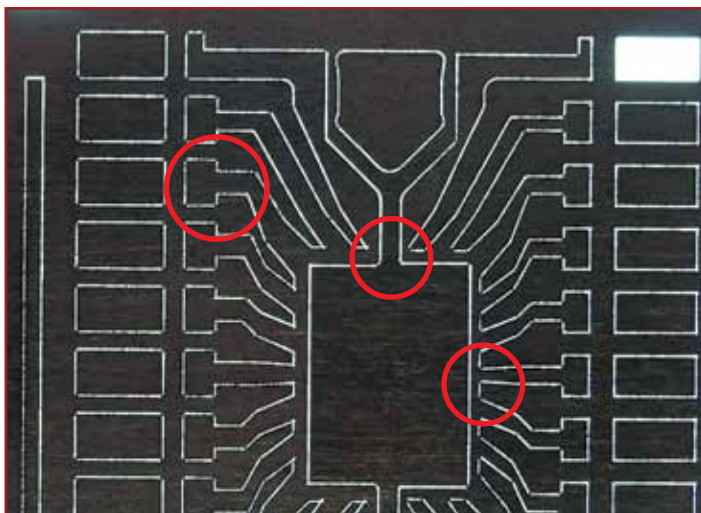


Рис. 5. Области не прорезанных элементов рамки



Рис. 6. Места контактов с ламелью отмечены стрелками

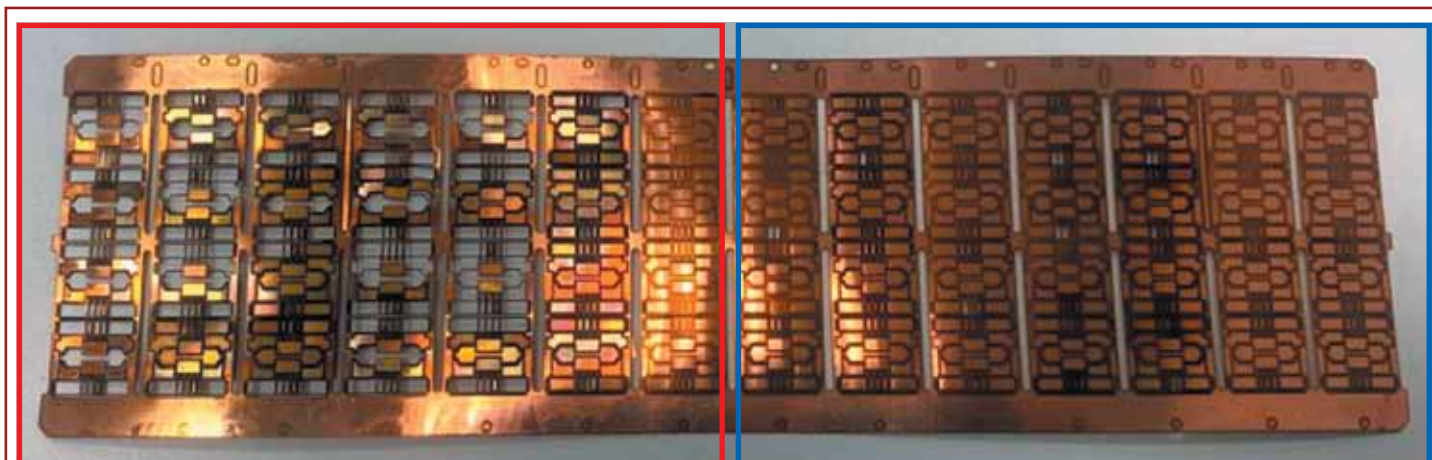


Рис. 7. Перегрев и деформация матрицы при резке с воздушным охлаждением снизу (отмечено красным) и сверху (отмечено синим)

чтобы обеспечить выпадение всех прорезанных элементов. А именно, первые этапы резки проводились с расширенной линией реза, а дальнейшая резка производилась по всему контуру макета, включая не прорезанные участки (рис. 5).

Резка осуществлялась иттербиевым импульсным волоконным IPG Photonics-лазером при длине волны 1,064 мкм, длительности импульсов 50–100 нс, с частотой следования импульсов 50 кГц, выходной мощностью 30 Вт, от 5 до 7 проходов, в зависимости от толщины меди, при максимальной энергии в импульсе 0,7 мДж. При этом время резки одной рамки составило 45–60 с.

В ходе исследований было опробовано несколько вариантов резки. Резка изделий на стандартной оснастке со съемными ламелями и воздушным охлаждением показала, что после данной операции материал ламели осаждается на матрице [7]. Для предотвращения этого необходимо располагать ламели таким образом, чтобы на них опирались участки меди, не подвергающиеся резке (рис. 6).

К тому же практика показала, что резку на ламелях с воздушным охлаждением необходимо проводить с существенными временными задержками после каждого прохода

лазерного луча. Задержки должны быть достаточно точными для охлаждения медной пластины.

В ходе дальнейших исследований выяснилось, что лазерная резка с воздушным охлаждением сверху возможна, однако при высоком давлении воздушного потока необходимо применение подложки в виде ламели. Поддув снизу с применением хладоэлементов не дал должного эффекта для осуществления скоростной резки тонколистового материала, а при высоком давлении воздуха деформировал вырезанные детали (рис. 7).

Для устранения вышерассмотренных дефектов, происходящих при воздушном охлаждении, исследовательской группой была применена резка с водяным охлаждением металла, которая позволила в значительной степени их устранить и получить результаты, удовлетворяющие поставленной задаче [8]. На рис. 8 показано, что водяное охлаждение позволило получать детали без нагара, без изменения цвета материала и имеющие более качественную кромку реза.

С учетом полученных результатов специалистами исследовательской группы была разработана и изготовлена оснастка активного водяного охлаждения с капельной подачей воды для лазерной резки тонколистовой меди (ОЛРВО). Дополнительное охлаждение купели



а



б

Рис. 8. Сравнительная фотография двух видов охлаждения: а) водяное охлаждение; б) воздушное охлаждение

обеспечивалось циркулирующей через охладитель XD-20 водой. Компенсационная подача испаряемой при резке воды обеспечивалась ее капельной подачей в купель. Внешний вид

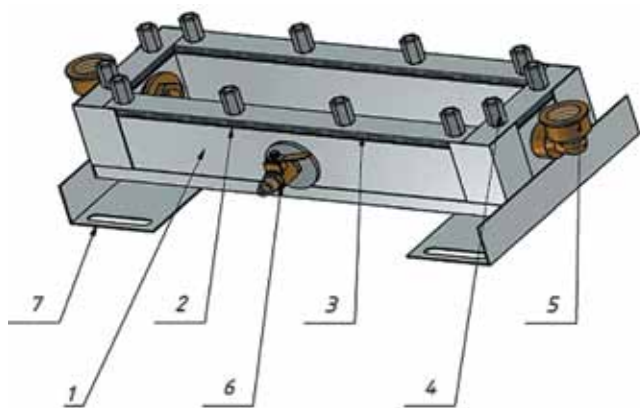


Рис. 9. Оснастка лазерной резки водяного охлаждения (ОЛРВО):

1 — купель-радиатор; 2 — резиновая прокладка; 3 — рамка; 4 — прижимная гайка; 5 — уголок контроля уровня и перелива воды; 6 — кран капельной подачи воды; 7 — основание для жесткого крепления установки к столу лазерной установки

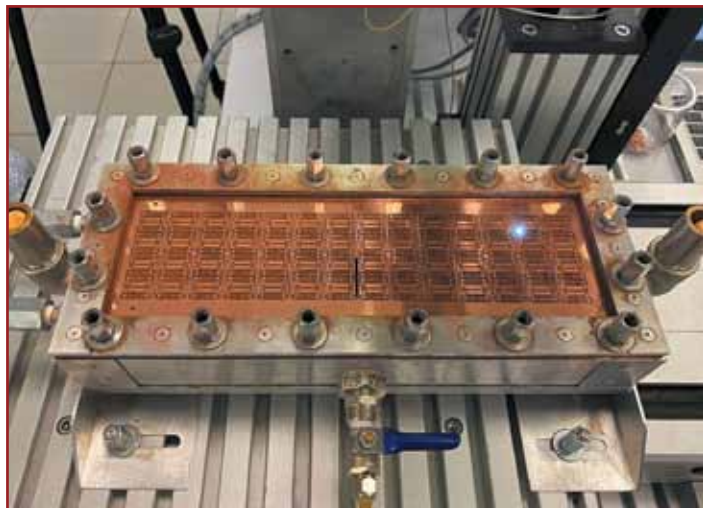


Рис 10. Процесс резки матрицы применением оснастка активного водяного охлаждения

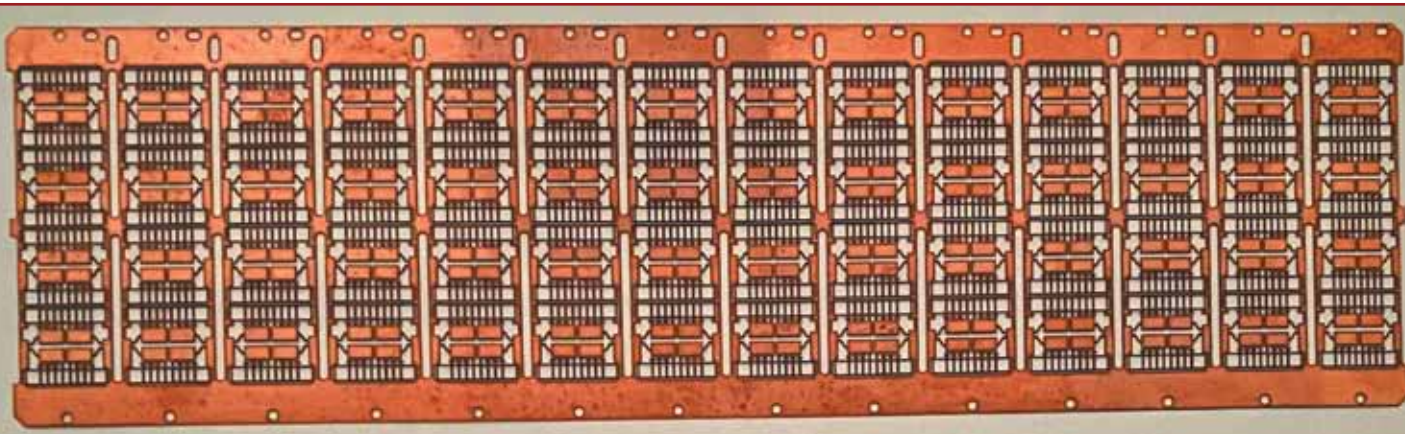


Рис. 11. Матрица многовыводных рамок микросхемы для пластикового корпуса WB SOIC 16

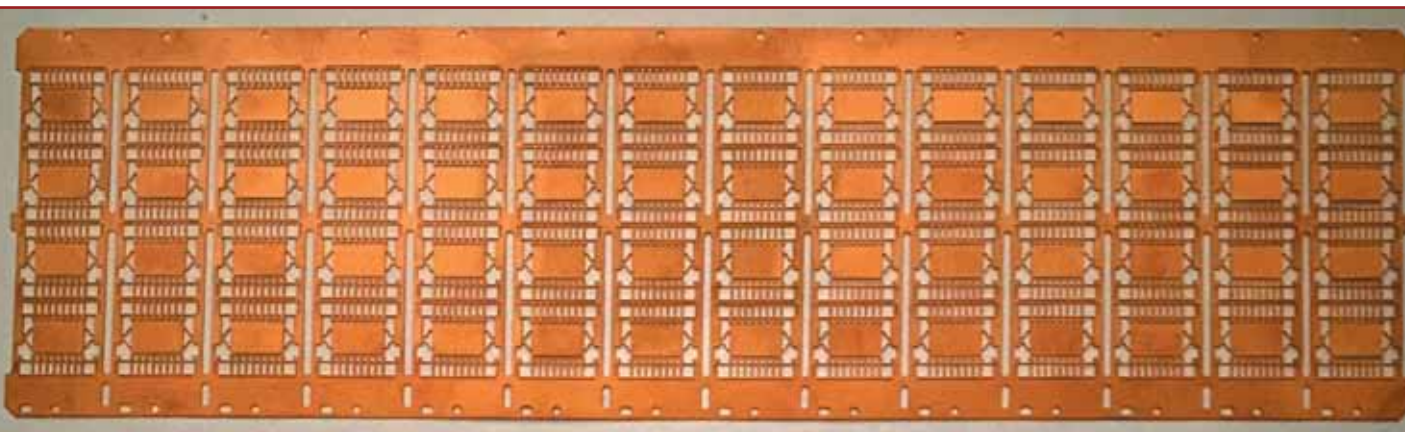


Рис. 12. Позолоченная матрица многовыводных рамок микросхемы для пластикового корпуса WB SOIC 16

и устройство базовой модели оснастки показаны на рис. 9.

Применение данной оснастки позволило решить ряд основных проблем. В первую очередь резка с водяным охлаждением, когда нижняя часть медного проката лежит на водном зеркале, позволила избежать воздействия чрезмерного тепла и осуществлялась без критического перегрева материала. Во-вторых, значительное количество испаряемого материала выпадало в осадок, а не осаждалось на поверхности пла-

стины. В-третьих, устройство оснастки позволило равномерно растянуть и зафиксировать материал, предназначенный для резки, тем самым исключить деформации материала, а соответственно, и отклонения ширины реза от заданных параметров. Процесс лазерной резки матриц многовыводных рамок микросхем с применением оснастки активного водяного охлаждения показан на рис. 10.

В ходе опытных резок было изготовлено 70 матриц многовыводных рамок микросхем

различной конфигурации годных для дальнейшего применения (рис. 11).

Полученные изделия подвергались первичной чистке на подложке из войлока и дополнительной термохимической чистке и обезжириванию в ультразвуковой ванне при температуре водного раствора чистящей жидкости Nexxo +50 °C в течение 30 мин [9]. После очистки и обезжиривания полученные изделия подвергались золочению (рис. 12).



Рис. 13. Готовые микросхемы

На завершающем этапе исследований произведено закрепление кристаллов на посадочных площадках рамок, распайка и корпусирование в пластик (рис. 13).

Заключение

В результате разработанной технологии сформулирован ряд алгоритмов действий для подготовки и осуществления лазерной резки матриц многовыводных рамок микросхем.

1. Алгоритм подготовки лазерно-технологического комплекса, включающий преобразование макета технической модели в машиночитаемые инструкции с помощью программного обеспечения, выбор соответствующих настроек лазера, в том числе мощности, скорости и фокуса.

2. Алгоритм подготовки оснастки лазерной резки водяного охлаждения к работе, предусматривающий выравнивание лазерной установки в соответствии с уровнем воды в оснастке, равномерное растяжение материала и обеспечение его полного контакта с водой, настройку скорости капельной подачи воды в купель.

3. Алгоритм проверки качества полученного изделия и его обработки после лазерной резки. Данный алгоритм предусматривает проверку изделия на соответствие требуемым спецификациям и допускам путем сравнения с образцовыми шаблонами, механическую, термохимическую чистку и обезжиривание полученного изделия.

Литература

1. Теоретические основы процесса лазерной резки металлов // Лазерный мир. <https://лазер.рф/2025/01/24/30206/?ysclid=m85uzundrb944005104>
2. Эннс В. Как нам развивать отечественную микроэлектронику: 2023 год. [www.dcsouyuz.ru/files/publications/2023/elektronika.ntb_%E2%84%964'2023.pdf?ysclid=m8h1larpez689555828](http://dcsouyuz.ru/files/publications/2023/elektronika.ntb_%E2%84%964'2023.pdf?ysclid=m8h1larpez689555828)
3. Яшина М. А., Трунова И. Г., Пачурин Г. В., Шевченко С. М. К вопросу использования лазерного оборудования в цехах гибких автоматизированных производств // Между-

народный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–7. www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11033

4. Игнатов А. Г. Российские лазерные технологии: состояние и перспективы применения // РИТМ Машиностроения. www.ritm-magazine.com/ru/public/rossiyskie-lazernye-tehnologii-sostoyanie-i-perspektivy-primeneniya
5. Карпова Т. Волоконные лазеры: революция в обработке материалов // РИТМ Машиностроения. www.ritm-magazine.com/ru/public/volokonnye-lazery-revolyuciya-v-obrabotke-materialov
6. Дефекты при лазерной резке металла: причины появления. www.drd.by/client/articles/defekty-pri-lazernoj-rezke-metalla-prichiny-poyavleniya/?ysclid=m8h3yuspam772219152
7. Повышение эффективности. Воздух как вспомогательный газ при лазерной резке. www.machinemfg.com/ru/application-of-air-in-laser-cutting/
8. Применение машины водяного охлаждения в лазерной резке. www.zblizhiyuan.com/ru/application-of-water-cooling-machine-in-laser-cutting
9. Процесс постобработки после лазерной резки листового металла. www.megasteels.ru/article/proccess-postobrabotki-posle-lazernoj-rezki-listovogo-metalla/?ysclid=m8h3l6mnniy446770479

Nikon представила систему DSP-100 для упаковки на уровне панелей размером 600×600 мм

В то время как полупроводниковые гиганты переходят на корпусирование на уровне панели (FOPLP) для создания более крупных и эффективных чипов, японская компания Nikon начала принимать заказы на свою новую систему цифровой литографии DSP-100, разработанную специально для квадратных панелей размером 600 мм, которые используются для корпусирования передовых чипов искусственного интеллекта.

Компания Nikon заявляет, что DSP-100 обеспечивает разрешение по линиям и пробелам 1 мкм, точность наложения $\pm 0,3$ мкм и обрабатывает до 50 панелей в час размером 510×515 мм. Кроме того, он поддерживает экспозицию на панелях размером до 600×600 мм, в том числе на стеклянных или полимерных, что позволяет повысить производительность на 9% для корпусов микросхем размером 100 мм по сравнению с пластинами размером 300 мм.

Компания Nikon планирует выпустить первые устройства DSP-100 в 2026 финансовом году. Как отмечает TechPowerUp, эта система поддерживает общепромышленный переход — под руководством TSMC, Intel и Samsung — от 300-миллиметровых пластин к более крупным. Economic Daily News ранее сообщали, что TSMC планирует запустить пилотное производство по технологии FOPLP в 2027 году, начав с панелей размером 300×300 мм — это меньше, чем формат 510×515 мм, использовавшийся в предыдущих тестах.

Хотя TSMC может поначалу отказаться от более крупного формата 510×515 мм, Nikon идет еще дальше: ее новая система поддерживает экспозицию на стеклянных или полимерных панелях размером 600×600 мм, что открывает более широкие возможности для компоновки.



ООО ТЕХНО Токопроводящий силикон Токопроводящий клей-герметик EX-A302L

По своему составу клей-герметик аналогичен готовым токопроводящим силиконовым профилям и, после вулканизации, полностью совместим с ними по электрохимическим параметрам, обеспечивающих решение задач обеспечения ЭМС, герметизации и климатической защиты. Прокладки из токопроводящего силикона состоят из формообразующей эластичной вулканизированной силиконовой резины, наполненной токопроводящими микрогранулами. Такая комбинация материалов позволяет решать задачи как по обеспечению требований ЭМС, так и по герметизации и климатической защите оборудования одновременно.

Тел.: (495) 673-06-73
<http://www.techno.ru>
e-mail: 222@techno.ru

НЭК

ПОСТАВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

630020, г. Новосибирск, ул. Окружная, 29В
тел. +7 383 274 47 70
факс +7 383 274 47 80
www.nec-nsk.ru order@nec-nsk.ru pcb@nec-nsk.ru

Расширенный оптический контроль

как способ улучшения гетерогенной интеграции

Конвергенция между технологиями корпусирования полупроводниковых компонентов и поверхностного монтажа произвела настоящую революцию в электронной промышленности с ее быстро меняющейся конъюнктурой. Это вызвало появление новаторского оборудования и программного обеспечения для автоматической сборки под оптическим контролем, которые играют важнейшую роль в обеспечении качества и надежности электронных устройств. Для достижения наилучших результатов важно знать и соблюдать основные требования к контролю при использовании этих передовых решений, чтобы производители могли с их помощью оптимизировать технологические процессы, сократить ошибки и в целом повысить качество продукции.

По материалам
Koh Young Technology

Перевод:
Артем Вахитов

Проблемы, требующие решений

В 1975 году Гордон Мур, легендарный сооснователь корпорации Intel, провозгласил так называемый закон Мура, в соответствии с которым количество транзисторов в полупроводниковых микросхемах должна была удваиваться каждые два года. Примерно до 2020-х этот закон выполнялся неукоснительно,

но лежащие в его основе производственные процессы уже выходят за пределы своих возможностей, и экономика производства начинает ломаться. Стоимость разработки полупроводникового компонента на базе 5-нм техпроцесса составляет 540 млн долларов США, что примерно в двадцать раз больше, чем при использовании 65-нм техпроцесса, и почти вдвое больше, чем по предыдущей технологической

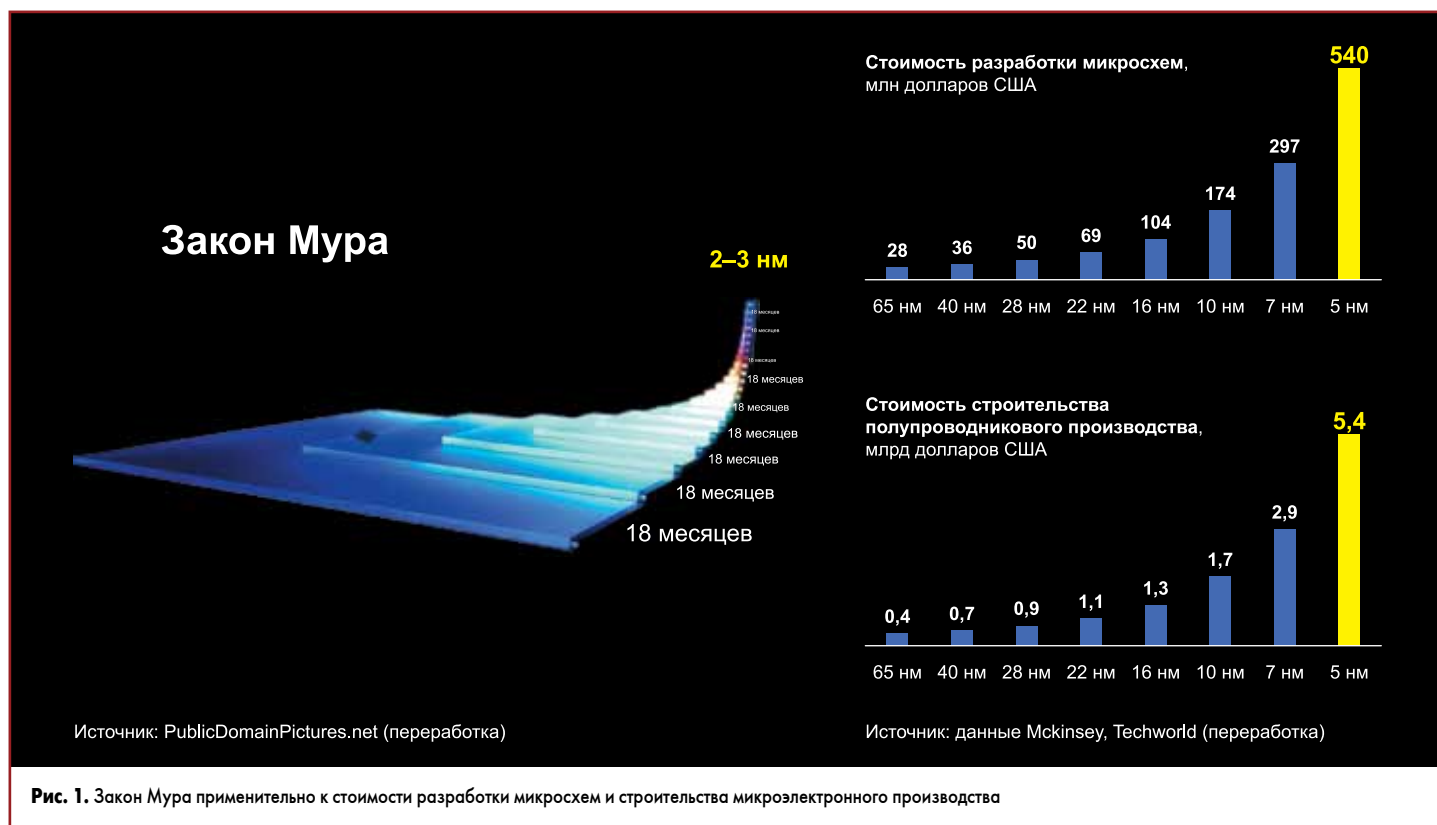


Рис. 1. Закон Мура применительно к стоимости разработки микросхем и строительства микроэлектронного производства

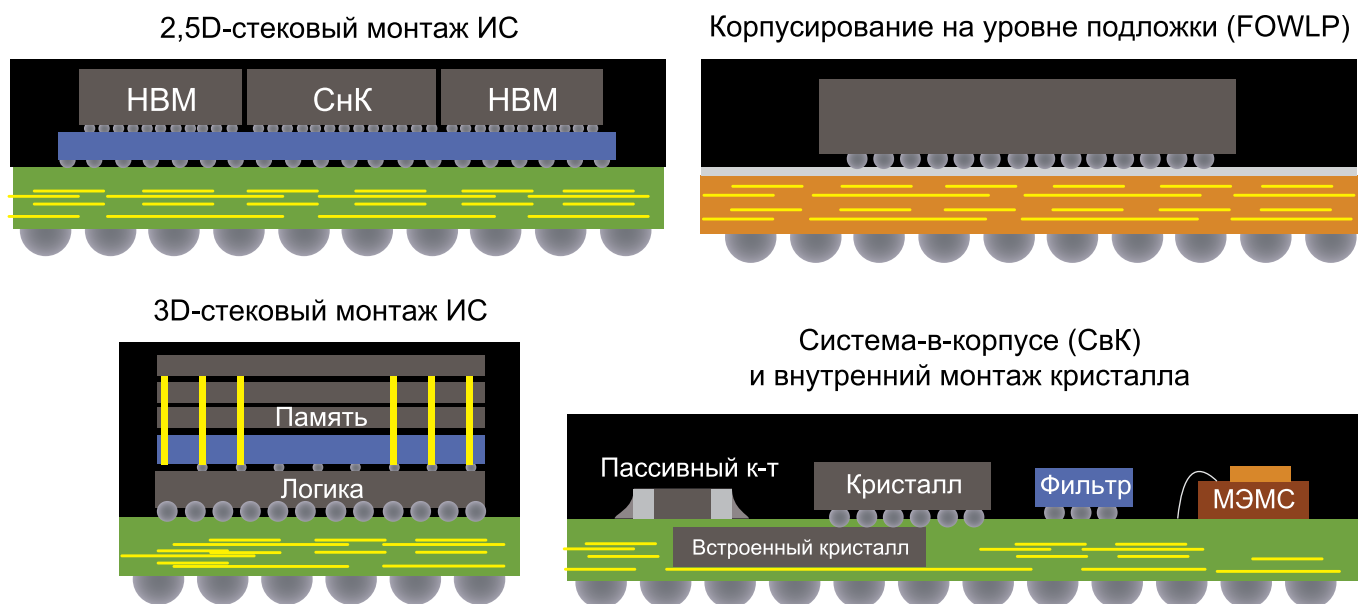


Рис. 2. Примеры технологий корпусирования, призванных улучшить характеристики технологических процессов

норме (7 нм). Строительство полупроводникового производства также обойдется многократно дороже, чем для 65-нм техпроцесса: по сравнению с тем же 7-нм производством его стоимость может вырасти более чем в два раза (рис. 1). Такой рост себестоимости был бы потенциально приемлем, если бы можно было соответствующим образом повысить цену конечной продукции. Однако цены на полупроводниковые компоненты не следуют в прямой пропорции за ростом плотности транзисторов, а колеблются в зависимости от спроса и предложения. Поэтому компании не могут более полагаться на безусловное повышение плотности.

Технологические нормы новейших производственных процессов — 2–3 нм. Требуемая для них точность слишком высока, чтобы

производить микросхемы с коммерчески жизнеспособным уровнем выхода готовой продукции (при имеющихся материалах и процессах). Кроме того, уже достигнут предел экономии от повышения плотности транзисторов. Поэтому многие компании ищут альтернативные решения проблемы. Разумеется, по-прежнему ведется разработка базовых полупроводниковых материалов, но значительное внимание сосредоточивается на технологиях корпусирования, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики полупроводниковых изделий, таких как EMIB (Embedded Multi-Die Interconnect Bridge — встроенный межсоединительный мост), чиплеты, FOWLP (Fan Out Wafer Level Package — корпусирование на уровне подложки), стековый монтаж, SiP (system-in-package — система в корпусе,

СвК) и т. д. Внедрение передовых технологий корпусирования с гетерогенной интеграцией представляется неизбежным и чрезвычайно важным (рис. 2).

Эволюция технологических процессов

Исторически технологии сборки печатных плат и корпусирования развивались по-разному, но сейчас происходит крупный технологический переворот. В связи с тем, что закон Мура перестает выполняться, все больше внимания привлекают к себе альтернативные технологии корпусирования. Научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование технологических процессов, затронули обе области, так как они нуждаются в технологиях, позволяющих уменьшить толщину элементов и повысить плотность их размещения. В области корпусирования полупроводниковых изделий предпринимаются многочисленные попытки перехода к корпусированию непосредственно на пластине, а в области сборки печатных плат возник спрос на технологии тонкого и плотного монтажа на уровне корпусного полупроводникового компонента. В зоне пересечения этих двух технологических областей сложились условия для конвергентной продукции — гетерогенных корпусных изделий (рис. 3).

Здесь приходится решать сложные задачи, например контроль всевозможных СвК, включая РЧ-модули, и кристаллов на платах-подложках (Substrate-like PCB, SLP). Кроме того (это касается технологических процессов корпусирования полупроводниковых изделий), производители массово внедряют SMT-процессы при изготовлении СвК на уровне пластины (Wafer Level SiP) и печатных плат со встроенными компонентами (Embedded PCB). Очевидно, что между двумя упомянутыми областями происходит конвергенция.

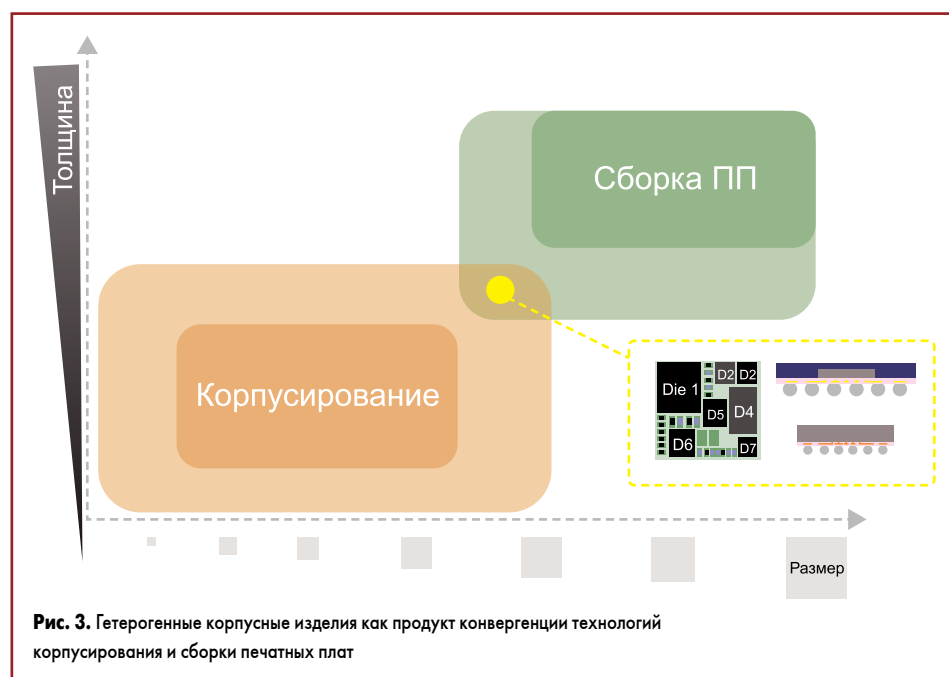


Рис. 3. Гетерогенные корпусные изделия как продукт конвергенции технологий корпусирования и сборки печатных плат

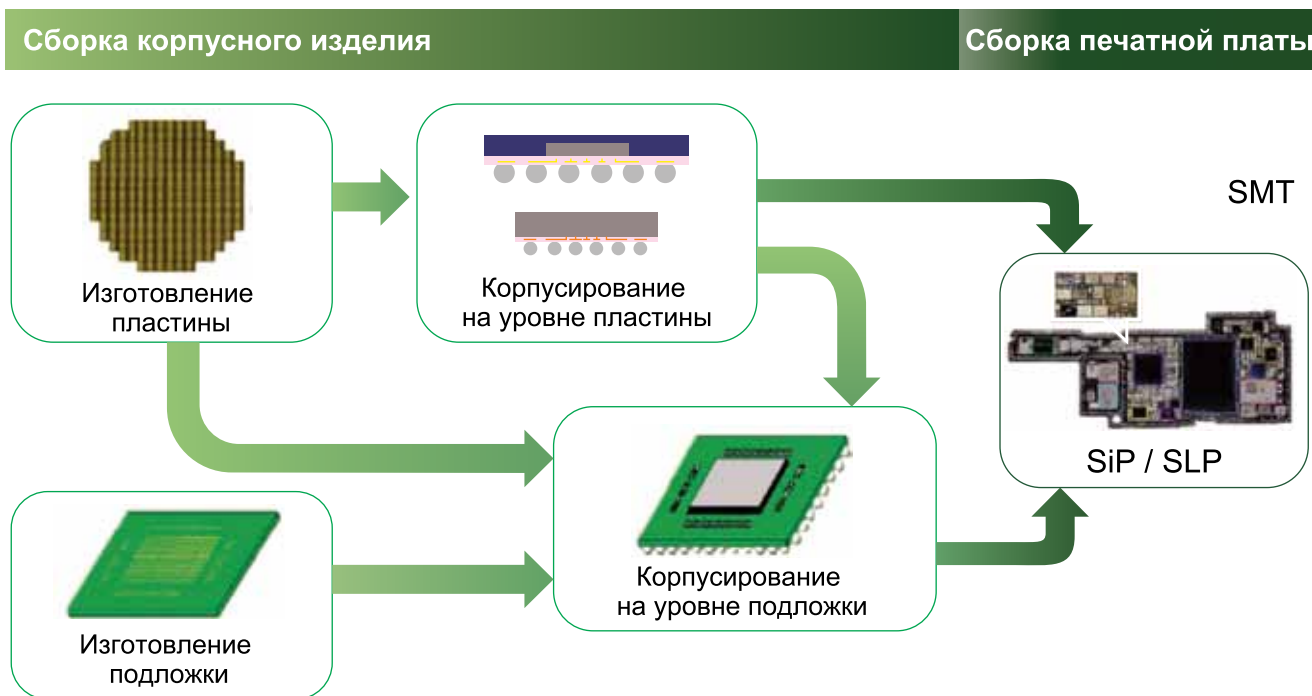


Рис. 4. Размытие границ между технологическими процессами на этапах от изготовления полупроводниковых пластин до сборки печатных плат

Конвергенция технологических процессов

Какие же основные требования следует рассматривать при выборе оборудования для контроля, учитывая сложившиеся тенденции? Например, если контролировать конвергентную продукцию с использованием существующих решений для контроля корпусных полупроводниковых изделий, потенциальной проблемой будут скорее не характеристики самой системы, а соотношение ее цены и характеристик. С другой стороны, если в тех же целях использовать оборудование для контроля поверхностного монтажа, его характеристики могут оказаться недостаточными для миниатюрных и высокоотражающих компонентов с мелким шагом монтажа, которые,

как ожидается, станут тормозящим фактором в данной области применения.

Прежде чем определять, каким должно быть оптимальное решение для контроля конвергентной продукции, рассмотрим примерную последовательность этапов технологического процесса сборки корпусного изделия, начиная с изготовления полупроводниковых пластин и заканчивая сборкой печатных плат. Изготовление СвК (системы в корпусе) относится к технологическому процессу корпусирования полупроводниковых изделий, но также может рассматриваться как высокоточный поверхностный монтаж (например, SLP), учитывая, что различные компоненты изделия, включая кристалл, монтируются на плате-подложке (рис. 4). Если посмотреть на это таким образом, можно заключить, что

для конвергентных (гибридных, гетерогенных) изделий границы между технологическими процессами корпусирования полупроводниковых компонентов и поверхностного монтажа размываются. Производителям нужна система контроля, которая бы закрывала потребности обеих технологий.

Рассмотрим, какие требования к контролю предъявляются в той и другой области сегодня, в эпоху конвергенции технологий, на примере компонентов BGA с перевернутым кристаллом (flip-chip BGA, FCBGA) и сложных плат, смонтированных на кристалле. Общие для обеих областей требования разделены на три категории. Первая категория — контроль кристалла и пассивных компонентов. Этим занимается система автоматизированного оптического контроля (AOI). Далее идет контроль нанесения тех или

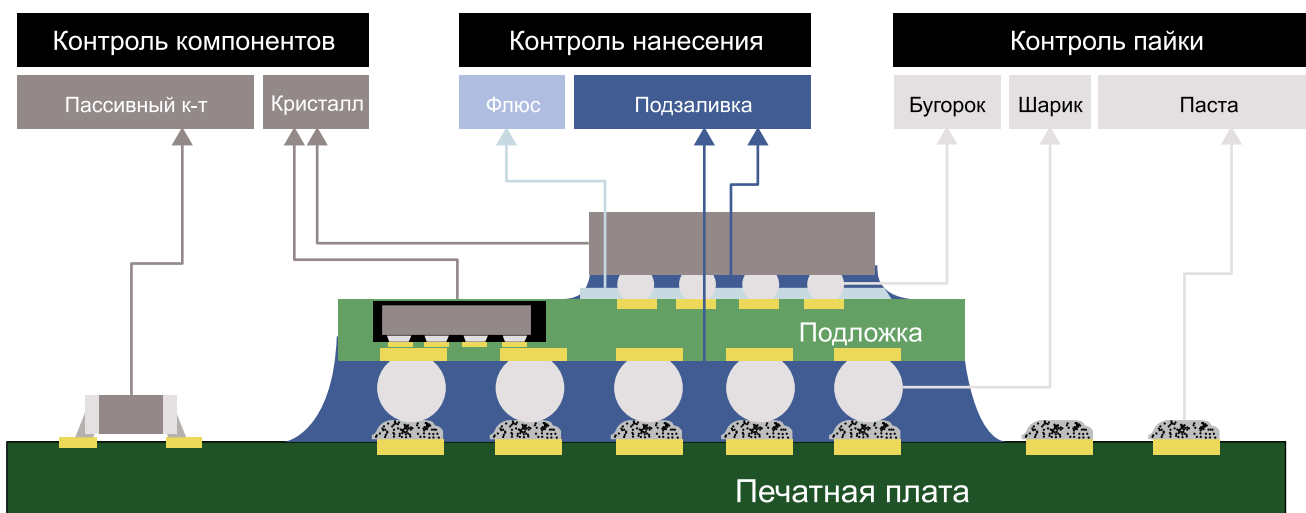


Рис. 5. Примеры конвергенции технологий со сходными требованиями к контролю

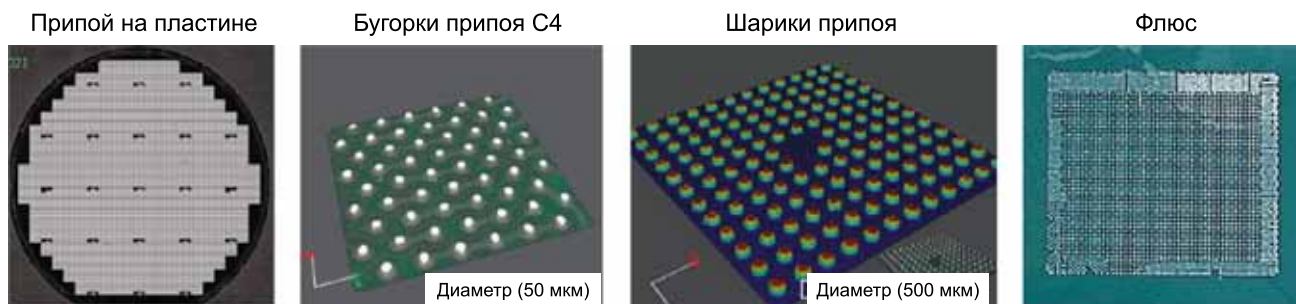


Рис. 6. Контроль припоя и флюса

иных технологических составов, например контроль нанесения флюса и заливки компаундом области под кристаллом, смонтированным по технологии C4, или корпусом BGA. Третья и последняя категория — контроль пайки. Объектами контроля здесь могут быть бугорки припоя на стороне монтажа по технологии C4, шариковые выводы компонента в корпусе FCBGA, FCCSP (корпус по размеру перевернутого кристалла) или WLCSP (корпус по размеру кристалла с корпусированием на уровне пластины) и паяльная паста, нанесенная методом трафаретной печати на обыкновенную печатную плату или полупроводниковую пластину. Эпоха конвергенции наступила (рис. 5).

В ответ на подобные разнообразные потребности в сфере контроля изделий компания Koh Young разработала четыре системы контроля, ориентированные на конкретные технологические процессы и области применения.

Контроль припоя и флюса

Во-первых, есть необходимость в контроле нанесенной по трафарету паяльной пасты, бугорков припоя, шариковых выводов BGA и флюса (рис. 6). Эти потребности возникают на этапах от корпусирования полупроводниковых компонентов до изготовления подложки и высокоточного поверхностного монтажа.

Meister S (рис. 7) — высокоразвитая поточная система 3D-контроля тонких слоев паяльной пасты на микроуровне:

- высокоскоростная камера с разрешением 3,5 мкм/25 мегапикселей, пригодная для массового производства;
- контроль бугорков припоя диаметром 30 мкм с разрешением по оси Z 0,1 мкм;

- оптимизированные методы обработки изображений и передовые алгоритмы, рассчитанные на контроль до двух миллионов бугорков припоя;

- технология отслеживания Z-координат и привязка к контактным площадкам для коррекции пространственных искажений и компенсации прогиба;

- контроль прозрачного флюса с использованием фирменной оптической схемы и проприетарных алгоритмов.

Для лучшего понимания необходимо отметить, что размеры бугорков припоя при монтаже по технологии C4 и слоев паяльной пасты на контактных площадках компонентов типоразмера 0201M крайне малы. Поверхность бугорков сильно блестит, затрудняя получение стабильных результатов 3D-измерений. Тем не менее благодаря высокоскоростной камере с разрешением 3,5 мкм/25 мегапикселей и алгоритмам контроля на базе ИИ система Meister S способна измерять геометрические параметры таких бугорков припоя и микрослоев паяльной пасты. Диаметр шариков припоя у компонентов BGA гораздо больше, чем у бугорков припоя в технологии C4, но они так же блестят, поэтому контроль с применением традиционных средств становится затруднительным. Система Koh Young Meister S обеспечивает надежное 3D-измерение таких объектов. С уменьшением размеров бугорков припоя и повышением плотности их расположения в некоторых технологических процессах формирование бугорков на стороне монтажа по технологии C4 заменяется нанесением флюса. Но и в этом случае Meister S способна помочь производителям контроли-



Рис. 7. Meister S

ровать качество нанесения флюса, чтобы обеспечить высокие показатели выхода готовой продукции и низкий уровень брака.

Контроль кристаллов и компонентов

Поговорим теперь о размещении кристаллов и компонентов (рис. 8). Здесь требуется надежный контроль компонентов типоразмера 0201M с очень мелким шагом, а также контроль кристаллов с зеркальной поверхностью. Порой необходима и возможность

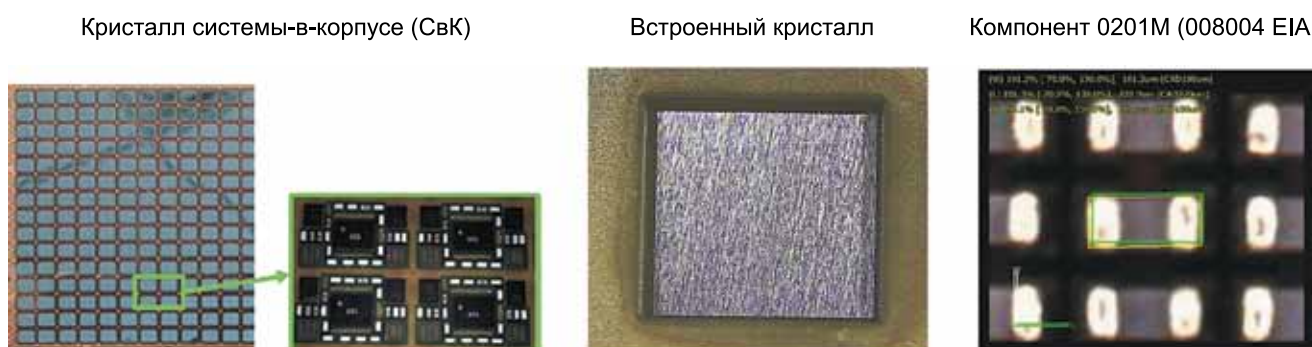


Рис. 8. Контроль кристаллов и компонентов



Рис. 9. Meister D+

контролировать встроенные кристаллы, смонтированные в полостях на подложке.

Системы Koh Young Meister D и Meister D+ (рис. 9) представляют собой решения для контроля компонентов поверхностного монтажа и полупроводниковых кристаллов. Серия Meister D, предназначенная для контроля плотно расположенных компонентов и кристаллов с высокой отражающей способностью, имеет следующие основные особенности:

- контроль кристаллов и компонентов малого размера (типоразмер 0201M/008004 EIA);
- превосходные характеристики контроля благодаря ИИ-алгоритмам, разработанным Koh Young Research America;
- полное 3D-измерение высоты и наклона при плотном расположении компонентов с зазором от 50 мкм;
- надежный контроль кристаллов, компонентов и светодиодных устройств.

Рассмотрим оба процесса, обратившись вначале к контролю компонентов поверхностного монтажа. В серии Meister D реализовано несколько технологий проецирования, позволяющих решить проблему затенения и обеспечить надежное 3D-измерение. Благодаря этому можно измерять плотно расположенные компоненты с зазором от 50 мкм и компоненты, смонтированные между более высокими корпусами типа BGA — то, что способно вызывать затенение и создавать помехи применению традиционных методов контроля.

Кроме того, для системы не помеха кристаллы с высокой отражающей способностью, которые в ином случае делают 3D-контроль практически невозможным из-за трудностей с оптической триангуляцией. Для решения этой проблемы компания Koh Young разработала уникальное оптическое решение. Эта новая технология 3D-измерения помогает надежно контролировать кристаллы в 3D-режиме, даже если их поверхность почти зеркально отражает свет, и успешно справляется с контролем встроенных кристаллов, смонтированных в полостях.

Контроль заливки

После размещения кристалла некоторые производители заливают пространство под ним эпоксидным компаундом для лучшего крепления или повышения надежности BGA-соединений. В связи с этим необходимо контролировать толщину заливки, чтобы обеспечить надлежащее нанесение и отвердевание компаунда. Однако 3D-измерение толщины слоя жидкого компаунда в поперечном сечении — нелегкая задача (рис. 10).

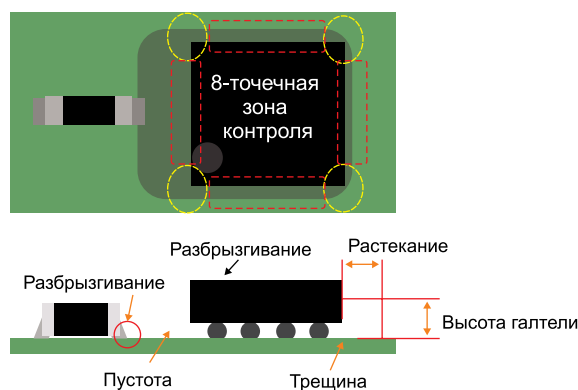
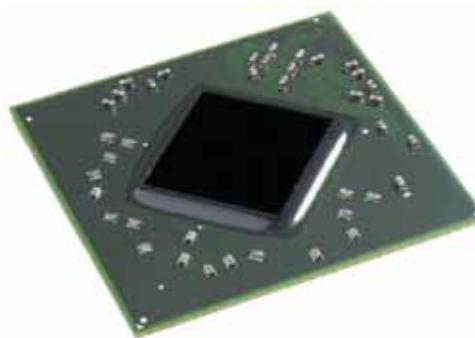
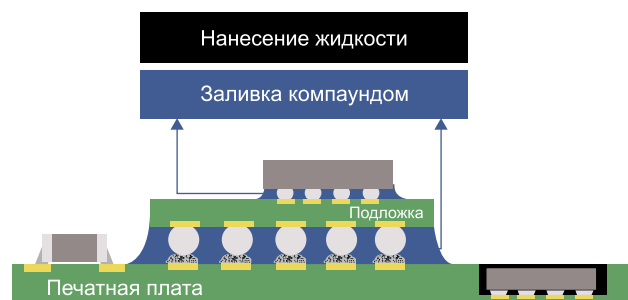


Рис. 10. Контроль заливки



Рис. 11. Neptune C+



Рис. 12. ZenStar

Система Koh Young Neptune C+ (рис. 11) — технологический прорыв в 3D-измерениях для контроля нанесения жидкостей. Она позволяет измерять профили толщины слоя нанесенной прозрачной жидкости, например эпоксидного компаунда и конформных покрытий. Система Neptune C+ имеет следующие основные особенности:

- истинное 3D-профилирование по всей площади со скоростью производственной линии;
- технология L.I.F.T. (лазерная интерферометрия для жидкостной томографии), обеспечивающая неразрушающий 3D-контроль для точного измерения геометрических параметров слоев жидких и отвержденных составов;
- простые, интуитивно понятные средства программирования и пользовательский интерфейс;
- точное измерение полноты покрытия, толщины и однородности с применением алгоритма машинного обучения и ИИ.

Контроль на уровне пластины

Современные электронные устройства становятся сложнее, функциональнее и совершеннее, а их компоненты при этом миниатюризируются и требуют все более плотного размещения. Корпусирование на уровне пластины (WLP) — технология, при которой кристалл корпусируется еще на том этапе, когда он находится в составе полупроводниковой пластины. WLP относят к новому поколению технологий корпусирования, она не только обеспечивает максимальный выход готовой продукции, но и снижает производственные затраты. Выявляя дефекты до разделения пла-

стин при помощи точных методов контроля, производители могут повысить выход готовой продукции без дополнительных затрат.

Для реализации технологии WLP необходимо решение, которое позволяло бы работать с полупроводниковыми пластинами или кольцевыми держателями. Для этих целей компания Koh Young создала измерительную систему ZenStar (рис. 12), в которой сочетаются новаторские алгоритмы машинного зрения и оптика высокого разрешения для контроля бугорков, столбиков на пластинах и кристаллов с высокой отражающей способностью, а также компонентов поверхностного монтажа. Для выполнения манипуляций с полупроводниковыми пластинами и кольцевыми держателями в чистом помещении, без прикосновений человека, систему оборудовали двухманипуляторным модулем сопряжения

(Equipment Front End Module, EFEM) — стандартным средством автоматизации полупроводникового производства. Серия ZenStar имеет следующие особенности:

- проприетарная технология глубокого обучения для расширенного контроля трещин, повреждений от посторонних предметов, сколов и т. п.;
- самые широкие в отрасли возможности истинного 3D-измерения благодаря применению проприетарной технологии глубокого обучения;
- контроль бугорков на пластине диаметром от 10 мкм;
- истинное 3D-измерение высоты и наклона на кристаллах с высокой отражающей способностью;
- встроенный модуль сопряжения (EFEM) для пластин диаметром 300 мм.

Совершенствование технологических процессов с помощью искусственного интеллекта

Путь к повышению выхода готовой продукции лежит не только через улучшение характеристик систем контроля. На службу этой цели компания Koh Young поставила программный пакет KPO (Koh Young Process Optimizer) (рис. 13). При контроле нанесения паяльной пасты (SPI) программа KPO Printer взаимодействует с устройством трафаретной печати, регулируя в реальном времени давление ракеля, скорость движения ракеля и скорость отделения трафарета для повышения качества печати. KPO Mounter анализирует, на какой контактной площадке или у какого сопла возникла проблема. Если сбой связан не с контактной площадкой или соплом, а с программной настройкой, его можно устранить коррекцией позиции монтажа. В программном пакете KPO реализована новаторская технология моделирования на базе машинного обучения, которая обеспечивает анализ данных для определения факторов, приведших к сбою, и корректировку этих факторов с применением автоматизированных механизмов обратной связи и оптимизированных настроек.

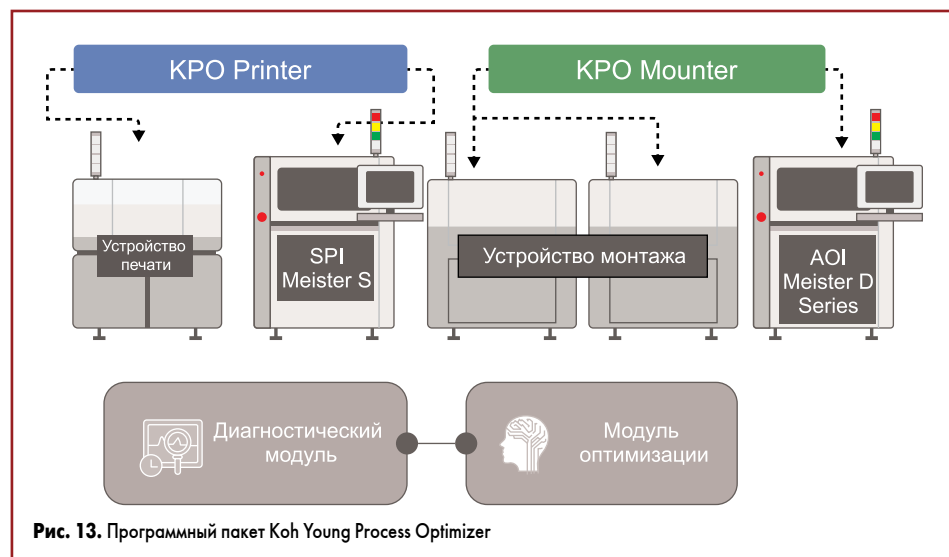


Рис. 13. Программный пакет Koh Young Process Optimizer

Эпоха конвергенции

В эпоху конвергенции между технологиями корпусирования полупроводниковых изделий и поверхностного монтажа важнейшую роль в обеспечении качества и надежности электронных устройств играют оборудование и программное обеспечение для автоматизированной сборки под оптическим контролем. Точный контроль кристаллов и компонентов, надежный контроль паяных соединений и бугорков или шариков припоя и мощные программные средства автоматизированного оптического контроля с применением ИИ — вот основополагающие требования, которым должно удовлетворять такое оборудование. Интеграция оборудования и программного обеспечения для автоматизированной сборки под оптическим контролем с производственными системами повышает общую эффективность, обеспечивает возможность мониторинга в реальном времени и предоставляет ценную информацию для непрерывного совершенствования.

По мере развития отрасли производителям следует внедрять новые достижения технического прогресса, в том числе ИИ, машинное обучение и аналитику больших данных для совершенствования методов контроля и оптимизации технологических процессов поверхностного монтажа, корпусирования и полупроводникового производства. Выполняя основные требования к контролю и внедряя перспективные инновации, производители смогут выпускать высококачественные устройства, отвечающие потребностям современного рынка, и оставаться в авангарде производственной отрасли.

Комментарий специалиста

Кирилл КРЕМЛЁВ, руководитель направления «Оборудование для производства электроники»
kremlev@dipaul.ru



Повсеместное наличие электроники, которая насытила жизнь различными девайсами, стало привычным явлением.

Электроника доминирует во многих производственных сферах. Год от года устройства становятся эффективнее, умнее и миниатюрнее, а их количество неуклонно растет.

При этом современная электроника по своим стандартам уже давно приблизилась к тому, что принято называть микроэлектроникой.

Например, компоненты в корпусе 01005 и микросхемы с малым шагом выводов — это уже обыденность для производителей электроники, осуществляющих SMD-монтаж.

И здесь мы сталкиваемся с тем, что такие компоненты сложно разглядеть невооруженным глазом (например, размеры корпуса 01005 всего 0,2×0,4 мм).

Поверхностный монтаж (SMD-монтаж) — технология изготовления электронных изделий на печатных платах, а также связанные с ней методы конструирования печатных узлов.

И если сам процесс сборки сейчас уж налажен, то к контролю качества (тем более автоматизированному и в больших объемах) остается много вопросов. Эти сложности требуют серьезного внимания, так как стоимость подобных изделий высока, а спектр применения разнообразен (в том числе в сферах, связанных с безопасностью человеческой жизни).

Отследить качество сборки таких изделий (неразрушающим методом) возможно или с помощью рентгена, или с помощью оптических инспекций.

Но для большинства производителей оптических инспекций малые размеры, блестящие, полупрозрачные и бликующие элементы — непосильные вводные.

К исключению из правил можно отнести компанию KohYoung — мирового лидера в производстве оптических систем для инспекции электроники. Ее специалисты тщательно проанализировали вызовы отрасли и подготовили набор современных комплексных решений для их реализации. Результатом стали установки серии Meister и Neptune, а также новое ПО на основе ИИ.

Использование этих систем инспекции на этапах нанесения паяльной пасты, установки компонентов и герметизации (заливка на и под компонент, конформное покрытие) в автоматизированном процессе, позволяет отследить наличие брака на ранних этапах, когда затраты на ремонт еще не столь высоки. Сбор и хранение данных по изделиям обеспечивают анализ производственных процессов и оперативное выявление причин отказов (в том числе в гарантийный период).

Росэл усовершенствовал технологию производства полиамидных плат для спецаппаратуры



Холдинг Росэл Госкорпорации Ростех разработал технологию высокоточного производства гибких полиамидных печатных плат. Завершена отработка технических процессов, позволяющих создавать изделия, которые сохраняют работоспособность даже при экстремальных температурных режимах. Изделия выпускаются исключительно из российских материалов.

Гибкие печатные платы используют при производстве смартфонов, планшетов, медицинской техники, роботов, а также аппаратуры специального назначения. Они создаются из специальных полимеров — полиамидов. Основным преимуществом таких изделий перед платами из стеклотекстолита станут их легкость, эластичность и термостойкость. Однако исключительная гибкость

создает сложности в обработке материала и препятствует качественному высокоточному сверлению.

Решить эту задачу смогли в производственном объединении «Электроприбор» Концерна «Автоматика» (входит в Росэл). Разработчики применили технологию фиксации гибкой заготовки с помощью вспомогательных материалов. При таком подходе полиамидная заготовка располагается между двумя листами. Нижний выполнен из древесно-волоконной плиты высокой плотности со специальным покрытием, благодаря которому формируется ровная поверхность под полиамидом. Дополнительное прижатие полиамида обеспечивает верхний накладочный алюминиевый лист, который размещается над заготовкой. Такой подход гарантирует точность сверления в пределах 20–25 микрон.

На предприятии завершена отработка технологических процессов, позволяющих создавать изделия, размер которых варьируется в пределах от 24×30 мм до 345×313 мм. Такие платы сохраняют работоспособность в температурном диапазоне –60...+120 °С.

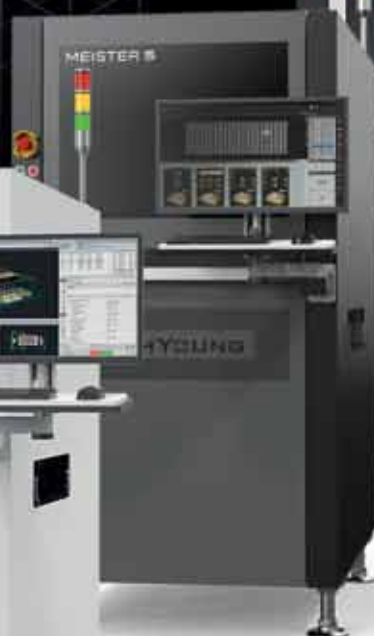
Сегодня «Электроприбор» производит двухсторонние полиамидные платы 5-го класса точности, а в некоторых технически обоснованных случаях — даже с элементами 6-го класса точности. Класс точности печатной платы характеризует наименьшие значения размеров элементов проводящего рисунка печатной платы и определяет допустимый предел отклонений в толщине, отверстиях, размерах и других параметрах платы в процессе ее изготовления. Ширина проводника печатной платы, а также расстояние между проводниками при 5-м классе точности составляет 0,1 мм, при 6-м классе точности — 0,075 мм.

www.ruselectronics.ru

Система 3D автоматической оптической инспекции



**KohYoung
Zenith**



**KohYoung
Meister**



**KohYoung
SPI**



Технолог, Do You Speak English? SMT Does!

English мой — друг мой.

И. Закиров

Известно, что поверхностный монтаж (ПМ) печатных узлов (ПУ) как технология SMT (Surface Mount Technology) был западной разработкой и проектировался на языке оригинала — “Designed in English”. Соответственно, все составляющие SMT — стандарты и сопутствующая НТД разработчиков и изготовителей компонентов (SMD), материалов, оборудования, инструмента — имеют в подавляющем большинстве англоязычное содержание и описание. И до сих пор многие эти входящие SMT поставляются в Россию из зарубежья. К сожалению, официально переведенной на русский язык западной НТД почти не существует (особенно по интегральным SMD), а некоторые переводы даже по материалам технически не точны. Поэтому российским специалистам крайне важно ориентироваться в техническом языке оригинала SMT для создания безупречно действующей производственной документации, в том числе и техпроцессов изготовления РЭА. Тем более когда возникает необходимость обращения к изготовителям с целью техподдержки.

Ильдар Закиров

Amineff.Eldar@yandex.ru

ТД и ТП — не т.д. и не т.п.

ТД (технологическая документация), в том числе ТП (технологические процессы) изготовления РЭА — неотъемлемая часть документального сопровождения любого производственного предприятия, как и КД (конструкторская документация). Да и любая другая, касательно данной конкретной организации — НД (нормативная), НТД (нормативно-техническая), как, впрочем, юридическая, бухгалтерская, кадровая, производственная и т.д., и т.п.

Наличия ТД для правильного исполнения технологий требуют ЕСТД (Единая система ТД), ЕСТПП (технологическая подготовка производства), система разработки и постановки продукции на производство (СРППП), другие системы и соответствующие им ГОСТы, и т.д., и т.п.

Без внешней НТД нет внутренней КД

Как известно, в РЭА входят ПУ (печатный узел/узлы, с влагозащитой или без), разветвленная соединительная периферия с разъемами, блок (блоки) питания, индикаторы, корпус-каркас с антикоррозийным покрытием, соответствующий крепеж и т.д.

И на все монтажные сборки, спецпроцессы типа влагозащиты, герметизации, покрытий и другие техпроцессы конструкторская служба как разработчик РЭА должна подготовить свою внутреннюю НТД в виде КД, применяя ГОСТы ЕСКД и других систем, необходимых в качестве как требований, так и инструментария. А вот для правильного ис-

пользования в SMT-конструкции РЭА конкретных электронных/электрических компонентов, комплектующих, материалов, а также для адекватного оформления подробных чертежей и спецификаций КД конструктору требуется их детальное актуальное описание от производителей. И еще, конечно, регламентирующие документы — юридические, конструкторские, технологические, в том числе внешняя НТД/SMT и стандарты.

НТД SMT: DESIGNED IN ENGLISH — и точка!

Как уже отмечалось, многие элементы конструкторской (Designing) и технологической основы ПМ/SMT/смешанного монтажа, а также компонентная номенклатура: SMD (Surface Mount Device)/MSD (Moisture Sensitive Device), THT (Through Hole Technology) & CTH (Components Through Hole), PIP (Pin-In-Paste)/Paste-In-Hole («штырь в пасте»/«паста в МО»), Press Fit Components; и материально-техническая база SMT (материалы и химия, оборудование, приборы, те же мультиметры, анализаторы, даже шпатели и безворсовые салфетки, и др.) — до сих пор поставляется в Россию из-за рубежа.

Но, автор надеется, что все смелее и сильнее пробиваются «ростки импортозамещения». Ну а то, что уже сейчас называют «импортозамещенным», автор считает все же «содержащим ингредиенты оттуда»...

Судя по маркировке на компонентах (если позволяет размер чипов) и упаковках материалов, сопроводительных документах (если, конечно, реальных) — это США и их представители, Германия и ее дистрибьюторы, Япония и ее «официалы», Италия, Южная

Корея, Тайвань, очень много из Китая, и ПП — тоже... А во времена «параллельного импорта» и через «параллельные» страны возможно и «параллельное» качество.

Without IPC — Nothing To See/без IPC — не туды и не сюды

Стандарты IPC как наиболее успешного института из «схемопечатников» отрасли имеют чуть ли не первостепенное международное хождение, а в России часто применяются в качестве безальтернативных, так как российские ГОСТы по SMT пока в роли «догоняющих».

IPC — хороши, но ГОСТ — понятен и прост

Однако стоит отметить большую категоричность и конкретность части уже «вышедших» SMT/ПМ-ГОСТов против меньшей определенности критериев допустимости некоторых IPC.

НТД не будет — и «кина» не будет

Конструкторская служба и служба качества должны обеспечить предприятие всей актуальной НТД/SMT по всей разрабатываемой к выпуску РЭА и по каждому входящему компоненту/материалу, а финансовая служба — оплатить все это, чтобы:

1. Договорный отдел смог заключить адекватный договор на поставку SMT-товара.
2. Снабжение смогло должным образом оформить заказ и нормально получить поставку.
3. Служба качества — без проблем идентифицировать на входном контроле поступление комплектующих, компонентов, материалов и обеспечить операционный контроль по всему ходу исполнения ТП.
4. А технологи и исполнители ТП — успешно применить на монтаже, влагозащите, сборке и т. д.
5. Технолог, «привязанный» ко всем этапам и ТП производства, имел возможность изучить всю НТД по каждому звену всей цепочки изготовления!

«В наше время не КОСи́ли»

Недаром на авиазаводе, куда автор был распределен в качестве молодого специалиста после окончания вуза (БашГУ), существовал целый КОС — Конструкторский отдел стандартизации, где можно было «пошупать» необходимый НТД-документ, изучить его и сделать обоснование. И никому из обращающихся в КОС «авиаторам» даже не приходило в голову, что запрашиваемый ими документ мог быть «устаревшим» или вообще отсутствовать. Ведь КОС реально приобретал, актуализировал, идентифицировал, прослеживал и отслеживал НТД.

А полный ли «П»орядок?

На деле же предприятие типа «П» часто получает «полный» комплект НТД/SMT:

1. Стандарты IPC — минимальный «джентльменский» набор из десятка наименований, годами не обновляющийся, хотя, согласно таблице ревизий IPC (рис. 6 и табл. 1), только по 2024 году автор насчитал порядка пятисот наименований, многие из которых описывают на порядок больше «реальных тем», чем имеет десяток «П», а потому просто необходимы. Но почти все интересующие актуальные IPC были недоступны и в «мирные» времена, поскольку они платные, а в связи с санкциями многие страницы вообще оказались закрыты (рис. 1).
2. ГОСТы: часть есть в свободном доступе, часть — платные, но дешевле, чем IPC. По SMT — все же IPC пока более прогрессивны. Впрочем, отрадно, что некоторые ГОСТы уже «работают» без IPC, если отнести к поверхностному монтажу не поверхностно, а более глубоко.
3. Наличие TDS (Technical Data Sheet) компонентов (или descriptions, описания) и PDS (Product Data Sheet) материалов — как НТД от производителя — руководство «П» считает достаточным. Однако для технических служб это явный некомплект имеющихся документов!

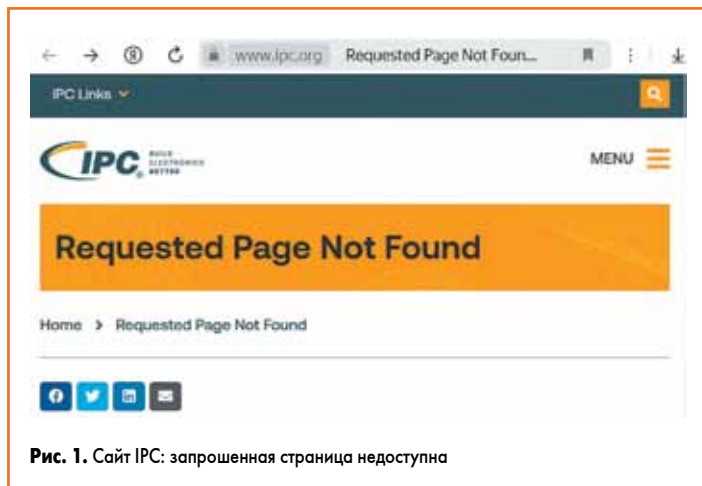


Рис. 1. Сайт IPC: запрошенная страница недоступна

4. Многие TDS и PDS если и скачаны с сайтов производителей или их представителей, то, естественно, in English! Тоже редко обновляются, хотя производители предупреждают через TDS/PDS, что не обязаны извещать об изменениях.
5. Переводов официальных, особенно TDS, по серьезным компонентам типа IC (интегральные схемы) практически не существует, разве что некий объем электрических характеристик на сайтах российских продавцов, при том, что есть TDS объемами сотни страниц.
6. Отсутствие русскоязычных адаптированных версий TDS/PDS — большая проблема для снабженцев при заказе и для работников входного контроля при идентификации закупок, да и для производителей, им ведь приходится обращаться за помощью к инженерам-схемотехникам или к инженерам-технологам.
7. В некоторых TDS имеются или неполные данные, или они вообще отсутствуют — по раскрытию маркировки, срокам годности, монтажу, сборке — ESD/protection, MSL, финишное покрытие паяемых контактов (или химсостав шариков BGA), термопрофили и рекомендации по пайке, рекомендации по отмывке, влагозащите, сборке, герметизации и т. д.), а это крайне необходимая информация для инженеров-технологов и других служб (рис. 2–4). Плюс ко всему легко перепутать разные исполнения Package под одним наименованием — например, MX25L12845E (рис. 3, 4).

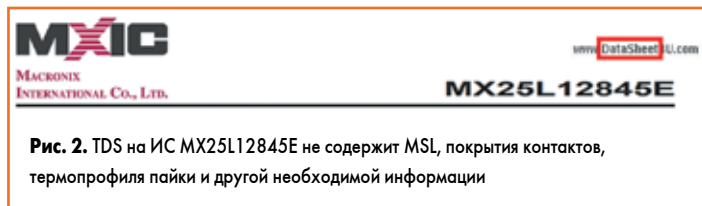


Рис. 2. TDS на IC MX25L12845E не содержит MSL, покрытия контактов, термопрофиля пайки и другой необходимой информации

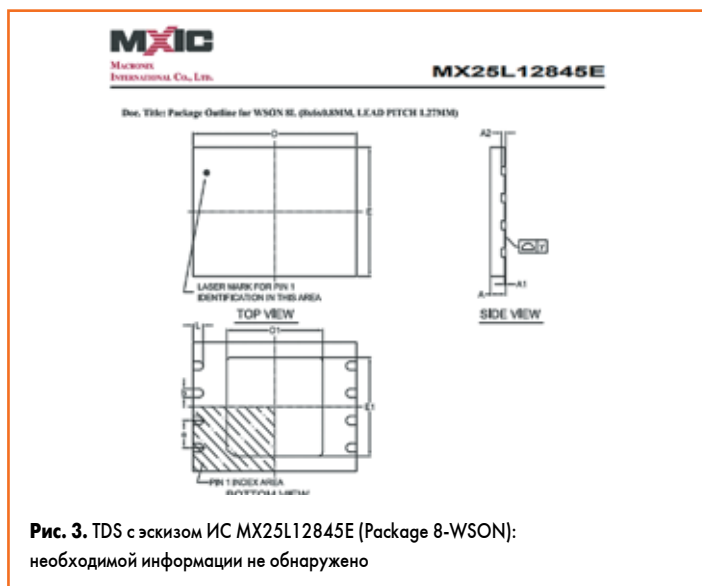


Рис. 3. TDS с эскизом IC MX25L12845E (Package 8-WSON): необходимой информации не обнаружено

MXIC
 Macronix
 International Co., Ltd.

MX25L12845E

PACKAGE INFORMATION

Doc. Title: Package Outline for SOP 16L (300ML)

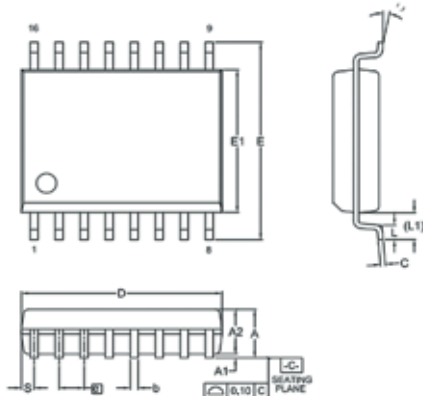


Рис. 4. TDS с эскизом ИС MX25L12845E (Package SOP 16L):
необходимой информации не обнаружено

8. Часть производителей не отражают характеристик в TDS/PDS, а группируют эти свойства по темам или дополнительно раскрывают отдельно от TDS в другой своей НТД типа Application Notes, Application Information, Additional Information, Technical Notes, Specifications, Reports, Handling Recommendations, Guidelines, White Papers, etc.
9. Некоторые производители не публикуют полный объем своей технической литературы для свободного доступа; то есть, не будучи прямым покупателем, можно многого и не почерпнуть по искомой теме, а во время действующих санкций — и подавно.
10. Чертежи (Drawings) производителей компонентов: одни чертежи имеются в TDS, другие могут существовать отдельно, значит и «добывать» приходится дополнительно-отдельно!
11. Под одним обозначением в TDS может быть несколько видов чертежей Component Package, и если поставщик есть брокер «седьмого колена», то у него в сопроводительных документах может даже отсутствовать полный набор знаков для маркировки обозначения (Part Number). Естественно, легко перепутать такие невзаимозаменяемые компоненты (рис. 3, 4).
12. Кроме того, даже при наличии в TDS правильного вида чертежа (эскиза) Package, нужных данных для правильной пайки может и не оказаться, а будет лишь ссылка на другой, «более глубокий документ», к тому же недоступный.

13. На разъемы, особенно межплатные (Board-To-Board), может иметься несколько видов самостоятельных чертежей на один и тот же Part Number, и часть из них не то что легко упустить из виду, но и вообще не знать, что надо увидеть! В одних только размеры и исполнения, в других могут быть специфические рекомендации по монтажу, особенно у соединителей с совмещением ПМ и смешанного монтажа, типа “Not To Be Inverted” («Не переворачивать») или “To Be Soldered Using Paste-In-Hole Technology” («Паять по технологии «паста в металлизированных отверстиях») (рис. 23), и это тоже может быть не учтено, если комплект чертежей архива КД/НТД/SMT неполон или если «слабый английский», и тогда разъем просто отваливается при Reflow-пайке второй стороны ПУ.
14. Некоторые производители не публикуют изменений в чертежах, а сообщают о них только своим непосредственным и постоянным покупателям. В период санкций — тем более.
15. MSDS (Material Safety Data Sheet) & SDS (Safety Data Sheet) — типа «паспорта безопасности материала»: до них вообще нет никому дела, кроме инженера-технолога и, возможно, принципиального инженера по охране труда (при наличии), так как инженер-технолог должен отразить охрану труда в ТП. Поэтому MSDS и SDS инженер-технолог ищет сам, сам же должен разобраться-сориентироваться и адекватно внести правила обращения и поведения в ТП, а то и в инструкции по технике безопасности на различных участках предприятия. Хотя охрана труда — не вопрос инженера-технолога и вообще не технологический вопрос. И если руководство «П» не профинансировало полное обеспечение техники безопасности, например, вытяжной вентиляции на действующем участке влагозащиты с соответствующей химией в воздухе рабочей зоны, а инженер-технолог вынужден фиксировать это нарушение как несоответствие ТП, то тормозит производство не инженер-технолог, а топ-менеджмент!

Прорабатываешь НТД — прокачаешь КД и ТД

Для проведения технологической проработки КД перед составлением ТД/ТП инженеру-технологу необходим полный комплект НТД, и автору пришлось немало «перелопатить руды» для определения необходимых свойств (in English, на минуточку!).

Standards and Стандарты

“DESIGNED IN ENGLISH” означает обширное поле иноязычных международных стандартов IPC, IEC, ISO, DIN и т. д. Самые «крутые», конечно, IPC, тем более они описывают методологию всего цикла изготовления ПУ/РЭА — от проектирования ПП/ПУ/РЭА чуть ли не до отверточной сборки РЭА. Но далеко не все из них переведены официально на русский, и не так много принятых к российским стандартам и переработанных в качестве ГОСТов. Но даже переведенные легитимно, одни имеют зачастую статус модифицированных от зарубежных, а другие, если и имеют статус «идентичных» тем же зарубежным почти «один в один», то при арбитраже предпочтение отдается первоисточнику-оригиналу (рис. 5), то есть для обоснованной аргументации жизненно необходимо ориентироваться в англоязычных стандартах-первоисточниках...

Кстати, стандарт IPC-A-610G RU (рис. 5) переведен на русский язык в Польше (!).

А «крайняя» актуальная версия оригинала «Н» обойдется покупателю: электронный вид — члену IPC в \$169.00, нечлену IPC — \$282.00; печатный вариант — \$212.00 и \$353.00 соответственно. А еще не забудем о расходах на «официальный» перевод. Короче, очень недешево, хотя на переводе можно сэкономить, если «не тормозить и догонять» English!

ГОСТ или IPC?

Тем не менее в России верховенство имеет ГОСТ, даже будучи идентичным-модифицированным-неэквивалентным международному стандарту. Другое дело, что в ГОСТах оговорен пока не весь круг тем IPC и реально возникающих производственных ситуаций, на который можно было бы опереться как на основание заключения. Автор очень надеется, что вопрос — чисто времени, возможно, и ближайшего!

IPC

IPC-A-610G RU

Критерии приемки электронных сборок

If a conflict occurs
between the English
and translated versions
of this document, the
English version will take
precedence.

В случае противоречия
между англоязычным
изданием и переводом
данного документа
преимущество имеет
англоязычное издание.

Разработан рабочей группой IPC-A-610 (7-31b) Подкомитета
по приемлемости (7-31) Комитета IPC по обеспечению качества
производства (7-30)

Переведено:
RENEX EEC
Al. Kazimierza Wielkiego 6E
87-800 WŁOCŁAWEK
POLAND
www.ipctraining.pl

Актив
Члены
раздел

Рис. 5. Переведенный на русский язык стандарт IPC-A-610G RU
с указанием приоритета языка оригинала (в рамке)

ГОСТ Р 54849 “Feating” IPC-840

Автору известна одна «комичная» история: заказчик («П») на входном контроле бракует ПП поставщику из-за несоответствия качества паяльной маски и того, что под маской, требованиям ГОСТа Р 54849 «Маска паяльная для ПП», являющегося модифицированным по отношению к IPC-840 “Qualification & Performance Standard for Permanent Solder Mask”, «Стандарт квалификации и исполнения постоянной паяльной маски», на который в IPC-600 «Приемка ПП» в свою очередь имеется ссылка для более подробных критериев допустимости/недопустимости дефектов ПП. Для разрешения спора надо было обратиться к англоязычному оригиналу IPC-840, но этот стандарт, отсутствуя в свободном доступе, упорно не приобретался ни покупателем, ни поставщиком ПП. В итоге заказчик при участии автора и Ко (служба качества) забраковал эти ПП на основании данного ГОСТа.

IPC-600 (2004) VS IPC-600 (2010)

Еще один «веселый» случай из практики автора: заказчик, у которого имеется стандарт IPC-600 версии 2004 года, бракует платы поставщику ПП, у которого в активе есть стандарт IPC-600 более свежей версии 2010 года, причем успешно.

ГОСТ 23752-79 и IPC-1601

Еще момент: некоторым этапам цепочки изготовления РЭА, например, упаковки, транспортировки и сохранности ПП — российской базе НТД все-таки необходима доработка. Например, действующий ГОСТ 23752-79 «Платы печатные. Общие технические условия», по сути, не требует вакуумной герметичности самой упаковки ПП, хотя и оговаривает помещение их в полиэтиленовые мешки и присутствие осушителя. В отличие от сравнительно недавно появившегося стандарта IPC-1601 “Printed board handling and storage guidelines” («Рекомендации по обращению и хранению ПП»), который обозначает и вакуумную упаковку (MBB, Moisture Barrier Bag), и индикатор влажности (HIC, Humidity Indicator Card), и индивидуальное прокладывание специальной бумагой каждой ПП в качестве защиты покрытия печатного рисунка в стопке плат — тем самым обеспечивая покупателям подведение нормативной базы в контрактах поставки ПП и облегчая задачу сохранности.

Ведь не секрет, что ПП являются гигроскопичными, поэтому появление дефектов типа вздутия зависит от степени насыщения влагой основы ПП, а покрытие печатных проводников из-за воздействия влаги и некоторых газов в воздухе имеет ограниченный срок годности по паяемости; отсюда задача — исключить факторы воздействия внешней среды.

К тому же IPC-1601 прямо рекомендует предварительную сушку (Baking) ПП, независимо от качества упаковки, условий транспортирования и хранения, тем самым создавая пояснение необходимости данной операции и обоснование для пользователей. До выхода в обращение стандарта IPC-1601 сушка ПУ оговаривалась лишь при ремонте, а ссылки на стандарт IPC-JEDEC J-STD-033 «Обращение, упаковка, транспортировка и использование компонентов поверхностного монтажа, чувствительных к влаге и пайке методом оплавления», касающегося только SMD, формально не обоснованы для ПП, то есть своим появлением IPC-1601 как бы замкнул цикл правил обращения с ПП, произведя тем самым общую базу для ПП и компонентов. В свободном доступе возможно раздобыть часть Draft-версии, естественно, англоязычной.

IPC-1601 против ГОСТ Р 56427

ГОСТ Р 56427 «Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бесвинтовой и традиционной технологии», введенный впервые относительно недавно, тоже добавил ясности в обращение с ПП. Уже при определении срока годности он обозначил более специфичную и характерную для SMT упаковку для ПП по сравнению с ГОСТом 23752-79: «Срок годности: время, в течение которого чувствительные к влаге поверхностно-монтажные изделия или печатные платы, упакованные в сухом состоянии, могут храниться в закрытом влагонепроницаемом пакете с сохранением требуемого уровня влажности внутри упаковки», то есть фиксирует «сухую упаковку» с «требуемой влажностью» внутри упаковки ПП.

Далее, в разделе «Требования к ПП» этот ГОСТ применяет термин «герметичная упаковка», однако не оговаривает способ достижения «герметичности», то есть как бы можно герметизировать с воздухом

и его влагой внутри, а можно выгнать весь воздух вакуумом и загерметизировать; плюс не указывает «требуемую влажность» и температуру, при которой должно хранить упаковку с ПП. Как видим, ГОСТ ясности добавил, но донца не прояснил.

Поэтому IPC-1601 как более подробный технически стандарт все же предпочтительнее.

Ну и, ГОСТ как бы, по сути, принял положения и ссылается на стандарты МЭК (Международная электротехническая комиссия) и тот же стандарт IPC-840, то есть над ГОСТом еще предстоит поработать для полной «русификации», в смысле подвести технически под российскую «юрисдикцию».

IPC-1601 Superseded (заменен) by IPC-1602

У IPC, как у организации, издающей свои документы (и стандарты), существует своя система обновления (реvisions). Периодически она выкладывает изменения в виде таблицы (рис. 6, табл. 1).

 IPC Document Revision Table				
Product ID	Document Name	Responsible Committee	Status	DoD
© 2024 IPC International, Inc.				

Рис. 6. Заголовок Таблицы ревизий документов IPC 2024 г.

Таблица 1. Часть Таблицы ревизий IPC 2024 г. касательно IPC-1601 и IPC-1602

Product ID	Document Name	Responsible Committee	Status	DoD
IPC-1601	Printed Board Handling and Storage Guidelines	D-35	Superseded by IPC-1602 Rev A 6/16 Orig. 8/10	
IPC-1602	Standard for Printed Board Handling and Storage	D-35	Orig. 4/20	

Что касается IPC-1601, то данный стандарт заменяется на IPC-1602, табл. 1, и судя по названию, суть остается примерно той же, что автор излагал чуть выше.

IPC caution: осторожно, «замороженное стекло»!

При желании в Интернете можно обнаружить переводы некоторых IPC. Однако они вполне могут иметь технические неточности, к сожалению, как необъективные.

IPC-TM-650 Руководство по проведению испытаний	
Номер 2.4.43	Тема Паяльная паста — испытание на образование шариковых выводов
Дата 1/95	Редакция
Исходящая рабочая группа Рабочая группа по паяльной пасте (5-24b)	

Рис. 7. IPC-TM-650, № 2.4.43 (русс.),

испытание паяльной пасты на «...образование шариковых выводов»

 IPC-TM-650 TEST METHODS MANUAL	
Number 2.4.43	Subject Solder Paste—Solder Ball Test
Date 1/95	Revision
Originating Task Group Solder Paste Task Group (5-24b)	

Рис. 8. IPC-TM-650, № 2.4.43 (оригинал, eng.),

дословно: «Паяльная паста-тест на шарики припоя»

Например, IPC-TM-650 "Test Methods Manual" («Руководство по тестовым методам»), испытание «2.4.43», "Solder Paste-Solder Ball Test" («Паяльная паста-тест шариков припоя»).

1. Но «шарики» переведены как «выводы», что не совсем корректно, (рис. 7), в оригинале же — "ball" («шарик») (рис. 8). «Выводы» — это паяемые контакты обычно из медных сплавов (Leads, Pins) SMD, а не химсоставов припойных материалов, припой лишь припаявает SMD через Leads к Lands (КППП). Кроме разве что BGA, где выводы и есть шарики припоя. В общем-то, специалисту понятно, но, тем не менее, не совсем точный перевод.
2. Далее, «замороженное» предметное стекло (рис. 9). В оригинале — "Frosted" (рис. 10). Да, "Frost" переводится как «мороз», и велик соблазн "Frosted" представить как «замороженный». Однако для данного технического случая "Frosted" означает «матовый». Далее, «эпоксидно-стеклянная» тоже звучит как-то не очень (рис. 9) — скорее всего, стеклотекстолитовая (ткань, пропитанная смолой) ПП. И потом: "Alumina substrate" (рис. 10) — не совсем «алюминиевая подложка» (рис. 9), а вернее, керамическая, как материал для керамических ПП. Так что при выборе в качестве образца подложки алюминиевой пластины вместо керамической могут получиться необъяснимые результаты, а все из-за неточного перевода.

3.0 Испытательный образец Замороженное предметное стекло, алюминиевая подложка или эпоксидно-стеклянная печатная плата толщиной 0.60 – 0.80мм минимальной длиной и шириной 76мм и 25мм соответственно.

Рис. 9. Перевод пункта 3.0 "Test Specimen", выделены слова «замороженное» и «алюминиевая» как неточный перевод с оригинала на рис. 10

3.0 Test Specimen Frosted glass microscope slide, alumina substrate or glass/epoxy printed circuit board with a thickness of 0.60 to 0.80 mm and a minimum length and width dimension of 76 mm and 25 mm, respectively.

Рис. 10. «Испытательный образец» (Test Specimen) оригинала, в котором выделены сомнительно переведенные слова

Как видно, указанный перевод (рис. 7–10) может дезориентировать специалиста, не обладающего знаниями английского, тем более технического, и подвести его к неправильному проведению испытания и неадекватному принятию результатов.

Автор надеется, что в официально поставляемом IPC-TM-650 "Test Methods Manual" таких «неточностей», что обнаружены в переведенном документе, не содержится. Видимо, в «Инете гуляют» недоработанные «переводы оригиналов», поэтому — однозначно приобретать переводы у «официалов»! А еще лучше — работать с оригиналом и учить English!

Однако «воз и ныне» — SOS!

Даже приведенные аргументы «не убеждают» топ-менеджеров «П» в острой потребности приобретения актуальной НТД в необходимом объеме, а не «левой надерганной» абы какой, абы откуда!

«Вспомнить старое»

Еще нюанс: информация нужна позарез, а тот или иной стандарт IPC еще не переведен на русский, но доступен в Интернете, пусть и старой версии. Тогда "Technical English speaking" специалист сможет разобраться и в тексте темы, и с большей вероятностью «попасть в точку», даже исходя из «устаревшей», но не «престарелой» информации.

IPC: "Draft For Ballot"

Другой пример. Необходима информация по конкретному стандарту IPC, он уже вышел, однако еще не переведен и, мало того, недоступен во «Всемирной паутине». Но существуют Draft-Ballot-версии (типа незаконченные, вынесенные на обсуждение и голосование, хотя с довольно большим процентом потенциальной завершенности) —

в этом случае с большей вероятностью «да», чем «нет», информация будет достоверна, если, конечно, за душой есть базовый технический английский.

TDS/PDS SMT-материалов

TDS — дословно «листы технических данных» (рис. 2–4, 13–17), их часто переводят как «ЛТИ, лист технической информации». Еще есть PDS — типа «лист данных продукта» (рис. 11). В них может присутствовать как вся необходимая информация, так и часть ее, а остальная Technical Information может быть разбросана по другим документам. Серьезные производители предоставляют покупателям, публикуют и актуализируют на своих официальных сайтах TDS/PDS практически на каждый свой продукт, будь то SMD, THT-компонент или SMT-материал, да и любой материал.



Рис. 11. Фрагмент PDS паяльной пасты Indium 6.4R, PDS выделен автором красной рамкой

«Богатый» Indium Corporation

Следует отметить, что на официальном сайте производителя материалов для ПМ — компании Indium Corporation (рис. 11), дана подробная документация TDS/PDS. Хотя в PDS на паяльные пасты нет рекомендаций, например, по режимам подготовки пасты (ручная или авто), но эти рекомендации оговариваются в других соответствующих документах типа Application Note. Кстати, в них можно обнаружить, что Indium рекомендует именно ручное перемешивание (Stirring) паяльной пасты шпателем (Spatula).

В любом случае и Indium Corporation, и другие солидные производители, хотя и имеют обширную базу технической литературы (часть ее в свободном доступе, часть доступна по запросам), но приглашают обращаться к ним за консультациями по технической поддержке — надо лишь мало-мальски грамотно сформулировать запрос по-английски в колонке Contact Us.

«Заботливый» HENKEL

Из тех производителей, кто более-менее «заботится» о российском рынке, можно привести HENKEL (Loctite, Multicore), чьи многие TDS переведены на русский язык; ну, может, не самим HENKELem, а российскими представителями, тем не менее. Даже имеются сертификаты госрегистрации, правда, в основном на клеевую номенклатуру (рис. 12), герметики и другие материалы — пусть не совсем «прямые» SMT-материалы. Впрочем, автор с удовольствием применял резьбовой фиксатор Loctite 243 (рис. 12) и герметики Loctite 510 с Loctite 5910 для герметизации корпусных стыков РЭА, соответственно, активаторы и очистители — при отверточной и стыковой сборке РЭА. Мало у кого из мировых производителей имеются в России подобные сертификаты, хотя бы косвенно относящиеся к SMT.

А на герметик Loctite 5910 (рис. 13) имеются вполне приличные оформленные переводы и TDS, а также паспорта безопасности (рис. 14, 15).

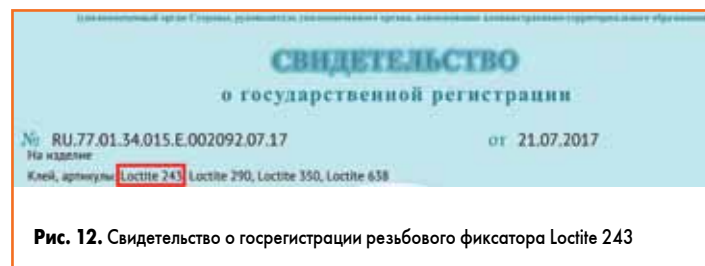


Рис. 12. Свидетельство о госрегистрации резьбового фиксатора Loctite 243

LOCTITE

Technical Data Sheet
LOCTITE® SI 5910®
 Known as LOCTITE® 5910®
 May 2014

Рис. 13. TDS герметика Loctite 5910

LOCTITE

Лист Технической Информации (ЛТИ)
LOCTITE® SI 5910®
 Прозвучное название LOCTITE® 5910
 Май 2014

Рис. 14. Перевод TDS герметика Loctite 5910 в виде ЛТИ

Однако те же запросы по дополнительной информации придется оформлять in English, если, конечно, не обращаться к российским официальным дистрибьюторам (представителям). Впрочем, даже российские представители могут и не взяться за содействие, если не приобретать у них определенный SMT-товар.

TDS SMD

Автор часто сталкивался с РЭА, в которой практически 99% SMD- и ТНС-компонентов были зарубежными, соответственно, все их TDS были «нерусскими» (рис. 16, 17); а если переводы и обнаруживались, то на простенькие «кнопочки» и «разъемчики»...

Сертификаты (Certificates)

Сертификаты качества, соответствия, испытаний (анализов) и т. д. на SMT-материалы и SMD — вернее, их отсутствие — головная боль служб качества многих российских изготовителей РЭА. Но даже там, где эти сертификаты сопровождают поставки, то выполнены они, как правило, на языке оригинала, (рис. 18). Если, конечно, это не добровольные «Декларации о соответствии», которыми российские поставщики-посредники себя особо не утруждают, ссылаясь на отсутствие обязательности их оформления и предоставления. К слову сказать, сертификат испытаний (анализов) на термопасту X-23-7783D (производитель Shin-Etsu MicroSi, рис. 18) автору удалось раздобыть непосредственно у производителя, обратившись к его представителям на их языке. Кстати, производитель прислал автору еще и оригинальную партию образцов самой термопасты в сопровождении того самого сертификата.

MSDS (Material Safety Data Sheet)/

SDS (Safety Data Sheet)

MSDS (Material Safety Data Sheet) дословно означает «лист безопасности материала», (рис. 19, 20) и очень важен для организации



Паспорт безопасности согласно (ЕС) 1907/2006

Loct 5910, 200ml Pres.Can x 6 Se

Страница 1 из 15

ПБ (SDS) №: 232325
V002.1

Изменено: 31.05.2017

Дата печати: 07.09.2017

Заменяет версию от: 14.03.2016

Рис. 15. Перевод MSDS Loctite 5910 в виде паспорта безопасности



TS2PCIE2212
 PCI Express™ SIGNAL SWITCH
 SCD5209 - JUNE 2006

Рис. 16. TDS IC TS2PCIE2212, производитель TI



PACKAGE OPTION ADDENDUM

25-Nov-2008

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp (1)
TS2PCIE2212ZAH	ACTIVE	NFBGA	ZAH	48	3000	Pb-Free (RoHS)	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR
TS2PCIE2212ZAHG1	ACTIVE	NFBGA	ZAH	48	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-3-260C-168 HR

Рис. 17. TDS IC TS2PCIE2212, где есть информация: химсостав на шарики BGA, MSL = 3, температура пика



SAFETY DATA SHEET
 according to 1907/2006/EC, Article 31

HumiSeal UV40-250

Page 1/4

Рис. 19. Лист безопасности материала влагозащитного покрытия HumiSeal UV40-250



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

This MSDS is compatible with ISO 11014 - 1:1994 and conforms to ANSI standard Z400.1 - 1993.

Section 1: Chemical Product and Company Identification

CHEMICAL SUPPLIER COMPANY NAME
 Shin-Etsu MicroSi, Inc.
 10028 South 51st Street
 Phoenix, AZ 85044

EMERGENCY TELEPHONE
 Chemtree 24 hrs, USA: (800) 424-9300
 Information: (480) 893-8898
 Fax: (480) 893-8637

MANUFACTURER'S NAME: Shin-Etsu Chemical Co. Ltd.
 ADDRESS: 6-1, 2-Chome, Ohtemachi, Chiyodaku, Tokyo 100-0004, JAPAN
 TELEPHONE NUMBER: 81-3-3246-5345 Tokyo, Japan

DATE PREPARED: 08/20/01

REVISION DATE: February 24, 2005

PRODUCT NAMES: **X-23-7783D**

CHEMICAL NAME: Organopolysiloxane mixture
 CHEMICAL FAMILY: Silicone Grease
 FORMULA: Preparation Mixture

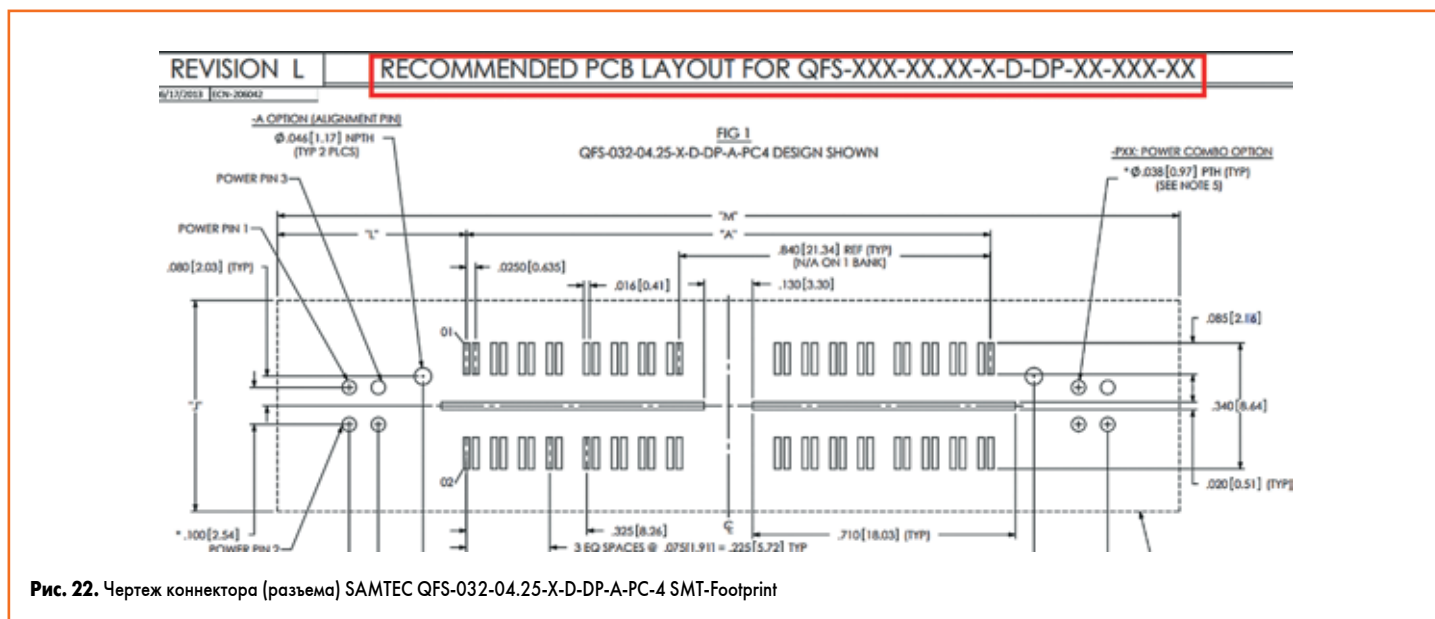
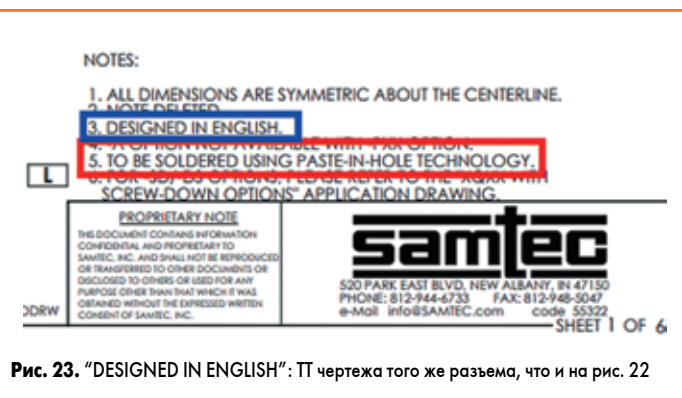
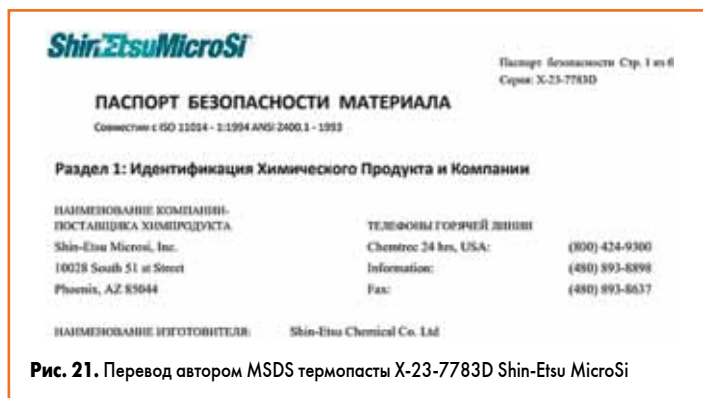
Рис. 20. MSDS термопасты X-23-7783D, производитель Shin-Etsu MicroSi



CERTIFICATE OF ANALYSIS

Shin-Etsu MicroSi Product Number	X-23-7783D
Lot Number	806007
Date of Manufacture	06/2016

Рис. 18. Сертификат испытаний термопасты X-23-7783D, любезно предоставленный автору производителем (Shin-Etsu MicroSi)



охраны труда персонала. При работе с большинством материалов, такими как паяльная паста, припой для ручной и селективной пайки, флюсы, термоклеи, клеи поверхностного монтажа, термопасты, герметики, фиксаторы, спирты, очистители и другие, необходимо соблюдать повышенные требования безопасности труда. MSDS/SDS не любят топ-менеджеры предприятий-изготовителей РЭА, а значит, и подчиненные им

начальники производств, поскольку приходится дополнительно тратиться на оборудование средств охраны труда, в том числе на вытяжную вентиляцию, фильтры, дооборудование техники безопасности, средства индивидуальной защиты, и следить за их исправностью.

Кстати, автор перевел MSDS на термопасту X-23-7783D Shin-Etsu MicroSi, и по форме, и по тексту (рис. 21).

Drawings (Чертежи)

Конечно, чертежи. И самих компонентов, и их так называемых Footprints, то есть это чертежи посадочных мест компонентов на ПП, как ориентиры для трафаретов и КП ПП. Они могут быть изданы отдельно или в составе TDS. Естественно, все в них не порусски: “Recommended PCB Layout For QFS...” («Рекомендованное расположение на ПП разьема QFS...», рис. 22), то есть контактные площадки и сквозные отверстия в ПП для трафаретной печати или дозирования (Dispensing).

И даже в ТТ чертежа указано: “DESIGNED IN ENGLISH”, п. 3 ТТ, а п. 5 ТТ по-английски велит паять по технологии Paste-In-Hole (рис. 23).

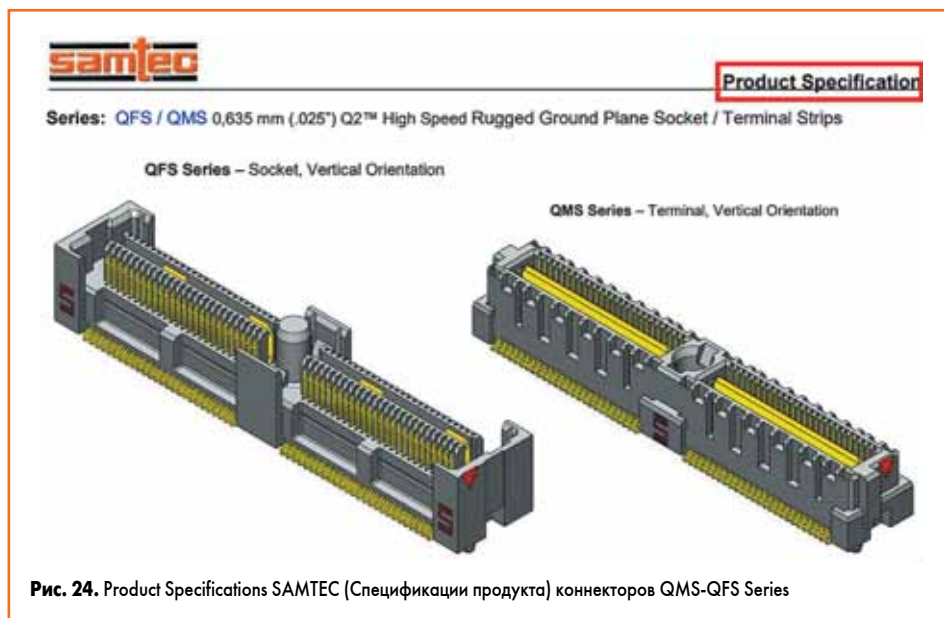
Specifications (Спецификації)

Так называемые Specifications, где могут оговариваться дополнительные условия и рекомендации, другая полезная информация, не указанные в чертежах или TDS, пример на рис. 24.

Application Notes

(Заметки о применении)

Application Notes — отличное и совсем не лишнее даже не дополнение к TDS/PDS и чертежам, а порой и более подробной источник информации, так как в TDS могут содержаться не все необходимые сведения о компоненте (MSL, материал и покрытие паяемых выводов, химсостав (свинцосодержащий или



circuitnet

We search for industry news, so you don't need to.

[Ask the Experts](#)[Questions Index](#) ■ [Submit a Question](#) ■ [Experts Panel](#) ■ [Join the Panel](#)**Рис. 30.** Страница с Форума экспертов: «спросите у экспертов»**Запросы (Requests)**

Запросы в IPC (in English, of course), производителям компонентов/материалов или другим профильным организациям типа IPC — еще один потенциальный источник пополнения базы НТД/SMT:

- возможная ссылка-ответ от производителя на определенную НТД;
- возможное вложение от производителя необходимой НТД;
- возможное уточнение на интересующую тему запроса от производителя.

Pulse Electronics (СИПА)

Ответ Pulse Electronics (в сокращении) на запрос автора о P0473NL (рис. 31):

От: Pulse Electronics Power BU
powernews@pulseelectronics.com

Тема: Thanks for contacting Pulse Power BU, Ildar

Кому: izakirov@...ru



Hi Ildar,

Thanks for reaching out to our team at Pulse Electronics Power BU. Your inquiry has been sent to the appropriate party and we'll be in touch shortly. If your needs are urgent, you're welcome to call us directly at the regional numbers listed below. We'll be happy to help. In the meantime, come join our network of engineers...

Thanks again and we look forward to speaking with you.

Sincerely,

Your Pulse Electronics Power BU Team

Рис. 31. Ответ производителя Pulse Electronics автору о том, что его запрос находится в обработке и вскоре будет удовлетворен

Cypress Semiconductor (СИПА)

Запрос автора о необходимых автору свойствах CY7C65632-28LTXCT (в TDS не обнаружено):

Hello,

Dear CYPRESS Supervisors and Specialists!

Would You be so kind to consult us concerning CY7C65632-28LTXCT?

1. How long is shelf-life dry pack? May we use Parts manufactured in 20..., purchased in Moisture Barrier Bags?
2. Is MSL really 3?
3. What is finish plating of Leads — 100% matte Sn or Ni/Pd/Au?
4. How long is solderability life out of Moisture Barrier Bag for 100% matte Sn and for Ni/Pd/Au?
5. What is recommended Lead Time (usage) from incoming to mounting?

With Best Wishes,
 Ildar Zakirov,
 technologist,

The ... Company... Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, ... Str.,
 b...tel.: 7-(347)-.... info@....ru

INDIUM CORPORATION®**Solder Paste Printer Process Parameters****Clamps:**

• **Foil-less Clamps:** Give the best performance, especially if there are apertures near the edges of the boards. Vacuum tooling is required if these clamps are used.

• **Foil Clamps:** Used if vacuum tooling is not available or pallets are being used. The foil goes over the board edges, holding the board in place in the Z-axis. Note that the foil will create a gap between the board and the stencil near the edge of the board. If there are apertures near the edge of the board, variation in the transfer efficiency of these apertures may be observed.

• **Age:** Squeegees wear over time and lose the sharpness of their edge, or the edge can become bent, dinged, or damaged. The elasticity of the metal also degrades over time, resulting in different angles and force on the solder paste bead being printed over the stencil.

Squeegee Speed:

Typically determined by the manufacturing line's throughput needs. Different solder pastes often perform differently with different squeegee speeds; most have sweet spots where they perform the best. It is key to determine the optimal setting for the solder paste that is being used.

APPLI

Рис. 25. Application Note Indium Corporation
 «Параметры процесса печати паяльной пастой»

бессвинцовый) шариков BGA), материалы, рекомендации по режимам процесса (рис. 25).

Application Information (Информация по применению)

Application Information**Handling, Storage, and Shelf Life of Semiconductor Devices**

Рис. 26. Application Information от Allegro MicroSystems «Применение, хранение и Shelf Life (условно срок годности) полупроводниковых устройств»

Guidelines (Руководства)


WAN_0118

Guidelines on How to Use QFN Packages and Create Associated PCB Footprints

Рис. 27. Wolfson microelectronics: руководство по применению ИС с QFN-конструкцией и созданию системы КП ПП

White Papers (Белые бумаги)

Anticipate — Accelerate — Achieve

**Agilent Technologies****Ball Grid Array Joint Inspection Using X-ray as It Relates to Voids and the IPC-7095A Specification****White Paper**

Рис. 28. Agilent Technologies: «Инспекция паяных соединений ИС BGA с применением рентгеновских лучей относительно пустот касательно спецификаций IPC-7095A»

Experts' articles (Статьи экспертов)**SHELF LIFE EVALUATION METHOD FOR ELECTRONIC AND OTHER COMPONENTS USING A PHYSICS-OF-FAILURE (POF) APPROACH**

Nga Man Li, Diganta Das, Michael Pecht
 Center for Advanced Life Cycle Engineering (CALCE)
 University of Maryland
 College Park, MD 20742
 Telephone: (301) 405-5323

Рис. 29. Статья «Метод оценки Shelf Life для электронных и других компонентов методом POF»

Ответ Cypress Semiconductor (в сокращении):

Dear,
The Following support case has been created:

Case #: 00342824
Subject: Specification of CY7C65632-28LTXCT
Status: Open
Date: 5/12/2017

You may view your case, add questions or comments using the link below:

<https://www.cypress.com/mycases/5001a00000Hlswg>

As always, it is our pleasure to assist in any way possible!

Thank you,
Cypress Semiconductor
www.cypress.com

Да, спасибо представителям Cypress Semiconductor, приложили необходимую ссылку.

Equipment Manuals (Инструкции по эксплуатации оборудования)

Что касается западного SMT-оборудования (рис. 32 и 33), то здесь с English полечче, так как оборудование очень дорогое и поставщики в России или из ближнего зарубежья, не забывавшие русский язык, поскольку Россия есть обширный рынок, ведут потенциального клиента, начиная от перевода технической документации на язык клиента, технических консультаций, а то и демонстраций оборудования, и заканчивая выездами за рубеж для изучения возможностей машин на месте.

Summary (Резюме)

Исходя из вышеизложенного, полученные данные можно сгруппировать в единую таблицу опорной базы НТД SMT (табл. 2).

P.S.: Если SMT/Технология пришла с Запада, то разработка и производство ПП и МПП в нашей стране до недавнего времени велись на высоком уровне... Сейчас же, пока, львиная доля ПП/Units — импортная. Уж в «П» все ПП доставлялись из Китая, и сопроводительные документы также были на англо/китайском языке — не русские. Но автор искренне надеется, что за ПП/МПП в России уже вновь взялись и с новой силой!

Выводы

1. Автор постарался собрать воедино базу видов НТД SMT, чего никто до него никогда не делал.
2. Автор стремился наглядно показать, что техническая база НТД SMT — “Designed in English”.
3. Автор лишь по-своему продемонстрировал, что лингвистическая база SMT — “Based on English”.
4. Автор в очередной раз призывает работать с первоисточниками-оригиналами SMT — in English, до появления надежной отечественной реально полномасштабной базы ПМ.

Таблица 2. Опорная НТД SMT для создания ТД и другой документации

КД РЭА	Системы, стандарты	Технологии поверхностного (SMT) и смешанного монтажа	НТД производителей компонентов: SMD/MSD/CTH/etc.	НТД производителей материалов (SMT&Not SMT)	Технические статьи экспертов, форумы экспертов	НТД производителей оборудования поверхностного и смешанного монтажа
ПУ, КД: Чертежи СБ, Спецификации (СП) к СБ, Схемы, Ведомости, др. РЭА, КД: Чертежи СБ, Спецификации (СП) к СБ, Схемы, Ведомости, ТУ, Инструкции, др.	ЕСКД, ЕСТПП, ЕСТД, ЕСЗК, др. ГОСТы, ISO, IPC, MIL, IEC (МЭК), DIN, Запросы, др.	Solder Paste Preparing, Printing, Dispensing, Pin-in-Paste, Paste-in-Hole, Through Hole Technology, Vapor phase soldering, Reflow, Wave, Selective, Hand Soldering, Press-Fit, etc. Pb — Pb/Free, Cleaning, Drying, Baking, Coating, Curing, Rework, Repair, Reballing, etc.	TDS, Drawings, Specifications, Application Notes, Additional Information, Technical Notes, Specifications, Reports, Handling Recommendations, Guidelines, White Papers, Запросы, etc.	TDS/PDS, MSDS, SDS, Specifications, Application Notes, Application Information, Additional Information, Technical Notes, Specifications, Reports, Handling Recommendations, Guidelines, White Papers, Запросы, etc.	Expert's Forums, Articles, Application Notes, Application Information, Additional Information, Technical Notes, Specifications, Reports, Handling Recommendations, Guidelines, White Papers, etc.	Инструкции по эксплуатации и паспорта на оборудование, приборы, др., (manuals), описания (descriptions)
ENGLISH BASED						



Рис. 32. Руководство по эксплуатации печи оплавления IEMME PLUS 14



Рис. 33. Установка ультразвуковой мойки Elmasonic S 450 H

5. С целью выполнения задачи освоения и реализации SM-технологии специалисту необходимо подготовиться к выполнению оной задачи, освоив язык оригинала.
 6. При отсутствии одного вида НТД SMT необходимо найти другой вид (виды) косвенных материалов на интересующую тему или смежные темы, in Technical English — даже лучше.
 7. Поскольку учеными давно доказано, что изучение языков положительно влияет на личность, на мозговую деятельность, на здоровье вообще, придавая уверенности в себе, на коммуникабельность и успешность в трудовой деятельности, на благополучие, и т. д., и т. п. — познание языков всесторонне полезно!
 8. Ибо: “To be, or not to be, that is the question...” Hamlet, William Shakespeare; и автор тоже!..
- Как говорит автор, уметь или не уметь — каждый решает сам! Или жизнь заставит.

Благодарности

Автор искренне и горячо благодарит свою школьную учительницу английского языка («авторская» школа № 20 города Уфы, 1972–1982 гг.) Милеушу Закуановну Валееву — Sincerely!

Отдельный глубокий Respect руководству журнала и его команде за взаимовыгодное сотрудничество!



XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
& ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**



**10-12
СЕНТЯБРЯ
2025**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
КВЦ ЭКСПОФОРУМ

- /// ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
- /// НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- /// ПЕРЕДОВЫЕ АРХИТЕКТУРЫ
- /// НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- /// СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ



СОЗДАВАЙТЕ НОВОЕ!

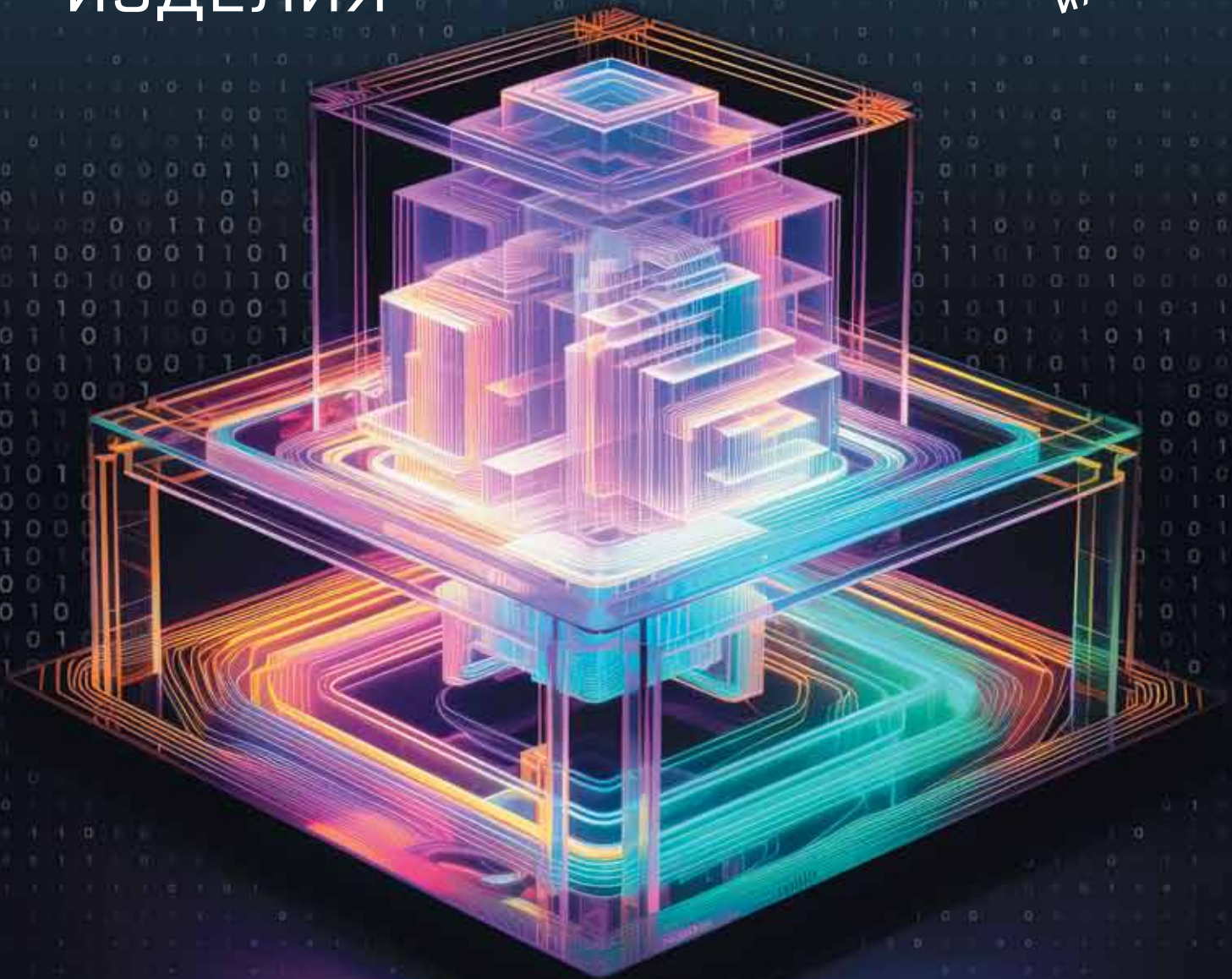
ОРГАНИЗАТОР:



18+

НАДЁЖНАЯ ОСНОВА ДЛЯ ВАШЕГО ИЗДЕЛИЯ

18 ЛЕТ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОНИКИ
18



Изготовление печатных плат
Поставка электронных компонентов
Контрактное производство электроники

Разработка и изготовление
изделий электроники
ответственного применения



AVIVGROUP aviv-group.ru



GIKEL gikel.ru

Наши филиалы: Москва | Санкт-Петербург | Воронеж | Чебоксары | Ижевск