

# RoHS-директива: защита экологии или рынков?

**В статье затронуты проблемы, возникшие в результате внедрения директив RoHS, в частности, бессвинцовой технологии. Статья предназначена не только производителям-экспортерам радио- и электронного оборудования, но и разработчикам, технологам и ремонтникам. Автор благодарит д-ра Говарда Джонсона (Howard Johnson) из компании Signal Consulting, Inc., Филадельфия ([www.sigcon.com](http://www.sigcon.com)), за любезно предоставленную возможность использовать материалы его статьи [1].**

**Владимир Рентюк**

[rvk.modul@gmail.com](mailto:rvk.modul@gmail.com)

Разработчики радиоэлектронной аппаратуры уже привыкли к тому, что в технических описаниях и на упаковках радиоэлементов появились надписи Pb-free (PBF, NOPB и т. п.) или RoHS (RoHS compliant), изменились суффиксы целого ряда широко используемых радиокомпонентов, а некоторые из них вообще исчезли с рынка. Впервые автор этой статьи коснулся темы RoHS-директивы еще в 2009 году [2]. Однако события последних месяцев заставили его вновь вернуться к этой проблеме. Для оценки и понимания ее глубины напомним суть рассматриваемого вопроса.

Под давлением экологических организаций, озбоченных проблемами загрязнения окружающей среды при бесконтрольной утилизации электронного оборудования, Европейский Союз (ЕС) принял ряд директив, документов, инструкций и правил по экологически приемлемым технологиям, направленных на кардинальное уменьшение использования вредных веществ, влияющих на здоровье человека и загрязнение окружающей среды. Одной из таких директив была 2002/95/ЕС [3], называемая RoHS-директивой. Она дополняла другую директиву Европейского Союза, известную как WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment), которая касается процесса вторичного использования оборудования и материалов после переработки.

Термин RoHS (Restriction of Hazardous Substances) переводится как «ограничение на использование вредных веществ». Директива 2002/95/ЕС накладывала ограничения на использование шести веществ, определенных как наиболее опасные для здоровья человека и экологии, в электрическом и электронном оборудовании, поставляемом на рынок ЕС после 1 июля 2006 года.

Какие вещества попадали под эти ограничения и каких видов оборудования это касалось? По поводу веществ картина ясная: пока их было и остается шесть. Это свинец, ртуть, кадмий, шестивалентный хром, а также замедлители горения PBB (Polybrominated biphenyl) и PBDE (Polybrominated diphenylether). Допустимым уровнем содержания этих веществ является «максимальная концентра-

ция 0,1% в весе однородных материалов для свинца, ртути, шестивалентного хрома, PBB и эфира PBDE и 0,01% в однородных материалах для кадмия». Однородный материал означает «единицу материала, которая не может быть механически разделена на отдельные материалы». На простом языке это означает, что в аппаратуре массой, например, 100 кг в любой механически отделяемой части (это и есть однородный материал), например в соскобе покрытия с вывода элемента (вес такой стружки менее одного миллиграмма) содержание свинца не должно превышать указанных выше норм. То, что это печальная, но правда, автору разъяснили после запроса в соответствующую инстанцию ЕС, консультирующую по вопросам RoHS-директивы еще в самом начале ее внедрения.

Нарушение требований директивы 2002/95/ЕС ведет не только к серьезным штрафным санкциям (например, для экспорта в Великобританию это начальный штраф в 5 тысяч фунтов стерлингов), но и к изъятию аппаратуры с рынка ЕС и включению поставщика в «черный список». То, что в некоторых русскоязычных источниках, например в [4], указывается, что «максимальные концентрации в однородных материалах ограничены по весу», не должно вводить вас в заблуждение. В директиве [3] четко и ясно сказано: «в любой механически отделяемой части».

Требованиям RoHS-директивы в редакции 2002/95/ЕС должны были соответствовать следующие категории изделий:

- фактически все бытовые приборы: от холодильников до электрических ножей;
- IT и телекоммуникационное оборудование (в том числе все компьютерное оборудование за исключением серверов и, естественно, мобильные телефоны);
- теле-, радио-, аудиоаппаратура, видеокамеры, музыкальные инструменты и т. п.;
- осветительные приборы и системы;
- электроинструменты;
- игрушки и спортивные принадлежности, а также игровые автоматы;
- средства автоматизации.

Как видим, эта директива охватывает всю технику широкого применения, причем не только бытовую. Она касается не только нового оборудования, но и любого, в том числе разработанного ранее, которое попало на рынок ЕС после указанной даты. То есть с уверенностью можно сказать, что после 1 июля 2006 года абсолютно все продаваемое в ЕС и произведенное для рынка ЕС оборудование отвечает требованиям этой директивы. Все ранее разработанные модели должны быть либо модернизированы, либо сняты с выпуска, либо отправлены в страны, на которые эта директива не распространяется.

Что же произошло в ответ на внедрение этой директивы? Экспортно-ориентированные компании, пережив первый стресс, вызванный этим событием, и изучив проблему, приняли ее как неизбежный и свершившийся факт. Были понесены убытки, связанные с модернизацией (а то и значительной переработкой) выпускаемых изделий, внедрены новые технологические процессы и системы контроля по соблюдению требований RoHS-директивы, оптимизированы поставки комплектующих в пользу надежных компаний, что исключало поставки от сомнительных изготовителей, введена система декларирования. Однако в России, да и не только, одни компании понадеялись на исключение их продукции из списка первоначальной RoHS-директивы, вторые (особенно связанные с ремонтом или производством товаров для внутреннего рынка) просто решили, что эта проблема их не касается, иные же понадеялись на наш традиционный «авось».

Очередной гром грянул 1 января 2013 года. С этого времени начала действовать директива 2011/65/EU, получившая название RoHS 2 [5]. Для стран ЕС ее внедрение сдвинули до 2018 года, а остальным придется выполнять ее положения начиная с 2014 года.

Какое же еще оборудование привлекло внимание защитников окружающей среды? Это:

- Медицинские устройства, кроме активных имплантатов.
- Устройства мониторинга и контроля, в том числе промышленные (это все счетчики, расходомеры и т. п.).
- Все другие типы электрического и электронного оборудования, которые не попадают в отдельные исключения, как, например, силовые кабели.
- Любое электрическое и электронное оборудование, которое использует электрический ток или электромагнитные поля для любой из своих предполагаемых функций.

Этой директивой устранена и самодеятельность в маркировке товаров. Теперь документом [6] для всех товаров введена единая маркировка соответствия — это хорошо известный знак «CE». Но и здесь не обошлось без подводных камней и ряда уточнений. Одно касается медицинского оборудования, а второе — самое интересное. Производители, не имеющие юридического адреса в стране ЕС, должны назначить уполномоченное лицо для получения разрешения на маркировку знаком соответствия [6] и решения возникающих вопросов. Фактически необходимо проходить еще одну сертификацию, и таким завуалированным образом, может быть, отменяется возможность для экспортера использовать самодекларацию соответствия. Такая самодекларация была предусмотрена директивой 2002/95/ЕС.

Эту возможность использовали многие компании, в том числе и компания, в которой работает автор статьи. Мы декларируем соответствие требованиям директивы 2002/95/ЕС для каждой партии товара (это значительно дешевле при экспорте малых партий изделий и большой номенклатуры), прикладывая соответствующий документ к общему комплекту документации на отгрузку.

Обязательная маркировка для экспортеров мелкосерийной многономенклатурной продукции приведет к ее значительному подорожанию и изгнанию с рынка ЕС. Вот такая получается забота об окружающей среде. Однако пока заметим, что вопрос допустимости самодекларирования в новых условиях директивы RoHS 2 еще требует своего изучения.

Перейдем теперь к технической стороне проблемы. Ее можно разбить на три части. Первая — это ремонт старой техники, для которой нет вариантов замены компонентов, вторая — это использование для ремонта компонентов, отвечающих требованиям RoHS-директивы, и третья — это выпуск новых изделий с учетом требований RoHS-директив (теперь их две).

Запасные части для ремонта старой техники уже попали под ограничительные RoHS 2. Их поставка должна быть в основном закончена до момента

окончания переходного периода. Как видим, потребитель будет вынужден покупать новые изделия, а не ремонтировать старые. А что будет со старыми изделиями? Они пойдут на свалку, а для их замены будут затрачены новые ресурсы. А что же в этом случае произойдет с экологией?..

Вторая и третья проблемы сводятся к одной и весьма существенной. Вопрос с ингибиторами (PBB и PBDE) для изготовителей радиоаппаратуры решается и решался практически безболезненно. (Эта проблема старая и хорошо известная еще со времени советских ГОСТов по безопасности.) Здесь важен правильный выбор радиоэлементов с соответствующей категорией пожаростойкости. Это в первую очередь касается проводов, разъемов, изоляции и пластмассовых деталей. Дешевые китайские «no-brand шедевры» прекрасно горят (сам проверял), так что тут не нужно экономить. Покупка качественных комплектующих — это правильный шаг с любой точки зрения. Что касается печатных плат, то самый применяемый в настоящее время материал для них — двусторонний фольгированный стеклотекстолит FR-4 — имеет самый высокий класс огнестойкости UL94-V0.

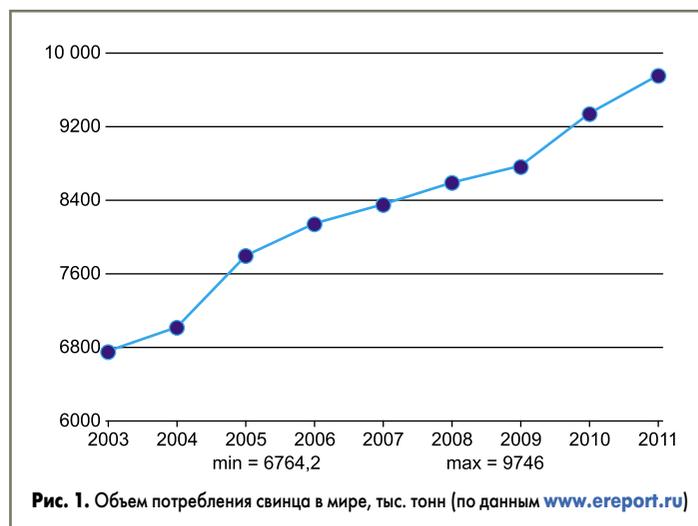
Вопрос исключения шестивалентного хрома более сложен, но также легко решаем. Шестивалентный хром может присутствовать в проводах с желтой изоляцией, а также в некоторых видах цветных пластмасс, преимущественно тоже желтых или с желтым оттенком. При этом не надо путать эту проблему с вопросом выбора гальванических покрытий: в них хром находится не в соединениях с определенной валентностью, а в химически нейтральном металлическом виде.

Выполнение требований по ртути — вообще не проблема, по гальваническим элементам питания вопрос давно решен, а содержащие пары ртути лампы исключены из перечня.

Кадмий? Аккумуляторы исключены, по гальваническим элементам питания вопрос также давно решен. Кадмиевые покрытия характерны для военной продукции морского базирования, а военная тематика из RoHS-директив исключена.

Что же является основным камнем преткновения? Оказывается, свинец. Но сам по себе металлический свинец достаточно химически стоек, как всем хорошо известно. Он используется для защиты от коррозии телефонных и электрических кабелей при их подземной и подводной прокладке. Свинец доступен, он не дорог. В виде металла он стоек к серной и соляной кислотам, и только органические кислоты при определенных условиях могут взаимодействовать с металлическим свинцом. Свинец легко утилизируется. И основная доля используемого свинца — это аккумуляторные батареи, краски, присадки в топливо (тетраэтилсвинец), защитные покрытия и оружие, а никак ни пайки на печатных платах изделий широкого назначения.

Необходимо отметить, что узлы на печатных платах с каждым годом уменьшаются по габаритам и весу вследствие все большей плотности монтажа, уменьшения размеров радиоэлементов и повышения степени интеграции микросхем. Если посмотреть на график мирового потребления свинца за период с 2003 по 2011 год, приведенный на рис. 1, то можно увидеть, что в 2006 году (год ввода в действие первой директивы RoHS) скачкообразного уменьшения мирового потребления свинца не произошло. Судя по графику, рост его потребления



не упал, а замедление прироста потребления (причем даже в условиях кризиса!) оказалось весьма незначительным. А вот потребление олова (также по данным [www.ereport.ru](http://www.ereport.ru)) в это время резко упало! Это еще раз говорит о том, что за директивой RoHS скрывается нечто совсем другое, а не исключительно забота об окружающей среде. Специалисты считают, что потребление свинца в электро-, радио- и электронной аппаратуре даже с учетом оборонной электроники не превышало 5% от его общего объема.

В загрязнении окружающей среды виноват не металлический свинец, используемый радио- и электронной промышленностью, а его соединения. Однако именно разработчикам радио- и электронного оборудования (мы не говорим — производителям, хотя и им это добавило проблем, но они-то и оказались в выигрыше) под флагом борьбы за экологию была навязана бессвинцовая технология. В выигрыше от этого оказались конечные потребители и, как считают многие независимые эксперты, — сама экология.

Повторимся, что для разработчиков радио- и электронного оборудования именно бессвинцовая технология является главным камнем преткновения, и вот почему. Хотя уже разработано несколько десятков припоев, не содержащих свинца, но до сих пор ни один из них по качеству пайки и надежности не стал даже близким эквивалентом содержащего свинец припоя Sn63/Pb37 (или старого советского ПОС61). Попытка замены свинцово-оловянных припоев на чистое олово оказалась огромной ошибкой [1]. Экологическая комиссия Совета Европы признала этот факт. Именно поэтому дано исключение для изделий, используемых вооруженными силами, и изделий, требующих высокой надежности: в них по-прежнему используются содержащие свинец припои.

Пайка без применения свинца — не лучшее решение и для окружающей среды, это только ухудшает ситуацию. Требуются дополнительные мощности в горной промышленности по добыче олова, необходимо организовать производство сплавов олова высокой чистоты плюс дополнительные мощности для промышленности по получению других цветных, драгоценных и редкоземельных металлов (серебро, индий), необходимых в качестве добавок к сплаву с оловом при исключении свинца. Этих компонентов на рынке для их массового использования не хватает, в отличие от свинца, большая часть которого выделяется из переработанных изделий. Такая информация была получена в результате исследования, проведенного американским Управлением по охране окружающей среды (EPA). И это исследование развенчало первичное основание для введения в действие директивы RoHS. К тому же свинец в сборках типа печатных плат находясь в твердом состоянии не мигрирует в грунтовые воды подобно свинцу, содержащемуся в краске или бензине. Устранение свинца из припоев не спасает окружающую среду.

Согласно информации EPA («Сообщение относительно припоев в электронике: оценка

жизненного цикла»), использование бессвинцовых припоев по многим показателям оказывает более негативное воздействие на окружающую среду, чем оловянно-свинцовые припои. Главные из них: невозможность их переработки для вторичного использования, дополнительный расход энергии, влияние на глобальное потепление, истощение озонового слоя и ухудшение качества воды. По общему признанию, свинцовые припои являются более вредными по части токсичности, главным образом, только для рабочих, которые обращаются с этими материалами. Изготовители уже в течение всех прошедших лет решают проблему уменьшения токсичности для рабочих, используя вытяжную вентиляцию, перчатки и мытье рук кислотными растворами.

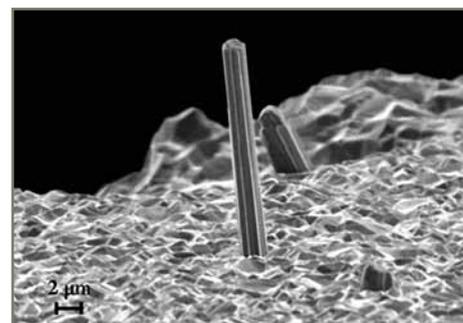
Самый дешевый заменитель содержащих свинец припоев — это припой Sn99,3/Cu0,7, который рекомендован для пайки волной припоя. Недостаток Sn/Cu-припоев — высокая температура плавления (+227 °C для эвтектики), низкая прочность и растворение медных жал паяльников при допайке. Единственным хоть в какой-то мере заменителем свинцовых припоев в настоящее время является припой на основе олова, меди и серебра Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7 (SAC), который сегодня применяется для пайки оплавлением при поверхностном монтаже. Необходимо учитывать, что для припоя SAC необходим иной профиль температуры пайки, чем используемый для оловянно-свинцовых припоев. Если используется содержащий свинец припой для пайки элементов с покрытием припоем SAC (особенно это вероятно в ходе ремонта), результаты могут быть весьма плачевны (возможны непропай, сухая пайка). Следовательно, необходимо гарантировать, что при пайке содержащими свинец припоями все применяемые компоненты используют покрытие Sn/Pb.

Не так давно автор статьи столкнулся с такой проблемой. Команда с выхода микропроцессора перестала передаваться исполнительному устройству. Пайка даже под микроскопом Mantis выглядела чистой и аккуратной, но на выводе микропроцессора команда была, а на проводнике — нет. Причина — пайка припоем Sn63/Pb37 микропроцессора с выводами, покрытыми припоем, соответствующим требованиям RoHS. Качество пайки, возможно, было нарушено или из-за низкой температуры пайки, или из-за образования газов, вызванного разрушением свинцового припоя более высокой температурой пайки. Плохо то, что этот дефект выявился не сразу, а по истечении некоторого времени.

Изготовители компонентов, как правило, не указывают тип покрытия выводов. Учтите, что, посмотрев на две различные части, только квалифицированный материаловед может найти различие между покрытием на основе свинца и покрытием без свинца типа SAC или олова. Здесь имеется большая вероятность ошибки. Без смягчающего эффекта свинца сплавы SAC более ломки и, вполне вероятно, могут треснуть под давлением. Они не обладают хорошей смачиваемостью, требуя более

активных флюсов, не имеют выраженной эвтектики, оставаясь пластичными в большом диапазоне температур, и позволяют формироваться интерметаллическим соединениям, что приводит к пустотам. Их более высокая температура плавления вызывает термоудар компонентов и материала печатных плат и, как следствие, их последующее расслоение. Согласитесь, что при ручной пайке предварительный подогрев платы даже до +60 °C просто невозможен. Автор статьи столкнулся и с этой проблемой. В его практике имели место случаи выхода из строя керамических конденсаторов типоразмера 0805 (расслоение) и особенно часто — фильтров типа NFM (обрывы обнаруживаются часто после наработки). Отдельная проблема — это пайка проводов в печатную плату.

Какой же еще наносится вред изделию из-за исключения свинца? Кроме описанного выше — это эффект «кошачьих усов» (в зарубежной технической литературе — tin whiskers) олова. Усы олова — это маленькие, невероятно тонкие токопроводящие металлические, похожие на волос наросты, естественным путем появляющиеся на поверхности твердого олова. Они образуются как на поверхности олова, так и на поверхности оловянного сплава без добавки свинца. Причем усы могут вырасти до длины, достаточной для того, чтобы привести к короткому замыканию в электрических цепях, что вызывает отказ изделия. На рис. 2 показаны «зародыши» усов олова, образующиеся непосредственно из конечного (финишного) оловянного покрытия.

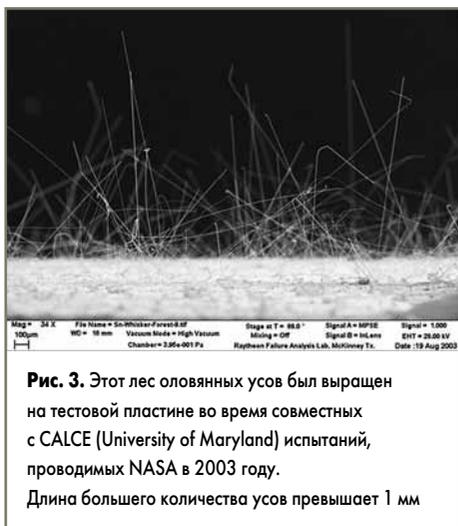


**Рис. 2.** Оловянные «кошачьи усы», растущие на матовом олове, полученном методом электроосаждения при нормальной температуре окружающей среды [7]

Специфическая частичка усов была выращена при обычной окружающей температуре в нормальных условиях хранения. Для формирования усов не требуется ни наличия электрического тока, ни чрезмерной температуры и влажности. Рост происходит как бы сам собой. Матовое покрытие оловом дает лучший эффект, чем блестящее оловянное, но оно не устраняет проблему в целом. А вот добавка свинца это обеспечивает. Если бы длина усов не превышала нескольких микрон, проблема не была бы столь актуальной. Но длина усов может достигать 10 мм, что, естественно, приводит к отказам.

Эти отказы уже имели, имеют и будут иметь место в будущем. Так, 17 апреля 2005 года на Милстоунской атомной электростанции

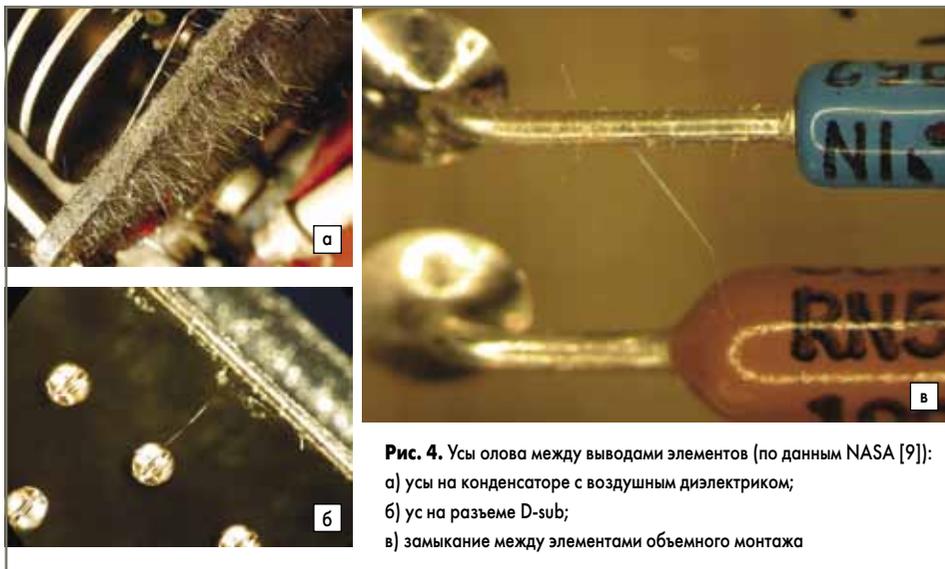
(Millstone) единственный ус олова создал мостик (короткое замыкание) между диодом и дорожкой печатной платы, в результате чего произошло частичное отключение атомного реактора [8]. Отказы из-за усов олова имели место в спутниках (на посвященном этой проблеме сайте NASA [9] можно увидеть динамику роста уса), самолетах, медицинском, индустриальном и компьютерном оборудовании. Инженеры только теперь начинают признавать то, что множество прошлых отказов были вызваны именно усами олова. Повторим, усы растут при обычной влажности и комнатной температуре не только при эксплуатации аппаратуры, но и при ее хранении. То, что они растут в условиях повышенной влажности, при циклическом изменении температуры или только в вакууме, — заблуждение.



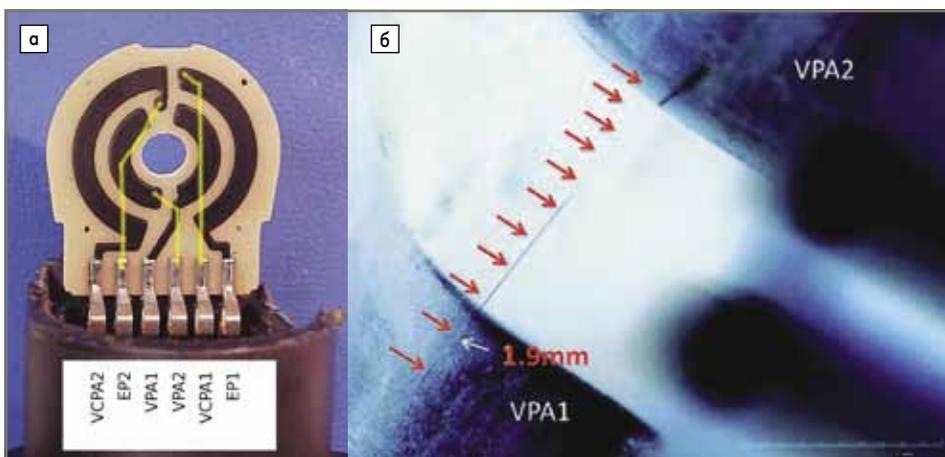
**Рис. 3.** Этот лес оловянных усов был выращен на тестовой пластине во время совместных с CALCE (University of Maryland) испытаний, проводимых NASA в 2003 году. Длина большего количества усов превышает 1 мм

На рис. 3 видно, что усы легко могут превысить 1 мм, а в некоторых случаях достигают длины в 10 мм. Фактически усы могут расти и действительно растут всюду. Усы, показанные на рис. 1, росли при обычной комнатной температуре и влажности окружающей среды. Конец усов заострен до атомных размеров. Он легко проходит через защитное покрытие. Пока еще не найдено надежное конформное покрытие для того, чтобы создать необходимую защиту. Некоторую надежду дает использование полиуретана низкого давления. То, что ус имеет малые размеры, не означает, что он может быть нейтрализован сам по себе. Действительно, одиночный ус пропускает ток всего лишь порядка 30 мА. В цепях с большими токами ус будет быстро сожжен. Однако в цифровой аппаратуре замыкание с током уровня 30 мА — это более чем достаточно, чтобы произошел серьезный сбой в работе.

В конце прошлого года автору статьи необходимо было отправить заказчику со склада два десятка плат видеадаптера. (Плата сложная, четвертого класса: микропроцессор, несколько ПЛИСС, микросхемы памяти, контроллер сенсорной панели.) Все платы были ранее запрограммированы, откалиброваны, в них были загружены изображения, все прошло наработку. Хранились платы в нормальных условиях окружающей среды, в защищенном от внешних воздействий месте. Проверка перед поставкой показала, что есть



**Рис. 4.** Усы олова между выводами элементов (по данным NASA [9]): а) усы на конденсаторе с воздушным диэлектриком; б) ус на разъеме D-sub; в) замыкание между элементами объемного монтажа



**Рис. 5.** а) Частично разобранный датчик положения педали газа автомобиля Toyota Camry; б) ус в отказавшем датчике

несколько отказавших плат. Причина — замыкания между слаботочными цепями. Кроме как «чудеса» от бессвинцовой пайки, других объяснений не нашлось.

Усы могут привести к короткому замыканию и при установке элементов, имеющих шариковые выводы с шагом в 1 мм. Ко всему прочему усы олова еще и невидимы невооруженным глазом, и, соответственно, их трудно обнаружить в ходе ремонта аппаратуры. Примеры из зарубежных источников, иллюстрирующие эту проблему, приведены на рис. 4, 5.

Если вы работаете в автомобильной промышленности и считаете, что проблемы директив RoHS вас обходят стороной, то пример, приведенный на рис. 5, специально для вас. Это результат исследования причины отказа датчика положения педали газа автомобиля Toyota Camry [10].

Серебряные и медные добавки подавляют рост усов олова, но остается невыясненным, прекращается ли рост усов полностью, особенно в длительной перспективе. Кроме того, припой SAC создает и некоторые другие проблемы. Например, имеются непредсказуемые долгосрочные механизмы деградации следующих типов:

- Эффект Киркендейла, при котором медь мигрирует в олово, оставляя пустоты.

- «Оловянная чума», которая при низких температурах превращает олово в порошок.

Переход на бессвинцовую технологию коснулся, естественно, и покрытия печатных плат. И если платы с покрытием иммерсионным золотом или оловом паяются без труда даже после длительного хранения, то платы с никелевым покрытием требуют активных флюсов, значительного увеличения температуры и времени пайки или вообще не паяются по истечении некоторого времени хранения. Все это отрицательно сказывается на надежности аппаратуры. Применение более активных флюсов, поскольку они образуют токопроводящие соединения, требует и соответствующих отмывочных средств. Компания, в которой работает автор статьи, для выпуска изделий, отвечающих требованиям директив RoHS, остановила свой выбор на следующих основных и вспомогательных материалах:

- Основной материал печатных плат: FR-4A 1,5 мм, фольга 35 мкм.
- Покрытие плат: иммерсионное золото или олово поверх меди.
- Защитное покрытие: эпоксидная маска.
- Припой: Sn96,5Ag3,5 и Sn99,3Cu0,7.
- Паяльный флюс: F5, RMA202 AIM.
- Смывка: этиловый спирт 96%, SWA400H.

Итак, если вы считаете, что требования директив вас не касаются, то вы наивны и пребываете в глубоком заблуждении. Некоторые компоненты поступят на ваше производство с выводами, покрытыми припоем 63/37, некоторые — с SAC, а некоторые — с чистым оловом. Поэтому вы также будете иметь дело с этой проблемой, несмотря на то, продаете вы свои изделия в Европе или нет. Практически ни один производитель комплектующих изделий уже не выпускает параллельно радиокомпоненты, отвечающие требованиям RoHS, и их аналоги по старой технологии. Поэтому необходимо учитывать то, что в настоящее время «старые» свинцовые элементы или весьма подорожали, или стали практически недоступны, или, что еще хуже, заменены на соответствующие RoHS-директиве, но без изменения суффиксов и маркировки. Необходимо помнить еще и о том, что всякие “Pb-free” и прочее совсем не означают соответствия компонента директиве RoHS, ее требования гораздо шире.

Нельзя сказать, что все изготовители и экспортеры компонентов и аппаратуры не озабочены описываемой проблемой и подсчитывают барыши от внедрения директив. Борьба в этом направлении ведется не только в части все более пополняемого списка исключений на типы оборудования, но и в части усовершенствования технологий, однако здесь значительного прорыва пока не наблюдается. К сожалению, борьба с непродуманным (или все-таки хорошо продуманным?) отказом от использования свинцовых припоев ведется разрозненно и нерезультативно. Как правило, отстаиваются интересы только отдельных «серьезных» изготовителей или промышленных групп. Так, например, было получено освобождение от требований ди-

рективы RoHS для некоторых видов телекоммуникационного оборудования, требующих высокой надежности.

Но долгосрочная надежность имеет значение и для дорогой бытовой электроники. Здесь тоже идет отстаивание исключительно своих интересов. Так, швейцарская часовая компания Swatch, стоявшая во главе движения за запрет использования свинца, после обнаружения описанных проблем с усами олова прекратила переналадку производства и вернулась на «свинцовую» технологию. Компания Swatch добилась для себя освобождения от требований директивы по свинцу для прецизионных печатных плат с зазором между проводниками менее 650 мкм. При этом был «обоснован» факт, что усы олова не вырастают более 800 мкм, поэтому остальные платы, мол, не нуждаются в таком освобождении. Однако посмотрите еще раз на приведенные иллюстрации.

Существует мнение, что введение RoHS-директивы — это некий план, состоящий в том, чтобы защитить свой рынок и увеличить продажи электронных устройств. И это прекрасный и «честный» способ гарантировать то, что изделия будут отказываться быстрее, так что потребители будут вынуждены покупать их чаще, следовательно, и прибыль будет больше [1]. И это стало уже очень заметно. Так что прибыль от этого растет синхронно с защитой окружающей среды.

Во всяком случае эта директива стала фактом на рынке не только Европы. Как ответ, Китай вводит в действие аналогичную директиву, так называемую China RoHS, со своими требованиями и исключениями. Рассматривают свои собственные подобные директивы и другие страны. Например, с января 2007 года введена в действие директива

RoHS штата Калифорния. Норвегия представила в 2012 году пакет документов, получивших название «Новый super-RoHS». И нормы этого норвежского “super-RoHS” значительно жестче европейских.

#### Литература

1. Johnson H. Roll back the lead-free initiative: 12 ROHS myths // EDN. 2007. Nov. 9.
2. Рентюк В. Темная сторона Pb-free технологии из RoHS-директивы // Радиоаматор. 2009. № 9.
3. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment.
4. <http://www.poxc.ru/ru/news/11>
5. Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment.
6. Regulation (EC) No 765/2008 of the European Parliament and of the Council of setting out the requirements for accreditation and market surveillance relating to the marketing of products and repealing Regulation (EEC) No 339/93.
7. Zhangz W., Schwager F. Effects of Lead on Tin Whisker Elimination // J. Electrochem. Soc. 2006. No. 153 (5).
8. Daddona P. Reactor Shutdown: Dominion Learns Big Lesson from a Tiny Tin Whisker // The Day (New London, CT). 2005. July 4.
9. <http://nepp.nasa.gov/whisker/>
10. Electrical Failure of an Accelerator Pedal Position Sensor Caused by a Tin Whisker and Discussion of Investigative Techniques Used for Whisker Detection // 5<sup>th</sup> International Tin Whisker Symposium. 2011. Sept. 14.