

"ЗЕЛЕНАЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО" ЕВРОПЫ: ОТ RoHS ДО REACH



М.Макушин

В мире все активней предпринимаются усилия по переводу полупроводниковой промышленности и других отраслей электронного комплекса на более дружественные окружающей среде технологии. Они отражаются в многочисленных документах национальных и международных отраслевых организаций, например в "Международной технологической маршрутной карте развития полупроводниковых приборов" (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS). Принимаются соответствующие документы как на уровне исполнительной и законодательной власти различных стран, так и на уровне международных организаций. В этой области лидирует Европа. В частности, недавно принятая европейская директива RoHS влечет существенные изменения в мировой электронике. Но еще большее воздействие, как ожидается, окажет грядущая директива REACH.

ДИРЕКТИВА RoHS

Общие требования

С 1 июля 2006 года вступила в силу директива RoHS* [1]. Она задает предельно допустимые концентрации (ПДК) шести наиболее опасных веществ, используемых в производстве: кадмия – 100 ppm (частиц на миллион); свинца, шестивалентного хрома (Cr^{+6}), ртути и пламегасителей на основе соединений брома – полибромифенила (PBV) и полибромбифенилового эфира (PBDE) – 1000 ppm. Эти уровни установлены для так называемых однородных (*homogeneous materials*) образцов материала. Хотя и идут дебаты, что подразумевать под "однородным образцом", понятно, что, например ПДК свинца

* EU directive 2002/95/EG Reduction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment – Директива ЕС об ограничении использования определенных опасных веществ в электротехническом и электронном оборудовании.

установлена для припоя, а не всей печатной платы [2]. В соответствии с директивой RoHS все компании, входящие в цепочку изготовления продукта – от базовых материалов до конечных систем, – обязаны предоставлять документы, гарантирующие, что запрещенные вещества не использовались в процессе изготовления и не входят в состав их продукции.

Поскольку в соответствии с Директивой придется изменить каждый компонент, продукт и процесс, воздействие RoHS на индустрию огромно. Она влечет увеличение стоимости оборудования и материалов. Возникают затраты на дополнительное обучение персонала и на полное списание не соответствующей Директиве продукции [3]. По мнению руководства фирмы Celestica (специализируется на предоставлении услуг по производству изделий электроники), переход на RoHS-совместимые материалы обойдется промышленности в течение ближайших 10 лет в 20 млрд долл. По данным исследовательско-консалтинговой корпорации Technology Forecaster (TFI), затраты на RoHS-соответствие в итоге выльются для изготовителей конечных продуктов в увеличение себестоимости реализованной продукции на 2,5–3%. По другим данным, этот показатель может увеличиться на 3–5%. В некоторых случаях, чтобы обеспечить соответствие работы фирмы новому законодательству, численность ее персонала увеличивается на 5–7% [4].

Важно отметить, что и другие страны также идут к подобным законодательным актам по охране окружающей среды. Китай, Южная Корея и США планируют принять аналогичное законодательство в 2007–2008 годах, а в Калифорнии и ряде других штатов США такие законы вступают в силу с 1 января 2007 года [7]. Невыполнение же требований RoHS-директивы влечет штрафные меры, способные привести к уходу компании с рынка. На европейском рынке несоблюдение требований RoHS для изготовителя узлов и компонентов или для дистрибьютора означает потерю всех заказчиков – не только европейских потребителей, но и изготовителей электронного и электромеханического оборудования из других регионов, поставляющих свои изделия в Европу [4]. Таким образом, для любой компании отказ от выполнения требований RoHS – это лишь временная отсрочка.



Тем не менее за несколько месяцев, прошедших после введения Директивы, не возникло сколь-либо значительного дефицита компонентов и печатных плат. Не зафиксировано пока и случаев наложения крупных штрафных санкций. Более того, на практике RoHS-директива вряд ли значительно повлияет на компании, в производственном процессе которых уже заложены меры обеспечения безопасности продукции.

Одна из проблем работы в условиях действия директивы RoHS – контрафактные поставки и так называемый “серый” рынок. Поставщики контрафактных комплектующих, заверяющие о соответствии их продукции требованиям RoHS, явно не заслуживают доверия. Это означает, что их продукция подлжет обязательному тестированию. Вообще-то большая часть “серого” рынка представлена законными брокерами. Но в период перехода на бессвинцовые технологии даже уважаемые брокеры могут попасть под подозрение. Характерный пример – контрафактные припои из Китая, на которые есть сертификаты соответствия. Производителям необходимо знать реальное происхождение компонентов с “серого” рынка, что зачастую невозможно. Поэтому на первый план в деле соблюдения требований Директивы выходит тестирование чужих материалов и комплектующих [8].

Методы проверки

Для идентификации состава материалов и компонентов используют несколько методов. Едва ли не самый эффективный и дешевый из них – метод рентгеновской флуоресцентной спектроскопии (XRF) и его вариация EDXRF (energy dispersive X-ray fluorescence) – дисперсионная рентгеновская флуоресцентная спектроскопия. Оборудование для этих методов поставляют многие компании, его отличает высокое быстродействие и портативность (от рабочих станций до ручных анализаторов). Метод XRF используется, например, для неразрушающего контроля состава тонких пленок и поверхности при обработке полупроводниковых пластин или для мониторинга уровня серы в сточных водах электростанций, работающих на угле.

Поскольку рентгеновский флуоресцентный анализ идентифицирует атомы независимо от их химических связей, метод XRF эффективен для обнаружения кадмия, свинца и ртути. Однако в отношении хрома XRF не может селективно детектировать именно его шестивалентную форму (нормируемую Директивой). Правда, в электронике в большинстве случаев достаточно убедиться, что общее содержание хрома ниже ПДК для Cr⁺⁶. В иных случаях необходимы методы разрушающего химического анализа.

Отбраковка по превышению ПДК PBB и PBDE может строиться аналогично – методом XRF определяется доля брома в образце, и, если они ниже ПДК для PBB и PBDE, то соответствие требованиям RoHS-директивы подтверждается [2].

Бессвинцовые припои и проводящие клеи.

Нанотехнологический аспект

Основная проблема перехода на бессвинцовые припои – более высокая (как правило, на 20–40 К) по сравнению со свинцово-оловянными припоями температура плавления (см. табл.). Зачастую это требует замены (модернизации) паяльных печей и установок лужения. Но сколь-нибудь серьезных технологических проблем переход на бессвинцовые припои не влечет. Тем не менее отдельные трудности могут возникать. Например, флэш-память, запрограммированная перед монтажом на плату, может оказаться чувствительной к повышенной температуре пайки. Также возможна деградация характеристик диэлектриков с низкой диэлектрической проницаемостью. Проблемы теоретически возможны и с термочувствительными MEMS-приборами, датчиками и оптоэлектронными приборами [9].

Поэтому некоторые специалисты считают, что лучшим выходом являются проводящие клеи с наноразмерными наполнителями, основное преимущество которых перед бессвинцовыми припоями – более низкая температура процесса. Одним из способов улучшения характеристик проводящих клеев является их заполнение металлическим порошком с наноразмерными частицами. Используемые сейчас проводящие клеи содержат серебряные частицы, весовая концентрация которых доходит до 75%. Но если размер таких частиц снизить до 10–40 нм, то для проводимости контакт каждой из этих частиц друг с другом благодаря туннелированию не требуется. Согласно данным исследователей фирмы NanoDynamics (США) удовлетворительная проводимость может быть достигнута при весовой доле частиц такого порошка порядка 1%. Однако в порошках с наноразмерными частицами в проводящих клеях возникает проблема удержания частиц от агломе-

Бессвинцовые сплавы с температурой плавления свыше 100 °С

Сплав	Температура плавления, °С	Температура отверждения, °С
82Au/18In	485	451
88Au/12Ge	356	356
80Au/20Sn	280	280
95Sn/5Sb	240	235
90In/10Ag	237	143
65Sn/25Ag/10Sb	233	233
96,3Sn/0,7Cu	227	–
96,5Sn/3,5Ag	221	221
93,6Sn/4,7Ag/1,7Cu	217	217
90Sn/10Au	217	217
95,5Sn/3,8Ag/0,7Cu	217	–
96,2Sn/2,5Ag/0,8Cu/0,5Sb	217	–
91Sn/9Zn	199	199
77,2Sn/20In/2,8Ag	187	175
86,5Sn/5,5Zn/4,5In/3,5Bi	186	174
97In/3Ag	143	143
58Bi/42Sn	138	138
52In/48Sn	118	118

рации (слипания в комки). Если частицы формируют комок размером в микрон или более, желаемый эффект исчезает.

Если удастся решить проблему агломерации, появится возможность производить проводящие клеи, реологические характеристики которых определяются в основном клеевой основой, а не проводящим материалом. Тогда можно будет создавать проводящие клеи, пригодные для нанесения струйным методом.

Свойства проводящих клеев могут быть улучшены за счет их заполнения углеродными нанотрубками. Углеродные нанотрубки стремятся к слипанию друг с другом за счет ван-дер-ваальсовых сил. Когда проводящие углеродные нанотрубки добавляются в клей, образуемые ими "нити" не только формируют проводящие линии, но и улучшают сам клей, делая соединение еще прочнее. Группа Джорджийского технологического института уже продемонстрировала возможность производства ориентированных нанотрубок, подходящих в качестве наполнителя проводящих клеев [10].

ДИРЕКТИВА REACH

Основные проблемы введения REACH-директивы

Изготовители электроники давно испытывают на себе последствия введения в силу общеевропейских директив в области экологии. Однако если последние из принятых в этой сфере директив – WEEE* и RoHS – не требуют постоянного изменения методологии проектирования ИС, печатных плат, конечных электронных систем и т.п., то о директиве REACH этого не скажешь. Директива о регистрации, оценке и разрешении применения химических продуктов REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) была предварительно одобрена ЕС в конце 2005 года. Ее второе чтение состоится в Европарламенте до конца 2006 года, окончательная версия должна быть готова к концу 2007 года, а вступление в силу намечено на 2008 год. Цель новой директивы – обеспечить доступность экологических данных относительно 30 тыс. химических продуктов (материалы, химические реактивы и т.п.), использующихся при производстве изделий электроники. В отличие от RoHS, REACH-директива касается продуктов и процессов фактически в каждой отрасли промышленности – от горной до текстильной.

Подобно RoHS-директиве, REACH распространяется на любые изделия на рынке ЕС. На каждый продукт должно быть регистрационное досье, в котором перечислены содержащиеся в нем химические компоненты. Кроме того, в досье указываются используемые в производстве химикаты и оценка их токсичности. Вся информация о химических продуктах, подпадающих под действие REACH-директивы, будет введена в общедоступную базу данных новой структуры – Европейского агентства по химическим продуктам (ECA, European

Chemicals Agency) в Хельсинки. Каждое досье будет оценено, и, если вещество представляет угрозу здоровью человека или окружающей среде, в отношении данного продукта будут установлены строгие ограничения, вплоть до запрета.

Основная озабоченность электронных фирм относительно REACH-директивы связана с тем, что она сожмет негативно сказаться на доступности химических материалов. Как правило, они поставляются в малых количествах и зачастую производятся небольшими узкоспециализированными фирмами. Затраты на удовлетворение требований REACH-директивы для этих предприятий могут оказаться слишком велики и привести к снятию химического продукта с производства. Например, у фирмы STMicroelectronics под такой риск попадают 20 основных веществ, используемых при изготовлении ИС.

Вторая проблема связана с защитой производственных секторов. Ведь в соответствии с REACH-директивой поставщику следует раскрыть компоненты специальных смесей, а производителю продукции – методы их использования. Европа импортирует многие химические соединения, необходимые для производства ИС, например компоненты фоторезистов. Их состав – это ноу-хау поставщиков, которое они отказываются раскрыть третьей стороне. Такие компании из-за угрозы потери интеллектуальной собственности могут прекратить поставку химических продуктов в ЕС. А если эти продукты исчезнут из Европы, но останутся доступными в других странах, некоторые производства мигрируют в Азию или другие регионы, где законодательство не столь строго. Таким образом, REACH-директива уже стала одним из критических факторов при принятии решения о месте размещения производства.

Некоторые специалисты указывают и на административное бремя. Так как химические продукты, продаваемые в ЕС, должны будут иметь регистрационное досье, сбор данных о химической безопасности и другой информации может отрицательно воздействовать на такое конкурентное преимущество, как время вывода нового товара на рынок [11].

Сроки и порядок введения REACH-директивы

Химические продукты планируется регистрировать в течение 11 лет. В первые три года будут регистрироваться вещества, используемых в объемах свыше 1000 тонн в год, а также самые вредные соединения типа канцерогенов, мутагенов и токсинов, воздействующих на репродуктивные функции человека (CMR-вещества – Carcinogens, Mutagens and Reproductive Toxicants). Вещества с ежегодным потреблением от 100 до 1000 тонн имеют шестилетний регистрационный период. Если в год потребляется менее 100 тонн определенного химического продукта, его можно регистрировать в течение 11 лет.

Вещества категории CMR подвергнут самому тщательному изучению. Если CMR-вещества используются при создании какой-либо продукции, изготовитель обязывается уведомлять

* Waste Electrical and Electronic Equipment Directive – директива ЕС об утилизации электротехнического и электронного оборудования.



об этом ЕСА. Такой продукт должен иметь метку с предупреждением о возможной угрозе здоровью, аналогично извещениям на пачках сигарет или алкогольных напитках. Подобная метка должна побуждать изготовителей искать безопасную замену CMR-веществам. Но это не так просто – в производстве ИС используются сотни химикатов, для которых пока не найдено безвредной альтернативы.

REACH-директива – это сложный документ, насчитывающий более 1000 страниц. Общие принципы согласованы, но намного более сложно сформулировать текст данной директивы. Многочисленные группы промышленных лоббистов борются с защитниками окружающей среды, пытаясь внести в него изменения. При этом в Директиве пока не рассматриваются вопросы регулирования нанотехнологий. Представители Комитета по охране окружающей среды Европарламента заявляют, что конечная версия REACH может быть весьма отличной от нынешнего варианта. Тем не менее изготовителям электроники необходимо уже сегодня договариваться с поставщиками химических продуктов, подпадающих под риск постепенного вывода из производственных процессов. Кроме того, как ожидается, Китай разработает собственную версию REACH-директивы, что вполне может придать регулированию использования химических соединений глобальный характер.

Реакция на REACH-директиву за пределами Европы

Почти все неевропейские страны, являющиеся основными изготовителями электроники (Австралия, Бразилия, Чили, Индия, Израиль, Япония, Южная Корея, Малайзия, Мексика, Сингапур, Южная Африка, Таиланд и США) объединились, чтобы надавить на Европу для исправления или сокращения предложенной директивы, которая может серьезно повлиять на производство электроники. Они отмечают, что, несмотря на благие цели, REACH-директива может нанести больше вреда, чем пользы. Международные изготовители и продавцы оказываются перед выбором: производить продукцию в соответствии с европейскими требованиями или уйти с рынка ЕС, включающего 25 стран с населением более чем 500 млн человек. В соответствии с REACH-директивой вся нагрузка по изучению безопасности химических продуктов и способов их использования, а также по их регистрации ложится на изготовителей. Для ряда компаний эти затраты могут оказаться слишком велики, и они будут вынуждены покинуть европейский рынок.

На встрече 8 июня 2006 года, организованной Американско-европейской торговой палатой, послы и представители 13 перечисленных стран выразили свои опасения относительно введения в действие REACH-директивы и приняли совместное заявление. В нем заявляется:

- принудительная замена или введение ограничений по одновременному переходу на соответствующие REACH-ди-

рективе продукты может вызвать ненужные рыночные сбои без достижения ясных экологических выгод;

- регистрация и уведомление о веществах, внесенных в статьи директивы, без выявления потенциальных рисков могут послужить препятствием для присутствия на европейском рынке многих игроков, включая многочисленные малые и средние предприятия развивающихся стран, причем без всякой экологической выгоды.

Послы этих 13 стран, оппонирующих введению REACH-директивы, выразили готовность работать с Европарламентом и другими учреждениями ЕС в целях выработки более приемлемого документа [12].

ЭТО ЕЩЕ НЕ КОНЕЦ...

Отметим, что REACH-директива – не единственная, сулящая очень серьезные изменения в промышленности. Еще большее воздействие на многие отрасли окажут такие документы, ждущие вместе с REACH-директивой своей очереди на утверждение, как "О энергопотребляющих продуктах и их регистрации" (Energy-using Products and Registration Directive), "О конечных сроках использования транспортных средств" (End-of-Life Vehicle Directive), "Об упаковке продукции" (Packaging Directive) и ряд других [7]. Как бы лекарство не оказалось опаснее болезни...

ЛИТЕРАТУРА

1. Standards. – European Semiconductor, 23/6/2004
2. John Baliga. RoHS Verification Using XRF. – Semiconductor International, 12/1/2005.
3. Imposing Standards for RoHS Compliance. – European Semiconductor, 1/11/2005.
4. Suzanne Deffree. The Cost of Compliance. – Electronic News, 23/8/2005.
5. Barbara Jorgensen. It's tough to be green. – Electronic Business, March 2006.
6. Rob Spiegel. Vendors Line Up to Offer RoHS Help. – Electronic News, 20/6/2005.
7. P. Tallentire. Commentary: Why we need federal RoHS and WEEE laws. – Electronic Business, 20/6/2006.
8. Rob Spiegel. Counterfeiters Complaint. Electronic News, 7/12/2005
9. Timothy Patterson. The High-Speed, Low-Cost, Lead-Free Challenge for Flip-Chips. – Semiconductor International, 10/01/2005.
10. John Baliga. Nanotechnology Comes to the Lead-Free Rescue. – Semiconductor International, 5/1/2005.
11. Drew Wilson. EU chemical law impacts electronics manufacturing. – EETimesEurope, 16/01/2006.
12. Peter Clarke. U.S., others oppose European chemical laws. – EE Times, 24/07/2006.