

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЭМС-ИЗДЕЛИЙ В РОССИИ НА ПЕРИОД ДО 2017 ГОДА

Д. Урманов, к.т.н., исполнительный директор "Русской Ассоциации МЭМС"

"Русская Ассоциация МЭМС" была образована в 2010 году решением заинтересованных представителей отечественной МЭМС-индустрии по итогам конференции "Современные тенденции и технологии производства МЭМС-устройств". Основная цель Ассоциации – объединить предприятия и организации, осуществляющие разработку, производство и потребление микроэлектромеханических систем, чтобы создать единое информационное пространство по тематике МЭМС и обеспечить эффективный информационный обмен как с внутренними (члены Ассоциации), так и с внешними партнерами Ассоциации (российские и зарубежные ассоциации, научно-исследовательские организации, общественные объединения и др.). В конечном итоге это должно способствовать увеличению объемов разработки и производства МЭМС в России и появлению на их основе новых изделий, предназначенных для конечного потребителя. Вниманию читателей предлагается разработанная "Русской Ассоциацией МЭМС" концепция развития системы производства различных микроэлектромеханических изделий в нашей стране.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

За период, прошедший с начала XXI века, одним из наиболее интенсивно и динамично развивающихся направлений мировой индустрии стала микросистемная техника. Ее стремительное развитие обусловлено разработкой и производством различных миниатюрных датчиков инерциальной и внешней информации, микро-двигателей и преобразователей. Применение новых технологий микроэлектромеханических систем (МЭМС) позволило значительно уменьшить массогабаритные характеристики, энергопотребление и стоимость датчиков, что расширило область применения микросистемной техники в народном хозяйстве.

Проблема разработки и производства новых МЭМС-устройств является, безусловно, актуальной для российского прецизионного микроэлектронного приборостроения и может быть решена с помощью применения новых технологий, технических решений и методик проектирования на основе новых математических моделей функционирования и программных продуктов. Для достижения высоких характеристик МЭМС-изделий требуется решить новые задачи, связанные с учетом физических свойств новых конструкционных материалов, влиянием инструментальных погрешностей изготовления чувствительных элементов и условий функционирования на погрешности

измерений датчиков. Задачи развития и улучшения отечественной технологии МЭМС, сокращения сроков проектирования и изготовления прототипов новых МЭМС, проведения комплексной проверки проектов до начала фактического производства при помощи современных электронных средств остаются также актуальными.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЭМС

За последние несколько лет в мировой прессе опубликовано немало статей о возможностях и перспективах развития рынка микроэлектромеханических систем. К ним, как правило, относят небольшие устройства, объединенные с полупроводниковыми приборами и имеющие характеристики электронных схем и механических компонентов. Благодаря уникальному сочетанию малых габаритов и энергопотребления, универсальности применения и относительно небольшой цене МЭМС стремительно завоевывают все новые и новые сферы применения. Поэтому наряду с уже ставшими традиционными МЭМС-изделиями, такими как акселерометры, гироскопы, датчики давления, микрофоны и другие, сегодня уже говорят о микро- и нанопомпах, которые можно вживлять в тело человека и в зависимости от сигнала, полученного через сеть Wi-Fi, подавать пациенту необходимую дозу инсулина.

Таким образом, развитие МЭМС не стоит на месте, однако наиболее развитым сегментом этого рынка сегодня по-прежнему остаются инерциальные датчики (датчики угловой скорости, гироскопы, инклинометры и акселерометры). Это связано с тем, что высокая эффективность обнаружения движения вызывает интерес во многих отраслях промышленности. В оборонной и аэрокосмической областях инерциальные измерительные устройства (ИИУ) и другие системы, основанные на высокопроизводительных гироскопах, в течение десятилетий применялись для навигации, управления полетом или стабилизации функции. Сегодня появилось много новых сфер применения инерциальных систем в гражданской промышленности и в медицине, что обусловлено возможностью интеграции новых функций изделий по относительно низкой цене.

В этой связи необходимо сказать о рынке различных мобильных устройств (сотовых телефонов, планшетных компьютеров и др.) как об одном из наиболее динамично развивающемся



Рис.1. Виды деятельности, связанные с профессиональным риском

в отношении потребления МЭМС-акселерометров, гироскопов, микрофонов и других микросистемных компонентов. Основной функцией данных устройств в мобильном исполнении является определение ориентации смартфона и планшета в гравитационном поле Земли. Это дает возможность миллионам пользователей по всему миру видеть, как на экране их мобильных устройств поворачиваются изображения, перемещаются карты, игровые элементы, крутятся стрелки компаса и т.д. Благодаря применению современных МЭМС-сенсоров жизнь человека стала более разнообразной, и большая часть человечества с энтузиазмом принимает возможности, которые были недоступны раньше (iPhone, iPad, умные дома, машины и другие блага цивилизации).

Не таким массовым, но при этом не менее важным, является растущий рынок



Рис.2. Производственные условия с повышенным уровнем опасности

МЭМС-систем сферы безопасности (рис.1, 2). Многие европейские компании уделяют развитию данного сектора рынка все больше внимания, так как по данным статистики:

- каждые 15 с где-то в мире погибает один рабочий (в результате несчастного случая на работе или профессиональной болезни);
- по истечении каждого рабочего дня по всему миру около 1 млн. человек получают производственные травмы;
- каждый год регистрируется около 160 млн. новых случаев профессиональных заболеваний.

Поэтому сегодня основной целью многих мировых производителей МЭМС стал поиск ответов на вопросы: "Что мы можем сделать для этих людей? Как мы можем использовать технологию микросистем для того, чтобы улучшить ситуацию в данной сфере?".

Ответом на поставленные вопросы может стать применение специальных МЭМС-сенсоров, которые в режиме реального времени будут способны:

- определять индивидуальное состояние здоровья работника (повышенная усталость, высокое кровяное давление, нехватка кислорода, обезвоживание организма и т.д.);
- проводить мониторинг состояния оборудования и рабочей амуниции работника

(повреждена защитная одежда, ремень безопасности порван и т.д.);

- оценивать потенциальную опасность образования экстремальной ситуации на производстве (опасная близость высоковольтной линии передач, резкое снижение температуры окружающей среды и т.д.).

Подобные интеллектуальные системы смогут обнаруживать возникновение опасных ситуаций на самых ранних стадиях и будут очень ценны для работников, так как защитят их от возможных травм на производстве и, как следствие, предотвратят последующую инвалидность или смерть человека (рис.3).

Другим важным трендом ближайших годов для развития рынка МЭМС станет энергосбережение. Это связано с высокими темпами роста населения Земли (по прогнозу к 2030 г. оно составит 8,4 млрд.чел.) и соответствующим значительным увеличением потребления электроэнергии промышленностью, транспортом, жилыми и офисными зданиями и др. (по прогнозу к 2030 г. уровень потребления энергии составит 30 тыс. ТВт·ч, что в четыре раза больше, чем в 1980 г.).

Оптимизация потребления энергии в Европе в настоящее время ведется по трем направлениям:

1. Повышение эффективности использования природных энергетических ресурсов, таких как газ, нефть, лесные массивы и т.д.
2. Разработка и изготовление электробытовых устройств с минимальным уровнем энергопотребления.
3. Разработка и изготовление интегрированных систем с минимальным уровнем энергопотребления за счет их объединения.

Решать поставленные задачи планируется за счет активного применения различных микросистем (в том числе МЭМС), используя при этом последние достижения в таких областях, как микро- и нанoeлектроника, новые материалы, нанотехнология, биотехнология и фотоника.

СИТУАЦИЯ ПО МЭМС В РОССИИ

Выше были перечислены сегодняшние тенденции развития микросистемных технологий в мире и теперь рассмотрим ситуацию по МЭМС на российском рынке.

Согласно данным проведенных нами маркетинговых исследований, в настоящее время наибольшее внимание российские заказчики

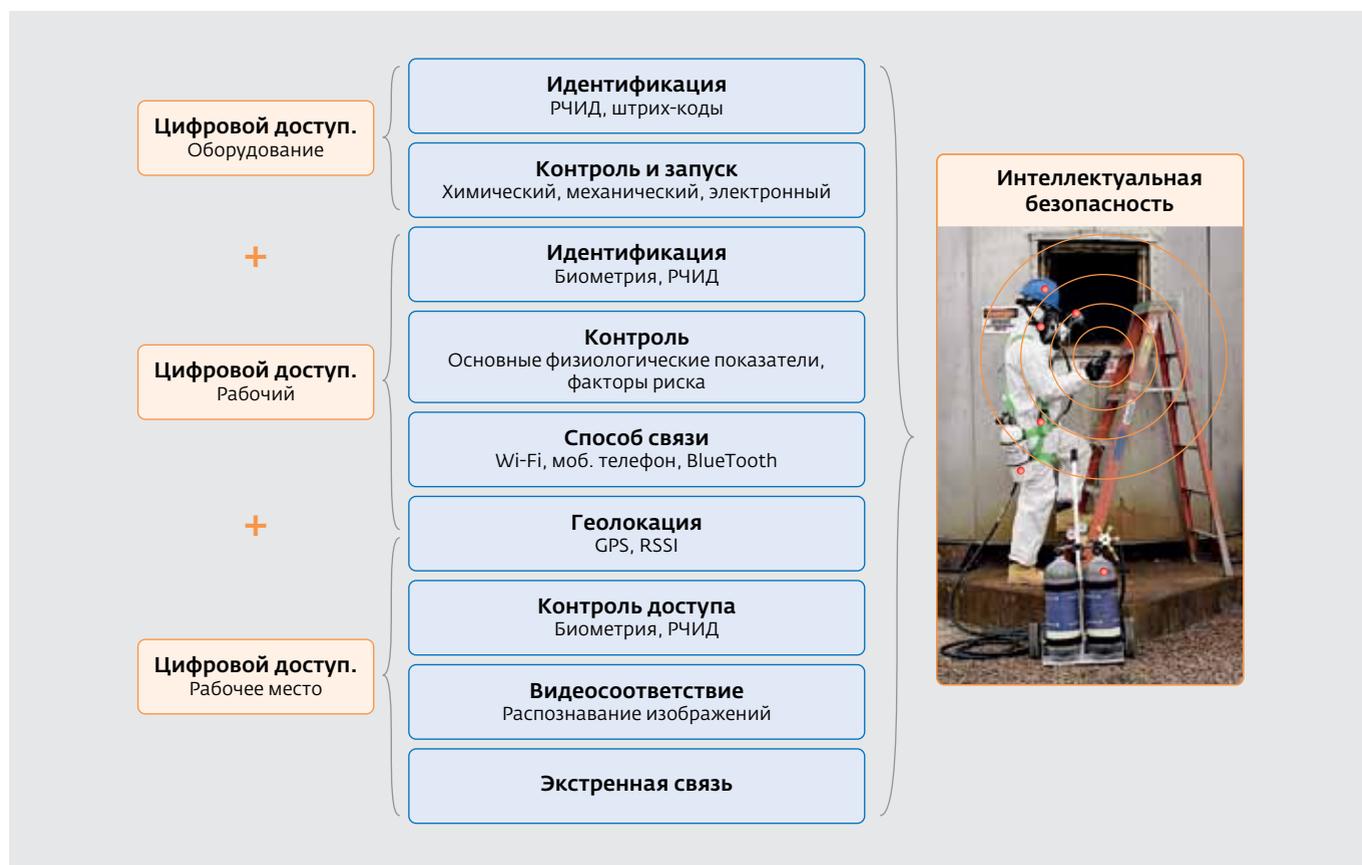


Рис.3. Интеллектуальные системы безопасности человека

уделяют различным инерциальным датчикам и системам. Причем наши предприятия интересуют как сами указанные продукты (в готовом виде), так и технологии их проектирования, моделирования, производства и испытаний. Спецификой подобного интереса у заказчиков является его нишевой характер. Вызвано это тем, что в России не производятся миллионные партии упомянутых ранее мобильных устройств и поэтому в каждом случае речь идет о разработке и производстве относительно небольших объемов МЭМС-сенсоров, отвечающих требованиям, указанным в проектном техническом задании.

Популярность инерциальных сенсоров в нашей стране объясняется тем, что их можно использовать для различных приложений в виде отдельных компонентов или в составе инерциальных систем. Так, например, автономные МЭМС – акселерометры, гироскопы и инклинометры – могут применяться в следующих сферах:

- спутниковая антенна и другие приборы стабилизации. Для измерения вращения

различных инструментов в целях их стабилизации и исключения колебаний или движения платформы. Обычно для этого используются два или три гироскопа;

- беспроводной технический мониторинг подвижных и неподвижных объектов (мосты, здания, дорожное полотно и т.д.). Для контроля уровня виброускорений и углов крена объектов используются беспроводные измерительные модули с радиусом действия до 1 км, содержащие в себе акселерометры и инклинометры;
- стабилизация датчика-ориентатора. Для стабилизации датчика-ориентатора ракет во время полета используются акселерометры и гироскопы;
- управление полетом. Автоматическое управление с учетом данных, поступающих от инерциальных сенсоров. Эти данные обычно предоставляются несколькими гироскопами, интегрированными в крылья и электроны самолета;
- стабилизация транспортного средства. Для измерения вращения транспортных

средств (корабль, вертолет, автобус и т.д.) в целях обеспечения устойчивости и комфорта. Обычно используются два или три гироскопа, иногда вместе с акселерометром;

- контроль обслуживания. Измерения ускорения и вибрации различных частей транспортного средства или машины проводятся для того, чтобы выполнить соответствующее техническое обслуживание и предотвратить сбой в дальнейшем. Используется один акселерометр, главным образом, для летательных аппаратов (вертолетов, самолетов и др.) или в индустриальной зоне;
- навигация судов. Чтобы быстро получить информацию о курсе, используются точные гироскопы.

Малогабаритные инерциальные системы (МИС), состоящие из нескольких МЭМС-гироскопов, акселерометров (иногда в сочетании с датчиком температуры или давления), могут применяться для решения задач в следующих областях:

- навигация. Определение относительного положения транспортного средства и траектории его движения. Соответствующие МИС часто интегрируются в штатные инерциальные навигационные системы (ИНС) для корректировки смещения и определения точного расположения транспортного средства с учетом использования сигнала GPS-приемника и данных от других приборов;
- железнодорожный и автомобильный транспорт (контроль устойчивости). Измеряются наклон движения поезда и стабильность движения поездов и автомобилей, чтобы компенсировать отклонение в режиме реального времени;
- измерительные приборы в кабинах. Обеспечение отображения инерциальной информации на панели ЖК-дисплея в кабине;
- тестирование летательной аппаратуры. Для проверки правильности работы внутренних инерциальных систем новых моделей самолетов, вертолетов и т.д.;
- измерение движения и контроль за движением. Для контроля движения человека (в здравоохранении) или для проверки правильности движения робота (в индустриальной сфере) и др.;
- бурильные головки для нефте- и газодобычи. Определение ориентации головки относительно заданной траектории скважины в процессе бурения.

В составе вышеуказанных и других приложений МЭМС-компоненты и инерциальные системы на их основе могут применяться в индустриальной, гражданской, военно-морской, шельфовой, аэрокосмической и оборонной сферах. Так, например, на гражданском рынке подобные системы могут быть полезны для сельского хозяйства, автономных подводных аппаратов, грузовых транспортных судов, здравоохранения, высокоскоростных поездов, строительных инклинометрических систем, дистанционно управляемых аппаратов, спутникового управления связью, стабилизации оптических систем, инструментов обзора, контроля вибрации, автоматических наземных аппаратов, служебных и гражданских самолетов и вертолетов, беспилотных летательных аппаратов (МЧС и др.), спутников, космических кораблей и ракет.

Таким образом, видно, что российский рынок нишевых МЭМС-сенсоров и инерциальных систем обладает хорошим потенциалом и поэтому становится понятным постоянно растущее стремление различных отечественных предприятий, как минимум, – использовать в своих изделиях МЭМС-сенсоры и, как максимум, – организовать производство современных МЭМС на своей базе. Однако опыт показывает, что МЭМС-датчики нового поколения от известных мировых брендов (для гражданского и специального применения) в Россию, как правило, не поступают из-за разного рода ограничений. А зарубежная МЭМС-продукция, доступная на отечественном рынке, в большинстве случаев не отвечает техническим требованиям заказчиков (по причине меньших, чем требуется, точности, диапазона, стабильности измерений и т.д.). Имеющиеся же образцы МЭМС-изделий российского производства уже не устраивают многих заказчиков ввиду устаревших и не отвечающих современным требованиям массогабаритных и точностных показателей, уровней энергопотребления, надежности, диапазона измерений, соотношения цены и качества и т.д.

Отсутствие доступа к современным МЭМС порой заставляет российских проектировщиков ориентироваться при разработке новых изделий на то, что находится, как говорится, "под рукой". Это в свою очередь приводит к проектированию и выпуску отдельных изделий, заведомо уступающих по своим характеристикам зарубежным аналогам, в которых в полном объеме используются достижения

современной МЭМС-индустрии. Подобная ситуация в дальнейшем негативно сказывается на сбыте отечественной продукции не только на зарубежном, но и на внутреннем рынке, так как наши заказчики вполне закономерно хотят покупать ту продукцию, которая отвечает всем современным требованиям (в том числе и по микросистемам).

После обобщения всего сказанного вполне логично возникает вопрос: а что же собственно можно сделать для того, чтобы как-то исправить сложившуюся ситуацию и придать положительный импульс развитию российского МЭМС-рынка?

Одним из ответов на данный вопрос является "Концепция развития производства МЭМС-изделий в России до 2017 года", предлагаемая "Русской Ассоциацией МЭМС" (рис.4). Концепция разрабатывалась путем практических проб и ошибок в течение нескольких лет и является плодом кропотливой работы, основанной на анализе современных рыночных реалий и перспектив развития российского и зарубежного МЭМС-рынка в ближайшем будущем.

Суть концепции состоит в том, что становление системы разработки и производства МЭМС в нашей стране предлагается осуществлять поэтапно.

ЭТАП 1. РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЭМС

Это - основополагающий этап в производстве МЭМС, так как в современной микросистемной индустрии большая доля работ по моделированию конфигурации чувствительного элемента, структуры ASIC (микросхемы) и других технических характеристик будущего МЭМС осуществляется при помощи специализированных программных продуктов. Подобное программное обеспечение для проектирования и моделирования микроэлектромеханических устройств на базе различных технологических процессов позволит:

- использовать обширные технические библиотеки моделей электромеханических, оптических, микрожидкостных, магнитомеханических и СВЧ-компонентов, точность которых проверена лабораторными исследованиями;
- сократить до минимума время изготовления прототипов МЭМС-изделий (от исходного ТЗ до готового устройства);
- существенно снизить стоимость разработки и время выхода изделия на рынок;

- получить предварительное представление о типовой технологической схеме производства того или иного МЭМС-изделия в зависимости от исходного ТЗ;
- работать в сквозной системе проектирования МЭМС-устройств (с функциями моделирования), что обеспечит широкий доступ к МЭМС-технологиям оптимальным по стоимости и времени способом.

Для того чтобы описанные выше возможности по моделированию МЭМС стали доступны российским заказчикам, мы ведем переговоры с рядом партнеров относительно создания на базе нашей Ассоциации российского Дизайн-центра по разработке и моделированию МЭМС. В Дизайн-центре будет использоваться лучшее в своем классе программное обеспечение для моделирования микросистем, которое позволит опытным специалистам решать задачи различного уровня сложности, исходя из требований, изложенных в техническом задании заказчика.

Предполагается, что вначале в некоторых случаях мы будем прибегать к услугам ведущих европейских дизайн-центров по разработке МЭМС на базе известных институтов, чтобы оперативно получить опыт по моделированию современных МЭМС, и затем на его основе будем осуществлять проектирование и моделирование российских МЭМС уже собственными силами.

Подобная стратегия позволит:

- в короткие сроки получить опыт по проектированию МЭМС;
- обучить российских специалистов основам современного проектирования МЭМС;
- за счет российского интеллектуального потенциала (а он у отечественных специалистов просто колоссальный благодаря традициям микроэлектронной школы, заложенным еще в советское время) в дальнейшем разрабатывать МЭМС-изделия от самых простых до сложных, удовлетворяющих современным рыночным требованиям.

ЭТАП 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОТОТИПОВ МЭМС-ИЗДЕЛИЙ

По итогам реализации этапа моделирования МЭМС мы получим информацию о типовой технологической схеме производства. Это позволит выработать требования к необходимому оборудованию и представить их заказчику, если он заинтересован в создании собственного производства МЭМС.

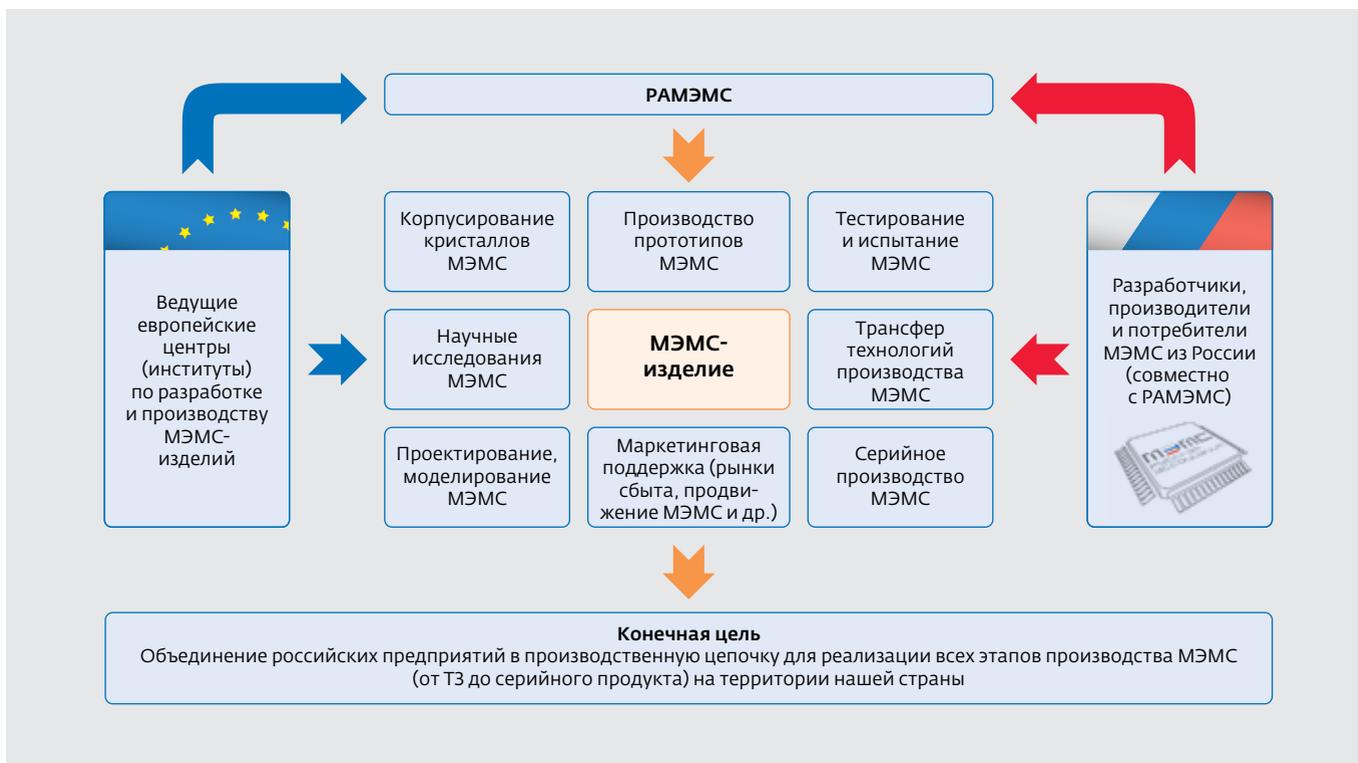


Рис.4. Концепция развития в России рынка МЭМС

В случае, когда речь о создании производства не идет, достаточно решить вопрос по изготовлению прототипа МЭМС-изделия. Для этого заказчик при поддержке Ассоциации смогут выбрать подходящую для них производственную базу, оптимальную по соотношению цена/сроки/качество, и передать свои файлы (маски) российскому или зарубежному производителю.

Результатом выполнения данного этапа станет прототип МЭМС-изделия, изготовленный по ТЗ заказчика. Изначально подобные прототипы, скорее всего, будут изготавливаться за рубежом, но по мере оснащения российских предприятий соответствующим оборудованием их производство можно будет перенести в Россию.

ЭТАП 3. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОТИПОВ МЭМС-ИЗДЕЛИЙ

Получив готовый прототип своего МЭМС-изделия, заказчик сможет провести его тестирование и испытание на соответствие требованиям, указанным в исходном ТЗ. Поскольку в настоящее время в России нет какого-либо документа (например, стандарта), где бы подробно описывалась методика испытания МЭМС,

то для этой цели временно можно использовать положения международных стандартов (например, IEEE 1293-1998 и т.д.). Перевод существующих международных стандартов по испытанию МЭМС был осуществлен силами Ассоциации, и многие наши партнеры уже используют их в своей работе.

В настоящее время мы ведем совместно с рядом партнеров разработку первых российских программ и методик по подтверждению технических характеристик, а также тестированию и испытанию МЭМС-изделий. Результатами этой работы мы будем готовы поделиться с заинтересованными организациями и, кто знает, может быть, какая-то часть нашего труда поможет ускорить процесс создания национального стандарта по тестированию и испытанию МЭМС.

ЭТАП 4. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЭМС

В случае успешного подтверждения характеристик прототипа МЭМС-изделия можно переходить к следующему этапу – организации мелкосерийного производства. Для этого вначале можно будет осуществлять трансфер технологий производства МЭМС от зарубежных

институтов-разработчиков. Причем вполне приемлемым вариантом в данном случае является организация в России только конечного этапа сборки изделий - корпусирования с последующим испытанием на выходе. По мере накопления опыта в моделировании МЭМС российскими специалистами необходимость в трансфере технологий из-за рубежа будет постепенно отпадать.

ЭТАП 5. ТЕСТИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МЭМС

В России нет стандарта по методике испытания МЭМС, но для этой цели временно можно использовать положения международных стандартов, например IEEE 1293-1998 и т.д. (перевод осуществлен силами Ассоциации).

На ближайший период партнеры Ассоциации смогут воспользоваться для испытания МЭМС услугами нескольких испытательных центров, расположенных в России и оснащенных необходимым испытательным оборудованием. Совместно с ними мы ведем работу по подготовке первых российских программ и методик по подтверждению технических характеристик, а также тестированию и испытанию МЭМС-изделий.

ЭТАП 6. ОРГАНИЗАЦИЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЭМС

Вопрос по организации серийного производства тех или иных МЭМС будет решаться по мере развития в России массового рынка изделий микросистемной техники. Более подробно данный этап будет рассмотрен в следующих редакциях концепции в случае необходимости.

С нашей точки зрения, реализация указанных выше этапов позволит создать хорошую основу для дальнейшего развития отечественной микросистемной индустрии и постепенного перехода к полноценному циклу серийного производства МЭМС, начиная от моделирования прототипов и заканчивая испытанием готовых изделий.

Первые результаты обсуждения концепции были представлены на втором ежегодном МЭМС-форуме-2012 "Моделирование. Производство. Тестирование", организатором которого традиционно выступила "Русская Ассоциация МЭМС".

Отклики по содержанию концепции и пожелания по участию в ней можно присылать по контактными данным:

Тел: +7 (4712) 73-11-13, факс: +7 (4712) 56-35-50

E-mail: olesya.boldova@mems-russia.ru