

# ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ КАК ЭЛЕМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

20–21 августа 2015 года прошла ежегодная конференция на тему "Импортозамещение. Обеспечение предприятий промышленности электронной компонентной базой отечественного производства". Организаторами мероприятия выступили компания "ТЕСТПРИБОР" и Международная ассоциация участников космической деятельности (МАКД). В нынешней экономической обстановке импортозамещение – базовый курс модернизации российской экономики. В конференции приняли участие 123 специалиста из 72 ведущих предприятий радиоэлектронной промышленности, а также представители Национальной академии наук Беларуси. За два дня работы форума с докладами выступили руководители и ведущие специалисты ФГУП "МНИИРИП", ЗАО "ТЕСТПРИБОР", ОАО "Ангстрем", ОАО "Интеграл", ОАО "Орбита", ООО "Кулон" и др.

**Т**ематика конференции охватывала проблемы производства и поставок импортозамещающей электронной компонентной базы отечественного производства, ее конкурентоспособности. Также обсуждались вопросы сертификационных испытаний, в частности, выявления контрафактной электронной компонентной базы российского производства при поставках для комплектации аппаратуры особо надежных объектов. Были представлены доклады по способам защиты микроэлектронной техники от радиации в условиях космического пространства.

Открыл конференцию заместитель директора ДРЭП Минпромторга России **Павел Павлович Куцько**, который подчеркнул, что многие участники мероприятия давно работают в области импортозамещения и расскажут о своем вкладе в решение этой проблемы. Кроме того, он сообщил собравшимся, что их проинформируют о новых нормативно-правовых документах.

С докладом "*Нормативно-правовой базис развития и применения электронной компонентной базы для специальной техники в современных условиях*" выступил первый заместитель генерального директора ФГУП "МНИИРИП" **Вячеслав Михайлович Исаев**. Он подробно рассказал о новых нормативных документах.

Сегодня функции государственного заказчика электронной компонентной базы (ЭКБ) для специальной техники возложены на Минпромторг России. Проведение министерством единой технической политики (т.е. руководство и координация работами в области развития и применения ЭКБ) потребовало разработки (или корректировки) нормативно-технических и организационно-распорядительных документов в области создания, унификации, стандартизации, обеспечения качества и применения ЭКБ.

В настоящее время разработаны и постепенно реализуются нормативно-правовые акты, регламентирующие порядок:

- программно-целевого планирования развития ЭКБ для специальной техники, ее разработки и серийного освоения;
- применения ЭКБ отечественного и иностранного производства (ЭКБ ОП и ЭКБ ИП);
- обеспечения качества ЭКБ на этапах разработки и производства.

Применение ЭКБ отечественного производства в настоящее время определяется Перечнем ЭКБ, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Перечень ЭКБ разработан Минпромторгом, одобрен Коллегией ВПК РФ и рекомендован как единственный межотраслевой документ, обязательный для всех организаций, предприятий и учреждений независимо от форм собственности, осуществляющих разработку (модернизацию), производство, эксплуатацию и ремонт ВВСТ, разработку, изготовление, закупку и поставку ЭКБ. Этот Перечень ЭКБ обязателен также и для представительств заказчиков, закрепленных за указанными организациями.

В части применения ЭКБ иностранного производства Минпромторгом России разработано, согласовано с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и утверждено Положение о порядке применения электронной компонентной базы иностранного производства в обеспечение разработки, модернизации и производства вооружения, военной и специальной техники. Документ регламентирует требования по обеспечению информационной безопасности и технологической независимости, методологии выбора и унификации номенклатуры ЭКБ, организации и проведения сертификационных испытаний, а также по порядку закупки изделий.

Для обеспечения качества ЭКБ на этапах разработки и производства необходимо было сформировать эффективную систему мониторинга и управления качеством поставляемой электронной и радиоэлектронной продукции.

Ранее, когда функции государственного заказчика ЭКБ были возложены на Минобороны России, задача оценки и обеспечения качества решалась на основе Системы добровольной сертификации "Военэлектронсерт", созданной на базе 22 ЦНИИИ Минобороны России.

Теперь, когда функции заказчика ЭКБ для ВВСТ перешли к Минпромторгу (ФГУП "МНИИРИП"), создана Система добровольной сертификации (СДС) радиоэлектронной аппаратуры, электронной компонентной базы и материалов военного, двойного и народнохозяйственного назначения – "Электронсерт". Система зарегистрирована Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

в феврале 2014 года. СДС "Электронсерт" является преемником системы "Военэлектронсерт".

Руководящие документы СДС "Электронсерт" соответствуют требованиям нового поколения основополагающих государственных гражданских и военных стандартов в области систем менеджмента качества, испытаний и сертификации.

В настоящее время формируются и другие нормативно-технические и организационно-распорядительные документы, регламентирующие вопросы развития и применения ЭКБ.

С докладом "*Комплементарный радиационно-стойкий биполярный техпроцесс для высокочастотных аналоговых интегральных микросхем*" выступил заместитель главного инженера филиала НТЦ "Белмикросистемы" ОАО "Интеграл" **Александр Владимирович Кетько**. Были представлены результаты разработки нового комплементарного биполярного технологического процесса, обеспечивающего граничную частоту ррп-транзисторов – 3 ГГц и ррп-транзисторов – 2 ГГц при пробивном напряжении 12 В.

По словам А.В.Кетько, разработка широкого ряда быстродействующих, широкополосных, микромощных, радиационно-стойких, малошумящих аналоговых интегральных микросхем, перспективных для использования в средствах измерений, видеоаппаратуре, бортовых системах в военной и космической технике, проводится в рамках целевых программ, договоров с российскими предприятиями и в соответствии с программами Союзного государства.

На слайдах была представлена номенклатура ОАО "Интеграл", зарубежные функциональные аналоги ИС и полупроводниковых приборов, а также полный перечень импортозамещающих транзисторов.

В докладе начальника службы маркетинга и продаж ОАО "Ангстрем", кандидата экономических наук **Наталии Николаевны Белоусовой** "*Состояние дел и перспективы развития элементной базы ОАО "Ангстрем"*" отмечалось, что с 2000 года на предприятии разрабатывается и производится элементная база изделий специального назначения для рынка государственного заказа, выпускаемых в интересах Роскосмоса, Росатома и других организаций. На внутреннем рынке России и стран СНГ ОАО "Ангстрем" плотно сотрудничает с 600 потребителями.

"Ангстрем" – единственное предприятие, выпускающее элементную базу на объемном кремнии в различных конструктивах (в первую очередь, в металлокерамических корпусах) и на структурах "кремний на сапфире" (включая сборку на полиимидном носителе). Используются пластины диаметром 100 и 150 мм, технологические нормы – от 0,5 мкм.

Сегодня "Ангстрем" выпускает продукцию более двух тысяч наименований по следующим направлениям:

- силовые полупроводниковые приборы: биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) для приводных электромоторов, быстро восстанавливающиеся диоды (FRD), высоковольтные полевые транзисторы с МОП-структурой (MOSFET);
- микросхемы на базово-матричных кристаллах для разработки радиоэлектронной аппаратуры с высокими требованиями по стойкости к воздействию радиации и факторов космического пространства емкостью до 120 тыс. вентиляей;
- микросхемы стандартной логики всего ряда на базово-матричных кристаллах с напряжением питания от 1,3 до 30 В: переключатели, мультиплексоры, интерфейсы, специализированные логические микросхемы;
- интегральные микросхемы широкого применения: микроконтроллеры и микропроцессоры, схемы памяти, схемы вычислительных устройств;
- микросхемы управления светодиодами: для средне- и высокоомощных контроллеров светодиодного освещения, встраиваемых контроллеров светодиодных ламп;
- кристаллы контроллеров ЖКИ: для бытовой электроники и специального применения;
- изделия для радиочастотной идентификации: низкочастотные метки, СВЧ-метки, смарт-карты и считыватели.

Для производства изделий предприятие использует металлокерамические корпуса от 4 до 256 выводов. Основными их поставщиками являются АО "Завод полупроводниковых приборов", ОАО "Донской завод радиодеталей", АО "Завод "МАРС", ЗАО "ТЕСТПРИБОР".

На основе анализа потребностей в сфере импортозамещения, отметил докладчик, "Ангстрем" уже сегодня может разработать и выпускать более половины элементной базы, а при решении вопроса запуска производства изделий по технологии 0,25–0,35 мкм – до 80% требуемой номенклатуры.

При формировании программ импортозамещения "Ангстрем" рекомендует микросхемы, разработанные на импортных ПЛИС компаний Altera, Xilinx и Actel с логической емкостью до 300 тыс. вентиляей, количеством функциональных выводов до 240 и рабочей частотой до 100 МГц, заменить полузаказными БИС на основе спецстойких БМК собственного производства. В подтверждение этих рекомендаций в докладе был представлен перечень номенклатуры изделий "Ангстрем", как освоенных в производстве,

так и планируемых к освоению в рамках программы импортозамещения.

Заместитель технического директора по техническому развитию и инновациям ОАО "Орбита" (Саранск) **Сергей Николаевич Кузнецов** в своем докладе "**Современная электронная компонентная база на основе арсенида галлия**" отметил, что 75% продукции предприятие выпускает в интересах Минобороны. Все эти изделия соответствуют программе импортозамещения. Основная продукция – стабилитроны, выпрямительные и импульсные диоды, компараторы напряжения.

Много внимания на предприятии уделяется перспективному материалу – арсениду галлия. Разработаны быстродействующие, высоковольтные, высокотемпературные GaAs-диоды, применение которых в преобразовательных устройствах позволяет достигнуть:

- малых габаритов устройств при неизменных рабочих напряжениях и токах за счет перехода на более высокие частоты преобразования;
- меньших потерь активной мощности, обусловленных протеканием обратных токов в GaAs-диодах;
- высокой эффективности преобразовательных устройств за счет быстрого восстановления обратного сопротивления GaAs-диодов.

Одна из актуальных с научной, технико-технологической и коммерческой точек зрения задач, считает С.Н.Кузнецов, – создание высококачественных высоковольтных СВЧ-транзисторов, работающих в сантиметровом диапазоне длин волн с возможностью применения во вторичных источниках питания. Разработка и изготовление подобных быстродействующих транзисторов возможны на основе AlGaAs/GaAs гетеротранзисторных структур.

Разработки компании "Орбита" позволяют существенно расширить спектр быстродействующих полупроводниковых приборов и технологий гетероструктур для современных приборов твердотельной СВЧ-электроники (биполярные гетеротранзисторы, резонансно-туннельные диоды и т.п.).

Как и предыдущие докладчики, С.Н.Кузнецов представил перечень изделий, освоенных в производстве в рамках импортозамещения и планируемых к освоению.

В докладе "**Методы выявления контрафактной электронной компонентной базы иностранного и отечественного производства при поставках для комплектации аппаратуры особо надежных объектов**" заместитель генерального директора, директор ИЦ АО "РНИИ "Электронстандарт" **Валерий Георгиевич Малинин** привел интересные цифры.

На фоне снижения качества отечественной ЭКБ в последние годы участились случаи обращения в адрес испытательного центра АО "РНИИ "Электронстандарт" с просьбой выполнить анализ подлинности ЭКБ ИП и ОП. Среди обратившихся предприятия-разработчики РЭА, в том числе для образцов ВВСТ и космической техники, поставщики ЭКБ ИП и ОП, арбитражные суды и т.п.

По данным испытательного центра АО "РНИИ "Электронстандарт", с 2010 года процент забракованных партий ЭКБ увеличился с долей процента до 2,2% (для ЭКБ ОП) и до 1,5% (для ЭКБ ИП). Причем основная доля забракованных партий ЭКБ ИП приходится на ЭКБ с признаками контрафактной продукции.

Доля отечественной ЭКБ, подлинность которой не подтверждается, также возрастает. Признаки контрафактной продукции выявляются как инструментальными методами, так и путем анализа документации производителей и государственных (межгосударственных) квалификационных центров.

В связи с этим актуальной становится проблема оперативного обнаружения ЭКБ с признаками контрафактной продукции с целью недопущения ее использования в высоконадежной РЭА и РЭА оборонного назначения.

Указанная проблема может быть решена путем создания системы экспертных организаций, разработки и внедрения стандартов, которые регламентируют методы выявления контрафактной ЭКБ и определяют юридический статус такой продукции.

Основная цель деятельности головной экспертной организации по вопросам контрафактной продукции – разработка стандартизованных методов и методик выявления ЭКБ с признаками контрафактной продукции, проведение комплекса работ по доказательству контрафактности продукции и наделение ЭКБ юридическим статусом контрафактной продукции.

Анализ мирового опыта в сфере противодействия распространению фальсификации промышленной продукции показал, что это международная, а не чисто российская проблема. Так, в связи с резким увеличением количества поставляемой контрафактной продукции на рынки мировой торговли Международная организация по стандартизации (ISO) учредила следующие комитеты: ISO/PC 246 "Средства борьбы с контрафактной продукцией" и ISO/TC 247 "Контрмеры и средства для борьбы с подделками".

В России на основании приказа Росстандарта от 21.11.2014 № 1890 создан ТК124 "Средства и методы противодействия фальсификациям и контрафакту".

Перечень национальных стандартов, планируемых к разработке в России:

- ГОСТ Р – "Контрмеры и контроль фальсификаций – Терминология" (на основе ISO/CD 18641);
- ГОСТ Р – "Поддельные и контрафактные электронные изделия: избежание получения, выявление, снижение рисков, последующее обращение" (на основе SAE AS5553A, SAE AS 6081).

В испытательном центре АО "РНИИ "Электронстандарт" применяются неразрушающие и разрушающие методы физико-технического выявления контрафактной продукции при идентификации ЭКБ: визуально-оптический, метод акустической микроскопии, рентгеновской микроскопии, рентгеноспектрального анализа; визуально-оптический контроль внутреннего объема (после вскрытия) корпуса. Подобные методы предусмотрены и зарубежными стандартами.

В заключение докладчик сделал вывод о том, что увеличение количества поставляемых мошенническим путем и поддельных электронных компонентов, попадающих в цепь поставки для нужд аэрокосмической индустрии и создающих значительные риски в части функционирования, надежности и безопасности, требует принятия решений, направленных на снижение рисков при покупке электронных компонентов. Один из путей решения этой актуальной проблемы – **идентификация ЭКБ ИП** при формировании заказов на покупку и осуществлении поставки.

**"Металлокерамические корпуса с радиационно-защитными экранами: оценка эффективности ослабления локальных дозовых нагрузок (ЛДН) и срока активного существования кристаллов ИС в них"** – тема доклада начальника КБ ЗАО "ТЕСТПРИБОР" **Алексея Ювиславовича Максимова**.

В настоящее время повышение радиационной стойкости электронной компонентной базы обеспечивается в основном тремя способами: технологическим (путем применения специальных технологических процессов и материалов при изготовлении интегральных схем), схемотехническим и конструкционным.

Конструкционная защита (обшивка) космических аппаратов (КА), выполненная на основе алюминия и его сплавов, не обеспечивает в полной мере ослабление радиационных факторов космического пространства (КП), а применение радиационно-стойких интегральных схем не всегда возможно: например, ограничен срок проектирования КА, неприемлема высокая стоимость и др. Поэтому в отношении наиболее уязвимых элементов следует использовать локальную защиту, которая не влечет за собой значительного увеличения массы и габаритов КА, при

этом обеспечивает необходимый уровень ослабления ионизирующего излучения КП.

В настоящее время для локальной защиты кристаллов ИС в составе КА от воздействия ионизирующего излучения (ИИ) КП существует ряд технических решений: специализированные корпуса ИС (WALOPACK, RAD-PAKTM), покрытия и локальная защита ИС в составе аппаратуры КА. Все эти решения направлены на повышение радиационной стойкости коммерческих микросхем либо стойкости микросхем с уникальными функциональными характеристиками, радиационно-стойких аналогов которых нет.

Компания "ТЕСТПРИБОР" предлагает два варианта специализированных металлокерамических корпусов (МКК) с радиационно-защитными экранами (РЗЭ), основное отличие которых состоит в методах герметизации подкорпусного пространства. В ходе оценки эффективности ослабления локальных дозовых нагрузок специализированными МКК 4248.144-1 и 4247.100-2 использовались численное моделирование в ПО Fastrad, GEANT4 и сравнение полученных данных с результатами эксперимента.

Итоговые данные позволяют сделать вывод о том, что применение корпусов с интегрированной радиационной защитой позволит:

- обеспечить повышенную радиационную стойкость ИС, электронных компонентов и аппаратуры;
- использовать электронные компоненты коммерческого и промышленного классов для космических приложений;
- расширить номенклатуру применяемых ИС и тем самым снизить затраты на комплектацию при производстве космической аппаратуры;
- обеспечить снижение весовых и габаритных параметров по сравнению со стандартными методами конструктивной защиты.

В заключение А.Ю.Максимов отметил, что компания "ТЕСТПРИБОР" разработала материалы и технологию, которые могут быть использованы для изготовления корпусов нового поколения электронной компонентной базы, применяемой в аппаратуре ракетной и космической техники для обеспечения повышенных требований к радиационной устойчивости.

Представитель ЗАО "ТЕСТПРИБОР" **Сергей Степанович Грабчиков** в своем докладе "**Применение экранов радиационной защиты изделий микроэлектронной техники от протонов и электронов космического пространства**" продолжил тему выступления А.Ю.Максимова "Защита от радиационных воздействий".

### О компании "ТЕСТПРИБОР"

ЗАО "ТЕСТПРИБОР" – динамично развивающаяся компания, цели и задачи которой лежат в области наукоемких перспективных проектов и передового производства, эксперт в сфере своей компетентности. Все это стало возможным благодаря высокому уровню технических знаний и накопленному опыту.

Компания "ТЕСТПРИБОР" осуществляет свою деятельность по следующим направлениям:

- поставка электронной компонентной базы иностранного и отечественного производства;
- сертификационные испытания электронной компонентной базы иностранного производства;
- испытания технических средств на электромагнитную совместимость;
- разработка и производство металлокерамических, металлокерамических корпусов и контактирующих устройств для микроэлектроники;
- инжиниринг и разработка нестандартных решений по обеспечению и проверке качества электропитания различных объектов;
- аттестация испытательного оборудования;
- поставка металлокерамических, металлокерамических корпусов и контактирующих устройств для микроэлектроники;
- поставка контрольно-измерительного и испытательного оборудования.

"ТЕСТПРИБОР" располагает:

- испытательной лабораторией, способной проводить сертификационные испытания широкой номенклатуры ЭКБ;
- испытательной лабораторией для проведения испытаний технических средств (ТС) на электромагнитную совместимость;
- конструкторско-технологическим центром, который проводит ряд работ, направленных на создание специальных корпусов для электроники и микроэлектроники, защищающих РЭА от воздействия радиационного пояса Земли и электромагнитного излучения.

Компания участвует в инновационных проектах, направленных на создание новых технологий и технических решений, повышающих надежность работы аппаратуры в экстремальных условиях.

При использовании стандартных материалов конструкционной защиты космических аппаратов (алюминий и его сплавы) уровни радиационных воздействий в космическом пространстве могут быть достаточно высокими, поэтому для наиболее уязвимых элементов применяется локальная защита. Она представляет собой дополнительный экран для защиты только критичных узлов и элементов аппаратуры КА и не ведет к серьезному увеличению массы или габаритов блоков, поэтому разрабатываются специальные корпуса с интегрированными в их конструкцию экранами радиационной защиты (ЭРЗ).

В настоящее время разработкой материалов для ЭРЗ занимаются многие производители. За рубежом эти материалы носят условные названия: RAD-COAT (Space Electronics Inc., США), RAD-PAK (Maxwell Technologies Inc., США), WALOPACK (3D-Plus, Франция), X-Ray (Actel Inc., США). Как правило, в составе спецкорпусов ЭРЗ защищают кристаллы ИС со всех сторон. Однако порой возникает необходимость в усилении защиты готовых ИС, где возможно использование ЭРЗ только в виде верхней и нижней дополнительных пластин к корпусу. Возникает вопрос об эффективности такой неполной защиты по сравнению с полной – интегрированными в спецкорпуса ЭРЗ.

С помощью программного пакета GEANT4 был проведен расчет поглощенных доз кристаллом Si при облучении протонами и электронами космического пространства микросхем в металлокерамических корпусах типа H04.16-1B, а также дополнительно защищенных экранами на основе композита W-Cu. Рассматривались варианты экранов в виде дополнения только верхней и нижней пластин к корпусу, а также сплошной оболочки, закрывающей всю поверхность корпуса. Выяснилось, что накопленная кристаллом кремния доза при неполной защите больше по сравнению с полной в 1,05 раза для протонов естественных радиационных поясов Земли, в 1,02 раза – для галактических космических лучей и 1,1 раза – для солнечных космических лучей. Дополнительная защита из пластин композита W-Cu толщиной 1,55 мм к корпусу ИС позволяет уменьшить поглощенную дозу кристаллом Si в 17,7 раз при облучении электронами радиационных поясов Юпитера в области орбиты спутника Ганимед.

Полученные результаты представляют интерес для разработчиков экранов локальной радиационной защиты микросхем с целью повышения уровня их радиационной стойкости.

По материалам конференции  
И.Кокорева

### ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ



#### РУКОВОДСТВО ПО ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ СВЧ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЕЙШИХ МЕТОДОВ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ЦЕПЕЙ

Джоэль П. Дансмор  
При поддержке Keysight  
Перевод с английского

Эта книга представляет собой совокупность базовых и передовых понятий теории и практики. К сожалению, границы этих понятий размыты и зависят в значительной степени от уровня образования и опыта читателя. Прежде всего, эта книга о методах выполнения измерений, но в то же время в ней содержится масса информации о характеристиках устройств. Эта информация будет полезна и для проектировщика, и для инженера-испытателя, поскольку одна из целей тестирования устройства состоит в том, чтобы установить характеристики, которые не следуют из упрощенных моделей, обычно используемых для этих устройств.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – Ок. 560 с.  
Переводное издание  
формат 70 × 100 / 16  
переплет

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346; ☎ (495) 234-0110; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)