

РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

КРУГЛЫЙ СТОЛ В ЧЕСТЬ 20-ЛЕТИЯ ЖУРНАЛА "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ"

И. Шахнович



В апреле 2016 года журналу "ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес" исполнилось 20 лет. По случаю юбилея, совместно с Отделением нанотехнологий и информационных технологий РАН, состоялась научная сессия "Электроника России: новые вызовы". Символично, что заседание совпало с 55-летней годовщиной первого полета человека в космос. Ученые и инженеры, представители государственных органов, вузов и исследовательских институтов, производственных предприятий и компаний, другие гости собрались, чтобы обсудить новые задачи, встающие перед отечественной электроникой.

Сложилась хорошая традиция – каждые пять лет журнал "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ" проводит круглый стол – своего рода научно-практическую конференцию, посвященную проблемам и направлениям развития отрасли электроники. Журнал был создан в 1996 году, и каждые пять лет его жизни – это определенная эпоха в новейшей истории российской электроники. Поэтому мысли, высказанные ведущими экспертами отрасли на наших конференциях, отражают основные задачи развития отрасли на следующие пять лет.

В 2002 году мы провели первое заседание круглого стола "Судьба электроники России".

Напомним, что это было за время: в стране нет собственной современной компонентной базы, современного полупроводникового производства, практически разрушена система подготовки кадров, многие ведущие специалисты связаны трудовыми обязательствами с зарубежными фирмами, патенты на отечественные разработки скупаются иностранными компаниями. Не утверждены государственные программы по компонентной базе, по развитию электроники как базовой отрасли в целом. Тогда журнал взял на себя инициативу организации серии встреч компетентных и заинтересованных специалистов с целью определить пути развития российской электроники,

сформировать общественное мнение по этому важнейшему вопросу. Одна из основных задач, прозвучавших на первом заседании, – сделать так, чтобы "ни один российский чиновник не смог бы и шагу шагнуть, не увидев слова "электроника". И пожалуй, совместными усилиями всего профессионального сообщества она решена. Сегодня отрасль едва ли может пожаловаться на отсутствие внимания государства.

В 2006 году на нашем круглом столе начальник Управления радиоэлектронной промышленности и систем управления Федерального агентства промышленности Ю.И.Борисов впервые публично рассказал об основных принципах формируемой под его руководством Стратегии развития радиоэлектронной промышленности России, которая впоследствии сыграла для отрасли едва ли не ключевую роль.

В 2011 году, выступая на круглом столе "Инновационное развитие электроники России", приуроченном к 15-летию журнала, директор департамента радиоэлектронной промышленности А.С.Якунин отметил, что "программы, разработанные под руководством Ю.И.Борисова и реализуемые сегодня, во многом определили облик радиоэлектронной промышленности". А вице-президент РАН академик Ж.И.Алферов подчеркнул, что задача государства – создать спрос на продукты дорогостоящих научных исследований. Он напомнил, что "в стране нет более важной задачи, чем возрождение промышленности высоких технологий. И именно технологическому развитию необходимо уделять огромное внимание". Вспомним, следующие пять лет прошли под флагом именно технологической модернизации отрасли.

В этом году мы вновь собрали ряд ведущих отраслевых экспертов, членов Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, чтобы обсудить наиболее актуальные вызовы, стоящие сегодня перед российской электроникой.

РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ – БОЛЬШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАДАЧА

Торжественное заседание открыл **главный редактор журнала "ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес" академик РАН А.С.Сигов.**

Он тепло поприветствовал собравшихся и отметил, что журнал не просто живет – он развивается по всем трем указанным в его названии векторам – наука, технология, бизнес.

В своем выступлении Александр Сергеевич подчеркнул, что в современных условиях развитие электронной промышленности невозможно без науки. Очень отраднo, что целый ряд активно работающих академических институтов вносят вклад в развитие радиоэлектронной промышленности. У РАН есть проблемы, но несмотря на ряд объективных трудностей, развитие продолжается, в том числе и в плане взаимодействия науки с производством, которое уже сегодня достаточно существенное.



Важную роль в этом развитии по-прежнему играют кадры. Им сегодня вновь начали уделять серьезное внимание. На предприятиях радиоэлектронной промышленности создаются базовые кафедры ведущих технических вузов. Сложилось сообщество, объединяющее науку, производство и высшую школу. И в этом триединстве – залог поступательного развития отрасли.

С поздравления по случаю 20-летия журнала и пожелания дальнейших успехов начал свое выступление **заместитель председателя Комитета Совета Федерации России по обороне и безопасности М.И.Дидигов**. По его словам, у издания юношеский возраст, а у электроники – большое будущее. К развитию отрасли сегодня важно привлекать талантливых молодых людей, которым предстоит решать серьезные задачи. Одна из них связана с замещением импорта. Доля импортных комплектующих остается очень весомой, однако не нужно стремиться заместить все. Это не только невозможно, но и нецелесообразно, поскольку мировое производство развивается на принципах кооперации. В то же время ЭКБ, используемая для нужд оборонно-промышленного комплекса, безусловно, должна быть отечественной, чтобы исключить возможно-

сти внешнего воздействия. Наша страна всегда славилась научными разработками. Однако до их внедрения в серийное производство, как правило, проходило столько времени, что разработки успевали устареть. Сокращение этих сроков – одна из важнейших задач и сегодня.

Большой вклад в решение актуальных проблем отрасли может внести журнал "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ". Ведь сам факт существования столь уникального издания, предоставляющего своевременную и полезную информацию, дает отрасли немалые преимущества.

С поздравления читателей и коллектива редакции по случаю юбилея начал свое выступление **заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности (ДРЭП) Министерства промышленности и торговли Российской Федерации П.П.Куцько**. Он отметил, что журнал издается при содействии ДРЭП, руководство которого принимает участие в формировании тематического плана издания. Статьи о достижениях и проблемах отечественной электроники, материалы, посвященные вопросам трансфера технологий, отражают основные тенденции развития организаций и предприятий радиоэлектронного комплекса.



П.П.Куцько напомнил, что в 2007 году на российском рынке ЭКБ импортная продукция составляла 92%, а 75% продукции отечественных производителей элементной базы относилось к специальной технике. Общая степень износа основных фондов составляла 49,7%, производственного оборудования – 63,4%. При достигнутом тогда за рубежом технологическом уровне 45 нм в России было возможно микроэлектронное производство с топологическим разрешением 350 нм. Исправить ситуацию была призвана Федеральная целевая программа (ФЦП) "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники" на 2008–2015 годы с общим объемом финансирования 169 млрд. руб. Ее основная цель – развитие научно-технического и производственного базиса для разработки и производства конкурентоспособной наукоемкой радиоэлектронной продукции.

Реализация ФЦП позволила форсировано сократить накопленное технологическое отставание и заложить научно-производственную платформу для дальнейшего развития отрасли. Удалось остановить сокращение числа отечественных предприятий. Экспорт продукции вырос в четыре раза, выработка на одного занятого в радиоэлектронной промышленности – примерно в три раза. Общая выручка радиоэлектронной отрасли увеличилась более чем в четыре раза. Реализация комплекса программных мероприятий позволила создать к 2015 году 555 базовых технологий, получить 4879 результатов интеллектуальной деятельности (4342 ноу-хау, 202 программы для ЭВМ, 195 топологий интегральных микросхем, 68 изобретений). Сегодня можно утверждать, что благодаря ФЦП удалось предотвратить разрушение научно-производственного

потенциала предприятий и заложить платформу для поступательного развития отрасли.

Среди наиболее актуальных для отрасли проблем П.П.Куцько отметил низкую серийность отечественной микроэлектронной продукции, невысокий по сравнению с мировыми стандартами уровень внедрения разработок в производство, сохраняющееся технологическое отставание и, как следствие, чрезмерную зависимость от импортных материалов и комплектующих. В частности, этими факторами обусловлены высокая себестоимость отечественной продукции, ее неконкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках. Так, по состоянию на 2014 год доля отечественной продукции в конечных изделиях радиоэлектроники составляла 19% (из всего объема рынка в 2 трлн. руб.), в сегменте ЭКБ (720 млрд. руб.) – 16%, в области материалов (70 млрд. руб.) и технологического оборудования (55 млрд. руб.) – менее 5%.

Дальнейшие перспективы радиоэлектронной отрасли во многом будут определяться новой редакцией Государственной программы "Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы". Этот документ находится на утверждении в Правительстве РФ. Госпрограмма предполагает финансирование работ в объеме 289 млрд. руб., из них 173 млрд. руб. – бюджетные средства. В перечень приоритетных направлений развития отечественной радиоэлектроники входят производство телекоммуникационного оборудования, вычислительной техники, систем интеллектуального управления и специального технологического оборудования. Выполнение госпрограммы, как ожидается, позволит умень-



шить зависимость радиоэлектронной промышленности от импортной продукции с 82 до 65%.

Среди ключевых инструментов реализации госпрограммы рассматривается, в частности, принцип комплексных проектов, охватывающих все стадии жизненного цикла продукта – от идеи его создания до организации производства, эксплуатации и последующей утилизации изделия. Такой подход позволит обеспечить успешную коммерциализацию разработок и внедрение инновационных решений.

Павел Павлович напомнил, что в отрасли утвержден план замещения импортных технологий и продукции, основанный на тех же принципах, что и предлагаемая госпрограмма. В частности, планом предусмотрена реализация 173 проектов, представляющих все четыре приоритетные направления.

Советник генерального директора ЦНИИ "Электроника" Б.Н.Авдонин, поздравляя журнал "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ" с юбилеем, отметил: "Журнал читаем и любим. "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ" публикует материалы по всем насущным проблемам радиоэлектроники. Сделано большое дело. Но сегодня перед отраслью стоит важнейшая проблема – выпуск гражданской продукции. И в журнале нужно активно прорабатывать этот вопрос.

В российской радиоэлектронике уже много сделано, еще многое будет делаться, но все это – специальные темы. В нашей стране в 2008 году более 60% всего объема выпущенной электронной продукции относилось к спецтехнике. Мы реализовали ФЦП "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники" на 2008–2015 годы. Она завершена. Планировалось, что в результате доля

специальной техники снизится до 50%. Но на самом деле она увеличилась до 90%. На это нужно обратить самое серьезное внимание. Ведь современная электроника – это массовая электроника, тогда как спецтехника – это штуки.

В области спецтехники мы достигли определенных успехов.

Но почему? Там осталась

система планирования, стандартизация и т.п. Чтобы сделать первые шаги в развитии гражданской тематики, необходимо государево око и государево внимание. Мы создаем интегрированные структуры, но каждая из них проектируется под задачи спецтехники. А когда мы займемся насущными вопросами гражданской электроники? Ведь с ее помощью можно решить проблему привлечения столь необходимых отрасли инвестиций, чтобы развивать спецтехнику.

Мне совершенно не нравится слово "импортозамещение". Нигде в мире нет такого термина. И давайте от него избавляться. Мы ведь ученые. И надо прямо говорить, что сегодня все направления развития электроники – международные. Запад нас достанет именно через гражданскую продукцию, и здесь мы не сможем воевать против всего мира. Это иллюзия. Поэтому мы должны стремиться



к мировой интеграции, а все делаем с точностью до наоборот. Сегодня наступил момент, когда мы должны правильно расставлять акценты. Гражданский рынок – это то, во имя чего необходимо начинать активную работу. Ведь за ним стоит человек. Это нужно всем понимать – ведь речь идет о нашем будущем”.

ПРОБЛЕМЫ УНИФИКАЦИИ И ИМПОРТОНЕЗАВИСИМОСТИ

Одно из направлений реализации госпрограммы "Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы" предусматривает замещение импортной электронной компонентной базы. И здесь невозможно обойтись без унификации ЭКБ. О путях решения этой задачи в своем выступлении рассказал **заместитель генерального директора АО "Российская электроника" А.В.Брыкин**. Он напомнил, что тактико-технические характеристики современных систем вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) определяются преимущественно характеристиками изделий электроники. За период жизненного цикла ВВСТ бортовая радиоэлектронная аппаратура проходит несколько процедур



модернизации, что Арсений Валерьевич проиллюстрировал на примере бомбардировщика В-52, принятого на вооружение ВВС США в 1955 году. Разработка этого самолета началась в 1946 году, а снимать его с вооружения предполагается не ранее 2040 года, то есть полный жизненный цикл изделия превысит 90 лет. Однако бортовая электронная аппаратура В-52 периодически обновляется. В целом, при модернизации различных систем ВВСТ, 83% приходится на продукцию микроэлектроники. При этом жизненный цикл сложных электронных компонентов не превышает 5–10 лет.

При создании сложных систем разработчики сталкиваются с тем, что коммерческая зарубежная ЭКБ устаревает и снимается с производства раньше, чем завершается проект. Свобода действий разработчиков в отсутствие процедур унификации привела к тому, что сегодня используется 180 тыс. типов импортной ЭКБ. Замещать такой объем элементной базы ЭКБ "бессмысленно, бесперспективно, безыдейно и нецелесообразно".

Докладчик представил системный подход к решению задач унификации ЭКБ, предусматривающий пять этапов. На первом этапе предлагается систематизировать (по назначению и условиям эксплуатации) вновь создаваемую радиоэлектронную аппаратуру, на втором – составить унифицированный перечень блоков и узлов аппаратуры. Третий этап предусматривает разработку технических требований и функциональных характеристик (исходя из условий эксплуатации) ЭКБ, необходимой для комплектования блоков и узлов аппаратуры. На четвертом этапе появится возможность определить унифицированную номенклатуру ЭКБ, что позволит пере-



йти к реализации пятого этапа – формированию целевого заказа на разработку электронной компонентной базы. В качестве одного из вариантов решения проблемы предлагается совместить замену импортной ЭКБ с определенными периодами модернизации финальных систем и образцов ВВСТ. В частности, это обусловлено необходимостью проводить множество дорогостоящих испытаний.

По мнению Арсения Валерьевича, невозможно раз и навсегда определить алгоритм замещения импорта. Соответствующие планы необходимо периодически пересматривать, и лишь затем переходить к финансированию проектов, реализация которых позволит получить технологии, способные удовлетворить потребности предприятий по выпуску электронной аппаратуры.

Секретарь межведомственного совета главных конструкторов по ЭКБ Е.С. Горнев напомнил, что в период с 2000 по 2011 годы объем применяемых материалов и ЭКБ в изделиях предприятий оборонно-промышленного комплекса ежегодно увеличивался в среднем на 10–12%. Это привело к тому, что на предприятиях, выпускающих изделия радиоэлектроники для ВВСТ, используется неоправданно большая номенклатура импортной ЭКБ – порядка 180 тыс. типонаименований. При этом мощности отечественной электронной промышленности в состоянии обеспечить создание не более 2–3% используемой импортной номенклатуры твердотельной ЭКБ. На успешное преодоление проблемы импортозамещения можно будет рассчитывать только после того, как удастся решить ряд сложных задач. Прежде всего речь идет об унификации электронной компонентной базы,



создании минимального комплекта универсальной номенклатуры ЭКБ, позволяющей реализовать необходимые требования к аппаратуре.

Кроме того, предстоит перестроить взаимоотношения разработчиков ЭКБ и аппаратуры. В процессе создания аппаратуры непосредственное участие должны принимать

разработчики ЭКБ, причем на всех этапах. В качестве своего рода фильтра номенклатуры электронной компонентной базы, применяемой в специальной аппаратуре, предлагается рассматривать ограничительный перечень ЭКБ. Первая редакция такого списка, насчитывающего 5 тыс. типов ЭКБ, подготовлена и находится на рассмотрении Совета главных конструкторов. Ряд вопросов в сфере замещения импортной ЭКБ связаны со стандартизацией, совершенствованием нормативной базы и координацией усилий всех заинтересованных сторон. Поэтому на недавнем заседании Совета главных конструкторов было принято решение о создании новой секции по взаимодействию с общественными и законодательными организациями.

О сотрудничестве с российскими предприятиями в плане импортонезависимости шла речь в выступле-



нии **генерального директора компании Keysight Technologies Россия Галины Смирновой**. Она напомнила, что история сотрудничества компании Hewlett-Packard с российскими предприятиями началась в 1969 году. Компания трансформировалась, менялись названия (с 2000 года – Agilent Technologies, с 2014 – Keysight Technologies), но неизменными оставались две вещи – лидерство в области контрольно-измерительного оборудования и расширение взаимодействия с Россией. "Мы должны использовать лучшие технологии. Мы должны иметь возможность использовать иностранные материалы и технику для того, чтобы производить лучшие конкурентоспособные образцы промышленной продукции", – сказал министр промышленности и торговли Российской Федерации Д.Мантуров. И Keysight – лучшая иллюстрация этих слов.

Компания предлагает именно те решения и технологии, которые могут помочь российским компаниям разрабатывать и производить самые современные электронные устройства. Причем Keysight концентрируется на таких направлениях, как средства связи, машиностроение, производство вычислительной техники, микро-



электроника, а также оборонная и аэрокосмическая промышленность – и каждое из них является приоритетным для России. Решения компании формируют экосистему, охватывающую все стадии жизненного цикла изделия – от разработки до производства и эксплуатации. Современные САПР, оборудование для исследований и разработок, системы промышленного тестирования, приборы для полевых измерений, плюс эффективная инфраструктура поддержки пользователей (консультации, модернизация, поверка, ремонт и т.п.) – все это Keysight. Используя продукты этой компании, разработчики и производители всего мира создают современную продукцию. И весь этот арсенал возможностей в полной мере доступен российским разработчикам и производителям, в том числе для создания импортозамещающей продукции. Решения Keysight позволяют уменьшить трудозатраты и сроки проектирования современной РЭА, построить высокоэффективный производственный процесс.

Keysight не только предлагает свои решения. В 2015 году совместно с компанией "Спектран" было организовано российское производство анализаторов сигналов с диапазонами частот до 3,6 (СПН9003А) и 26,5 ГГц (СПН9026А).

Компания сотрудничает с рядом российских вузов в различных регионах страны, обеспечивая подготовку высококвалифицированных кадров, необходимых для реализации программы замещения импорта. В частности, Keysight Technologies предлагает программы стажировки студентов и выпускников вузов на базе своих офисов в России. Примечательно, что сегодня у компании в России пять офисов, причем последний из них был открыт в Санкт-Петербурге в 2014 году.



Один из подходов к унификации состоит в применении концепции систем в корпусе (СвК). Об этой технологии рассказал **ведущий инженер компании "Таврида-М" Л.Моргун**. Применение многокристальных, многоярусных микросборок для создания малогабаритных электронных модулей позволяет заместить стандартные микросхемы и одновременно улучшить потребительские свойства продукта. СвК можно рассматривать как способ решения проблемы унификации. Еще одно преимущество технологии в том, что она позволяет получить опытные образцы всего за три месяца.

Зачастую СвК обеспечивает снижение массогабаритных характеристик изделий и их энергопотребление. Наряду с этим повышается уровень технологичности и надежности (благодаря меньшему числу коммутирующих элементов), а также существенно уменьшаются расходы на разработку, проведение испытаний и выпуск изделий. Особенно эффективна интеграция технологий ПЛИС и СвК. В результате получается унифицированное изделие не только на уровне корпуса, но и кристалла (т.е. с точки зрения функциональности). При созда-

нии таких решений надежным партнером выступает компания "Таврида-М", уже реализовавшая более 50 типов таких изделий.

СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА

Одно из стратегически важных направлений развития современной электроники – не только российской, но и общемировой – СВЧ-электроника. Именно это направление в ближайшем будущем будет определять облик очень многих промышленных областей. И не случайно СВЧ-электронике был посвящен ряд ключевых выступлений.

Перспективы развития СВЧ-электроники в России стали предметом доклада **заместителя генерального директора – директора по научной работе АО "НПП "Исток" им. Шокина" С.В.Щербакова**. Он отметил, что до сих пор рынок СВЧ-приборов в нашей стране формируется преимущественно за счет сегмента радиоэлектронной аппаратуры специального назначения. Поэтому одна из важнейших задач – направить вектор развития отечественной СВЧ-электроники в сторону систем двойного и гражданского назначения. Сегодня технологическое развитие СВЧ-электроники не сводится к двум традиционным столпам этой отрасли – твердотельным и вакуумным технологиям. Помимо них, огромную роль играет комплексирование сложных изделий, для чего необходимы технологии антенных систем, силовой электроники, пассивных СВЧ-устройств, цифровые технологии и методы автоматизированных измерений. И все это базируется на фундаменте функциональных и конструктивных материалов. Докладчик обрисовал ряд перспек-



тивных направлений работ в области материаловедения для СВЧ-электроники, основные задачи в области развития твердотельной и вакуумной СВЧ-электроники. В целом, на технологический рывок можно рассчитывать только в случае проведения фундаментальных исследований в сфере СВЧ-электроники, ради-офоники и смежных областях знаний.



Если исторически "Исток" был признанным лидером в области вакуумной СВЧ-электроники, то сегодня акценты смещаются в сторону твердотельных СВЧ-приборов, на основе различных материалов, таких как нитрид и арсенид галлия, фосфид индия. Предприятие работает над освоением технологий гетеробиполярных транзисторов (НВТ) на основе GaAs и полевых транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ) на GaN, которые к 2020 году планируется вывести на промышленный уровень. Развивается и новая технология производства полупроводниковых приборов на основе искусственных алмазов, с недостижимыми сегодня характеристиками.

При этом не ослабевает внимание и к вакуумным технологиям. Здесь, в том числе, идет речь о создании

миниатюрных вакуумных СВЧ-приборов. Развивается и направление базовых конструкций для СВЧ-модулей – это сложные интегрированные изделия на композитном основании (Al-SiC), с многослойной LTCC-платой, с цифровыми СБИС и СВЧ МИС. Примечательно, что в качестве теплоотвода используются пластины CVD-алмазов. Такие теплоотводы оказались эффективнее и дешевле медных, их "Исток" производит серийно и продает заказчику.

Еще одно слагаемое успеха – меры государственной поддержки. Во Фрязино, в 25 км от Москвы, создана Особая экономическая зона технико-внедренческого типа "Исток". Сегодня она расположена на территории 60 га с перспективой расширения до 400 га. Для резидентов этой зоны предусмотрены преференции и льготы, например, по уплате налогов на прибыль, имущество, транспортного налога, ввозной пошлины на импортное оборудование. Данные меры будут содействовать развитию производства электронных изделий, востребованных в медицине, энергетике, цифровых коммуникациях, на транспорте.

В своем выступлении Сергей Владиленович представил идею создания Национального центра СВЧ-электроники и пригласил к совместной работе коллег. Одна из целей формирования новой структуры – консолидация экспертных, научно-технических и производственно-технологических ресурсов в области СВЧ-электроники. Общими усилиями представителей профессионального сообщества можно будет определять направления и механизмы развития отечественной СВЧ-электроники, координировать исследования, разработки, процедуры внедрения и освоения технологий, лицензионную и патентную дея-



тельность, а также проводить экспертизы различных программ и планов развития СВЧ-электроники.

Большую роль центр сможет сыграть в деле защиты интересов отечественных производителей СВЧ-электроники. Среди других задач центра – формирование направлений подготовки инженерных кадров для отрасли, экспертиза учебных программ, популяризация отечественных достижений в области СВЧ-электроники, организация тематических конференций и выставок.

Одно из наиболее перспективных направлений развития СВЧ-электроники – терагерцовая электроника. Состояние и перспективы развития в этой области стали предметом выступления **научного руководителя Института сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники (ИСВЧПЭ) РАН П.П.Мальцева**. Он рассказал об участках терагерцового спектра (от 0,1 до 10 ТГц), которые представляют наибольший интерес для решения практических задач – от обнаружения химических веществ до радиолокационных систем. Наиболее интересны, по словам докладчика, диапазоны от 0,4



до 3 ТГц для выявления органических взрывчатых веществ. Привлекателен для различных радиотехнических задач и субтерагерцовый диапазон (от 0,1 до 1 ТГц). Так, докладчик показал, что в диапазонах 230 и 320 ГГц затухание сигнала значительно ниже, чем для видимого света, в том числе при сильном тумане. Это открывает серьезные перспективы для радиолокации.

Петр Павлович рассказал о возможных источниках терагерцового излучения. В частности, в диапазоне до 1 ТГц такие источники можно реализовать на МИС, например, на основе метаморфных GaAs-, InP- и даже GaN-технологий. В диапазоне 1–10 ТГц особый интерес представляют приборы на основе квантовых каскадных лазеров. В частности, можно создавать системы с фотоприемными антеннами на основе низкотемпературного GaAs (LT-GaAs). Эти направления развиваются в ИСВЧПЭ. В частности, по заказу "Истока" в институте разработаны МИС трехкаскадного усилителя мощности на основе AlGaIn/AlN/GaN на подложке SiC для диапазона 85–95 ГГц с выходной мощностью 0,33 Вт – это нижняя часть "терагерцовой щели". Для диапазонов от 0,3 до 1,5 ТГц в институте созданы эмиттеры и детекторы на основе фотопроводящих антенн на LT-GaAs. Эмиттер возбуждается ИК-лазером с длиной волны 800 нм. Такая система позво-

ляет, в частности, обнаруживать скрытые на теле человека предметы.

Еще она разработка ИСВЧПЭ РАН – технология изготовления двойного металлического волновода для вывода излучения квантового каскадного лазера терагерцового диапазона. Такую задачу институту предложил Жорес Иванович Алферов, и она успешно решена.

Научный руководитель Института радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН академик Ю.В.Гуляев особое внимание уделил перспективам развития вакуумной электроники, в том числе вакуумной СВЧ-электроники. Среди преимуществ вакуумных приборов нового поколения – возможность работы при высоких температу-

рах (800°), устойчивость к радиации и воздействию сильных электромагнитных полей. Одно из перспективных и важных направлений развития вакуумной электроники – вакуумные СВЧ-микроприборы.



На протяжении примерно 30 лет успешно развивается направление вакуумной микроэлектроники на основе автоэлектронной эмиссии. Такие технологии

используются для создания новых электронных пушек для СВЧ-приборов, новых типов дисплеев, рентгеновских трубок, работающих при низких напряжениях, для новых источников освещения и даже для новых типов высокоскоростных процессоров, работающих в условиях высоких температур, радиации и электромагнитных полей.

Последние 20 лет развития этого направления связаны с новым автоэмиссионным материалом – углеродными нанотрубками (УНТ). Сотрудники ИРЭ РАН получили их еще в 1992 году, параллельно аналогичных успехов добился японский исследователь Сумио Ииджима. В Российской академии наук был создан Институт нанотехнологий микроэлектроники, одно из направлений деятельности которого связано с углеродными нанотрубками.

Среди основных направлений применения УНТ можно выделить преобразователи физических величин (сенсоры давления, ускорения – одни из самых чувствительных), активные компоненты вакуумной микроэлектроники, в качестве элементов радиоприемных устройств и дисплеев. УНТ находят применение в пассивных компонентах (экраны, СВЧ-фильтры), элементах питания и т.д. Первый в мире цветной матричный электрофоретический дисплей был создан компанией Samsung именно на базе углеродных нанотрубок. Однако немалый задел

в этом направлении есть и у отечественных исследователей. Электрофоретические дисплеи отличаются малым энергопотреблением, прочностью, четкостью изображений, которые хорошо видны даже при ярком внешнем освещении.

Юрий Васильевич не исключил возможности разработки в перспективе госпрограммы в области вакуумной электроники и микроэлектроники. Необходимая для ее реализации научно-производственная база уже создана в нашей стране, в частности, речь идет о НИУ "МИЭТ", НПК "Технологический центр" и ИРЭ РАН.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Президент Нанотехнологического общества России, генеральный директор компании "НТ-МДТ" В.А.Быков остановился на вопросах развития научного приборостроения. Он проанализировал проблемы, накопившиеся в этой отрасли еще во времена СССР. Отставание советского приборостроения было обусловлено тем, что тогда десятилетиями наука ориентировалась исключительно на запросы и потребности оборонных предприятий. Задача выхода на мировой рынок не рассматривалась. На внутренний рынок и рынки стран-членов СЭВ поставлялись приборы, которые не выдерживали конкуренции с продукцией мировых производителей. И при открытии рынка такая продукция канула в Лету.



Сегодня позиции компаний научного приборостроения на мировом и внутреннем рынках во многом определяются мощностью их инфраструктуры и степенью ее интеграции в мировое научное сообщество. Источником новых идей служит взаимодействие с передовыми научными коллективами. Главное условие для коммерческой успешности приборостроительной компании – скорость вывода продукции на рынок. На успех в научном приборостроении может рассчитывать компания, сотрудники которой имеют доступ к современной элементной базе, программному обеспечению и информационным и вычислительным ресурсам.

В качестве примера Виктор Александрович привел достижения компании "НТ-МДТ" на рынке сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Первый прибор – сканирующий туннельный микроскоп СТМ-Ю-МДТ – эта рос-

сийская фирма выпустила в 1989 году. Сегодня "НТ-МДТ" – второй в мире производитель атомно-силовых микроскопов, доля которого на мировом рынке в 2014 году составила 16%. Офисы "НТ-МДТ", помимо России, действуют в США и Нидерландах, в Китае и в Ирландии. Более 30 дистрибьюторов обеспечивают поставки продукции в 54 страны мира.

Компания постоянно развивает линейки своих приборов, создает новые продукты. Например, в 2004 году был разработан научно-учебный комплекс "НаноЭдюкатор-1", до 2011 года было заключено порядка 500 контрактов на его поставку с заказчиками более чем из 20 стран. Сменивший его "НаноЭдюкатор-11" оказался не менее успешным – с 2011 по 2014 год было заключено 172 контракта на его поставку в 17 стран. Компания продолжает создавать новые технологии, приборы и расходные материалы – от новых типов кантиллеров до кластерных технологических комплексов. Совершенствуются и сами зондовые микроскопы – так, недавно был представлен СЗМ "ТИТАНИУМ" с рекордными характеристиками. Развивается направление интеграции СЗМ и рамановской спектроскопии. На основе атомно-силового микроскопа создан интегрированный комплекс для неразрушающего контроля и диагностики состояния промышленных объектов. Успешным для компании оказалось и такое новое направление, как ближнепольная оптическая микроскопия.

По мнению Виктора Александровича, темпы развития высокотехнологичного бизнеса в нашей стране могут быть значительно выше, если государство способствует улучшению инвестиционного климата. Например, в России нужна биржа для размещения акций высокотехнологичных предприятий по примеру NASDAQ в США. Такой институт сформирует питательную среду для привлечения инвестиций в развитие отечественных приборостроительных предприятий.

20 лет журналу "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ". Пройдена очередная веха в истории – не только журнала, но и всей российской электроники. Состоявшийся круглый стол наглядно показал, что в стране есть идеи, наработки, успешные компании, специалисты, понимание перспектив – все, что необходимо для развития электронной отрасли. Есть и заинтересованность со стороны государства. И все это позволяет, невзирая на текущие проблемы, с оптимизмом смотреть в будущее отрасли и России в целом.

Конечно, на заседании обсуждались далеко не все современные вызовы, встающие перед электроникой России. Но для того и существует журнал – место для высказывания новых идей, площадка для обмена мнениями, дискуссий, обсуждений. Работа продолжается. ●