

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЕННОЙ ВЧ- И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ В ЕВРОПЕ

КОММЕНТАРИИ

И.Викулов, к.т.н.

В журнале Microwave Journal №10 за 2010 год представители Европейского оборонного агентства (European Defence Agency, EDA) опубликовали статью "Оборонные ВЧ- и СВЧ-технологии на верной волне" (On the Right Wavelength: Microwave and RF Technology For Defence) [1]. В ней отражены возрастающие требования к электронным средствам ВЧ (< 1 ГГц) и СВЧ (> 1 ГГц) диапазонов, многократно повышающим эффективность систем вооружения: РЛС, ракетной техники, систем связи, электронного подавления, электронной поддержки и др. Одна из задач статьи – показать, что направления европейских разработок ВЧ- и СВЧ-техники соответствуют мировым тенденциям и тем самым оправдать военные расходы стран Евросоюза, особенно в условиях глобального экономического кризиса. Хотя в статье и отсутствуют данные по конкретным параметрам проводимых разработок, она представляет определенный интерес, так как характеризует в целом направления и многочисленные международные программы по военной ВЧ- и СВЧ-электронике, проводимые под эгидой EDA. Рассмотрим основные положения статьи.

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ EDA

Расположенное в Брюсселе Европейское оборонное агентство ответственно за состояние оборонноспособности и развитие военных технологий Евросоюза. Необходимость модернизации вооружений, в частности радиоэлектронных, в EDA объясняют исходя из опыта последних двух десятилетий по совместному использованию многонациональных вооруженных сил в различных конфликтах. Не называя конкретные типы новых военных угроз, EDA заявляет о коренном изменении характера боевых операций в современных условиях. По мнению EDA, на смену крупномасштабным действиям на больших открытых пространствах приходит тактика точечных ударов в малоизученной местности, в пустыне, на территориях городов или горных районов.

Ситуация может осложняться разобщенностью вооруженных сил и военной техники, находящихся иногда в разных местах: на собственной территории, в зоне боевых действий или на промежуточных базах. В связи с этим принципиально изменится качество информирования, предупреждения и развертывания международных вооруженных сил в условиях централизованного управления. В EDA отмечают, что теперь успех боевых операций определяется применением цифровых технологий и оптимизацией всех звеньев информационной инфраструктуры от первичного датчика до поражающего средства. Новые решения требуются и для ВЧ- и СВЧ-техники на всех уровнях – от компонентов до систем. Представители EDA отмечают трудности, связанные с экономическим кризисом и сокращением национальных военных бюджетов отдельных стран от

нескольких до 10% и более. Это заставляет точнее определять необходимые направления разработок, эффективно и прозрачно расходовать выделяемые средства, а военную технику делать более дешевой как при оперативном использовании, так и на протяжении всего срока службы. Особое значение приобретает международная кооперация, которая в определенной мере может ослабить негативное влияние сокращения военных бюджетов. Серьезной проблемой EDA считается конкуренцию между гражданским и военным секторами за области электромагнитного спектра, обострившуюся в последнее время вследствие быстрого прогресса коммерческой электроники и либерализации экономики.

С учетом всех этих обстоятельств EDA совместно с представителями правительств различных стран вырабатывает Европейскую стратегию оборонных исследований и технологий (European Defense Research and Technology, EDRT), определяющую требуемые технологии (цели) и способы их реализации (средства). Правительственные эксперты в соответствующих технических группах формируют список приоритетных технологий. На основе стратегии EDRT под контролем Руководящего совета EDA (EDA Steering Board) составляются планы необходимых мероприятий (Strategics Research Agendas), отражающие мнение широкого круга представителей правительств и промышленности по наиболее важным технологическим направлениям. По данным EDA, по трем главным направлениям – "компоненты", "сенсорные системы" и "системы связи и информации" – сейчас проводятся от 20 до 25 параллельных проектов. Текущий годовой бюджет EDA – от 50 до 130 млн. евро, из которых примерно 40–50% приходится на ВЧ- и СВЧ-технологии.

ПРОГРАММЫ EDA ПО ВЧ- И СВЧ-ТЕХНОЛОГИЯМ

В качестве ориентира, характеризующего современный мировой уровень технологий ВЧ и СВЧ, EDA принимает следующие американские программы:

- WBCS-RF (технология получения широкозонных полупроводниковых материалов для создания мощных GaN-усилителей);
- SMART (создание масштабируемых архитектур для реконфигурируемых приемопередатчиков миллиметрового диапазона);
- THz Electronics (разработка электронных приборов и устройств терагерцевого диапазона [2]);
- Next Generation (XG) (улучшение военной связи за счет разработки технологий и системных

концепций для динамического перераспределения спектра и создания новых форм сигнала);

- Remote Detection of Activities (RDA) (создание максимально дешевой необслуживаемой наземной сети датчиков со специальными алгоритмами и большой дальностью связи);
- Wireless Network after Next (WNaN) (создание беспроводной сети связи следующего поколения на основе разработки сетевых узлов и адаптивных сетевых технологий, позволяющих узлам автономно формировать сети специального назначения);
- WolfPack (разработка средств, препятствующих применению противником систем связи и РЛС);
- System on Chip (SoC) (система на кристалле).

Рассмотрим отдельные европейские программы с привязкой их к соответствующим американским проектам, указанным в скобках.

KORRIGAN (WBCS-RF). Основная задача программы KORRIGAN (2005–2009 год) – создание в Европе ряда независимых полупроводниковых фабрик (foundries), способных обеспечить всю военную промышленность Европы высококачественными GaN-приборами и микросхемами [3].

MANGA (WBCS-RF). Проект рассчитан на 3,5 года. Его цель – создание сети компаний, владеющих технологиями обработки подложек карбида кремния диаметром 100 мм и процессами эпитаксии GaN HEMT-структур. По мнению авторов [1], проект MANGA усилит европейскую индустриализацию, а технологии GaN HEMT и МИС станут основой разработки следующего поколения РЛС, систем связи и средств электронного противодействия. Одним из оснований для проведения программы MANGA EDA считает снижение риска экспортных ограничений на поставку из США эпитаксиальных GaN HEMT-структур на SiC-подложках.

В последнее время многие зарубежные корпорации с учетом растущего рынка мощных GaN-приборов, СВЧ-устройств и светодиодов укрепляют свои позиции в области технологии SiC-подложек и GaN-пластин [4]. Так, недавно американская компания Cree вышла на российский рынок с SiC-подложками диаметром 75 мм (без лицензии) и гетероэпитаксиальными GaN-структурами на карбиде кремния (только на условиях лицензирования) [5]. Последнее означает, что предлагаемые эпитаксиальные структуры могут быть использованы для изготовления только определенных классов ВЧ- и СВЧ-приборов, контролируемых пос-

тавщиком, а не покупателем. С этой точки зрения решение EDA развивать по проекту MANGA свое, независимое от США, производство эпитаксиальных GaN HEMT-структур вполне обосновано.

SMRF&SIMPLE (SMART) состоит из двух проектов: *Scalable Multifunction RF (SMRF)* и *SMRF Implementation (SIMPLE)*. Их цель – разработка и реализация архитектур для многофункциональных, масштабируемых модульных открытых систем и сетей.

Teragertz technologies (THz Electronics) в основном аналогична американской программе развития терагерцевой электроники [2], однако носит более утилитарный характер. Ее цель – разработка средств обнаружения скрываемого оружия, нелегальных боеприпасов и т.п.

ETARE, *Enabling Technology for Advanced Radio in Europe (Next Generation, XG)*. Анализ и разработка новых форм радиосигналов с целью построения высокоскоростных систем передачи данных с большой пропускной способностью для ВЧ-систем связи. Один из проектов этой программы (*High Data Rate Technology for HF Communications, HDR-HF*) ведется с 2009 года. В его задачу входит разработка и обоснование концепции дальней сверхскоростной связи в ВЧ-диапазоне (3–30 МГц) с целью создания недорогой альтернативы системам спутниковой связи. Проект HDR-HF финансируют совместно Германия, Бельгия и Франция.

CORASMA, *Cognitive Radio for dynamic Spectrum Management (Next Generation, XG)*. Разработка систем когнитивной, или познавательной радиосвязи, открывающих возможность гибкого использования спектра и позволяющих адаптироваться к окружающей электромагнитной обстановке при сохранении высоких параметров. Программа направлена на исследование когнитивной радиосвязи для военных применений. В ней участвуют Франция, Италия, Польша, Португалия, Швеция, Бельгия и Германия.

SCORED, *Software-defined radio and Cognitive Radio for European Defence (Next Generation, XG)*. Цель программы – анализ текущего состояния программируемой радиосвязи (*Software-defined radio, SDR*) и перспектив ее военного использования, а также возможности распространения на европейском рынке промышленных систем. Реализация программируемой радиосвязи стоит в повестке дня EDA с 2006 года с акцентом на стандартизации и сертификации SDR-устройств. В ходе выполнения последующих программ предполагается внедрение SDR-технологии в конкретные системы. Программу

выполняет консорциум из 20 европейских компаний.

FARADAYS, *Frequency Allocation for RADARs in coming YearS (Next Generation, XG)*. Цель программы – установление спектра радиолокационных частот на 2015–2020 годы. Программа предусматривает разработку типовых программных моделей, определение и установку программных средств имитирования окружающей среды, создание тестового плана и утверждение описания и процедуры испытаний, выпуск и анализ отчета имитационных испытаний

Study of miniature RF sensors (Remote Detection of Activities, RDA) – разработка сети миниатюрных ВЧ-датчиков, задача которых – обнаружение, локализация и идентификация трудно обнаруживаемых целей в сложных условиях. Основные усилия направлены на повышение чувствительности, снижение влияния помех и защиту от средств электронного противодействия. В программе также предусмотрена разработка общей концепции и архитектуры систем, методов обработки сигналов и данных, создание необходимых платформ и интеграция датчиков. В ней используются адаптивные, самообучающиеся устройства, позволяющие следить за динамично изменяющейся оперативной обстановкой и окружающими условиями.

WOLF, *Wireless rObust Link for urban Force operation (Wireless Network after Next, WNaN)* предусматривает создание надежной беспроводной системы связи для управления боевыми операциями в городских условиях. Программа рассчитана на один год.

WINTSEC, *Wireless InTeroperability for SEcURITY (Wireless Network after Next, WNaN)* направлена на развитие совместимых беспроводных систем связи для обеспечения безопасности военных и гражданских пользователей. Программа закладывает основу для дальнейшего развития SDR-технологии.

ICAR, *Intelligent Control of Adversary Radio-communications (WolfPack)*. Цель программы – создание надежной электронной системы выборочного контроля, захвата и блокировки мобильной связи противника в условиях многократных отражений радиосигнала, характерных для территорий городов и горных районов.

System on Chip (SoC). Эта программа совпадает с аналогичной американской и предполагает разработку технологии совмещения на одном кристалле большого числа элементов, приборов и устройств, выполняющих в целом заданную аппаратную функцию.

Отметим и некоторые другие проекты EDA.

THIMS, Technology for High speed Mixed Signal circuits. Задача проекта – обеспечить надежный доступ оборонной промышленности Европы к современной недорогой SiGe-технологии и средствам проектирования интегральных схем со смешанными типами сигналов (цифровыми и аналоговыми). Проект находится на стадии завершения, а государства-участники близки к принятию технического соглашения.

SPREWS, Signal Processing for Radar and EW Systems. Работы по проекту начаты в 2009 году и направлены на разработку новых методов повышения эффективности обнаружения, определения местоположения, отображения, классификации и идентификации целей в сложных условиях распространения сигнала при наличии помех и электронного противодействия.

TELLUS, Technology Enablers for Light&Low cost Urban RF Systems. Проект начат в 2010 году и посвящен исследованию и разработке недорогих, легких, с малым энергопотреблением РЛС и систем электронной поддержки, приспособленных для ведения военных операций в городских условиях.

SIMCLAIRS, Studies for Integrated Multifunction Compact Lightweight Airborne Radars and Systems. Цель проекта – разработка для ракет и беспилотных летательных аппаратов компактных и легких радиолокационных систем нового поколения с синтезированной апертурой, отвечающих предельно жестким требованиям к массе, габаритам и энергопотреблению. Проект начат в 2009 году, его стоимость составляет 25 млн. евро, т.е. он – один из самых дорогих в истории EDA.

Из других программ, входящих в сферу интересов EDA, можно отметить также AESA – создание антенн с активной фазированной решеткой (АФАР). Сейчас архитектура АФАР содержит тысячи модулей и небольшое число приемных устройств. В EDA считают, что главная задача дальнейшего развития этого направления – сокращение числа модулей АФАР и увеличение числа приемников, а также переход к широкополосным и многофункциональным АФАР. Технологическую базу для построения приемопередающих модулей АФАР составят проекты KORRIGAN и MANGA, позволяющие создавать эффективные СВЧ-микросхемы на основе гетероэпитаксиальных GaN-структур на SiC-подложках.

Не последнее место в планах EDA занимает разработка высокоэнергетического особого типа нелетального СВЧ-оружия НРМ, которое должно выводить из строя информационные системы

противника, его энергетические установки, останавливать подвижные средства и т.п., не разрушая при этом инфраструктуру и не вызывая потерь живой силы.

Опубликованная в журнале Microwave Journal статья направлена на обоснование правильности технической политики Европейского агентства EDA по развитию военных ВЧ- и СВЧ-технологий в Европе. К странам с передовой ВЧ- и СВЧ-техникой, развивающим аналогичные технологические направления, авторы, наряду с США и странами Европы, относят Россию, Китай и Израиль. По их оценке, безусловными лидерами среди них являются США и Европа. Отсюда и главный тезис статьи: европейские оборонные ВЧ- и СВЧ-технологии – на верной волне. Другим странам представители EDA, видимо, оставляют возможность самим определить свое место в мировом рейтинге ВЧ- и СВЧ-технологий, обеспечивающих национальную обороноспособность.

Что касается России, то правительство страны также придает важное значение развитию СВЧ-технологий. Проект "СВЧ-технологии" уже вошел в перечень 30-ти так называемых технологических платформ (инициированная Минэкономразвития по европейскому образцу новая организационная форма, предполагающая совместное участие государства, науки и бизнеса в решении сложных технологических проблем), утверждаемых правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям [6]. Координатор (инициатор) технологической платформы "СВЧ-технологии" – ОАО "Российская электроника".

ЛИТЕРАТУРА

1. **Sieber M., Simon A.** On Right Wavelength: Microwave and RF Technology For Defence. – Microwave Journal, 2010, v.53, №10, p.22.
2. **Викулов И.** Вакуумная СВЧ-электроника в 2010 году. К миллиметрам и терагерцам. – Электроника: НТБ, 2011, №2, с108–117.
3. **Викулов И., Кичаева Н.** GaN-технология. Новый этап развития СВЧ-микросхем. – Электроника: НТБ, 2007, №4, с.80–85.
4. Dow Corning Joins Imec GaN Affiliation Program, www.compoundsemiconductor.net, Jan. 20, 2011.
5. **Шахнович И.** Карбид кремния для российской промышленности. Интервью с представителями компаний Cree и "Макро Групп", Электроника: НТБ, 2010, №8, с.4–6.
6. **Резникова А.** База для инноваций. Минэкономразвития подготовило перечень технологических платформ. – РБК daily, 9.03. 2011, №39, с.3.