

Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы

Часть 1

Александр Гордеев (г. Ульяновск)

В настоящей статье, наряду с рядом предыдущих публикаций в журнале «Современная электроника» по перспективной 300-градусной радиационно-стойкой силовой электронике, СВЧ-электронике, фотонике и релятивистской энергетике, продолжена тема раскрытия новых энергетических граней и возможностей монокристалла LPE i-GaAs, технология которого создана д.т.н. Виктором Войтовичем [1].

По существу, данная статья является пояснительной запиской к реализации нового, достаточно ёмкого, не имеющего аналогов проекта в области терагерцовых систем обработки, трансляции и приёма информации («три в одном») и адресной передачи, в том числе через спутниковые системы, мощных пакетов электроэнергии. А кроме того, с некоторой долей вероятности, – к созданию нового направления в науке: тера-магнито-ядерной энергетике (нейтронно-водородная трансмутация).

На основе собственных разработок, а также идей и практических результатов советских учёных, лауреатов Ломоносовской и Ленинской премий С.А. Ахманова и Р.В. Хохлова, в данной статье изложен системный подход к построению мощных терагерцовых энергосистем различного назначения на базе уникальных свойств атомной поляризации диэлектрических материалов типа $A_{III}B_V$, $A_{III}B_{VI}$ и др.

Статья предназначена для специалистов, глубоко понимающих проблемы оборонного комплекса, носителей идеологии импортозамещающего развития экономики на основе технологий, опережающих мировой уровень.

НАЗНАЧЕНИЕ И ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ТЕРАГЕРЦОВЫХ СИСТЕМ – ПРАКТИЧЕСКАЯ И ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ

Практическая, реальные зоны применения

Терагерцовый диапазон – это частоты от 3×10^{11} до 3×10^{14} Гц (0,3...300 ТГц) с длинами волн 1,0...0,001 мм и энергией квантов волны 10^{-3} ...1,5 эВ.

Терагерцовые системы очень полезны для следующих применений:

- обработка, приём, адресация информации со скоростями от единиц (2016 г.) до сотен Тбит/с (2020 г.);
- исключение упругого (ньютоновского) столкновения баллистических аппаратов со случайными или неслучайными (ПРО) космическими объектами с суммарно-встречными скоростями до 20 Махов;
- создание водородного топлива из воды (гигакастерная диссоциация плюс тера/петаатомная диссоциация) для авиации, космоса, автомобильной промышленности, обогрева и т.д.;
- «релейная» связь (т.е. направленная, узкополосная, Bluetooth-связь), локация, навигация, а также телеметрия в прозрачных «окнах» атмосферы ($c \lambda \approx 0,01$ мм);
- радиосвязь через гиперзвуковую плазму (на плазменно-прозрачных «тера»-частотах);
- терапсихотроника (корректировка сознания, рефлексов на «чёрных частотах» квантово-приёмной системы – человека, т.е. на длинах волн около 0,01 мм);
- замена рискованных методов лечения онкологии, таких как химиотерапия, электронные пучки и, тем более, протонная терапия опухолей мозга, технециво-изотопная терапия, на практически безвредную (в пределах «ожоговой» зоны) терачастотную ИК 10-микронную терапию на базе резонансно-клеточного поглощения ИК-энергии с последующим локальным распадом кислородо-насыщенных белковых биоклеток (распад белка ткани человека при температуре более 42°C);
- терагерцовые системы и бортовая сенсорика на БПЛА разных типов: микро- (весом в доли грамма), милли- (несколько грамм) и мини- (несколь-

Статья публикуется в авторской редакции.

Мнение редакции не всегда совпадает с позицией автора. Но редакция открыта для диалога

и предоставляет специалистам возможность донести свои идеи до аудитории журнала.

Специализированный журнал – это информационная площадка, на которой порой встречаются самые невероятные проявления творческой мысли.

ко килограммов) дронах, а также на мини-спутниках (по типу «Ломоносов» – до 10 кг) и мега-дронах (А-50, ТУ-160, ПАК ДА, гиперзвуковых аппаратах), самоуправляемых интеллектуальных автомобилях;

- создание интеллектуальных систем для антитеррористических применений и обеспечения безопасности, АПЛ/ДПЛ-дроны (с возможностью спутниковой ИК-связи из подводного положения на частотах, превышающих атомно-молекулярные кластерные колебания воды и солей металлов (использование морской соли в качестве поляризованного проводника-антенны, что затрагивается и в этой статье));
- всепогодные бортовые лучевые ИК-системы ПРО/ПВО, действующие в окнах прозрачности атмосферы на волнах длиной 3...5 и 8...12 мкм, включая ИК-перехват ПТУРСов и, вероятно, артснарядов залпового огня или гаубиц (изменение точечно-пространственной энергетике среды полёта снаряда);
- ИК-нейтрализация живой силы противника;
- неохлаждаемые, сверхлёгкие ИК-гаджеты в виде очков/шлемов для ночного/теплового видения (имеется разработанный проект с интересной версией «шлем-ИК-нейтрализатор»);
- разложение бензольного радикала (бензина) на H_2 и С и озонизация кислорода перед прямым впрыском (новые ДВС со сверхвысокими КПД и мощностной эффективностью).

И для многих других применений – вплоть до очистки крови или диагностики онкологических заболеваний молочной железы за доли секунды (личные гаджеты) на резонансных для кластерных скоплений кислорода радиочастотах в 60 ГГц и в начальном терадиапазоне.

По мнению автора, всё вышеперечисленное можно было бы осуществить к настоящему моменту в случае отсутствия предубеждений, предвзятых мнений и противодействия.

А что в будущем?

Парадоксальная гипотеза

Тера- и петатранспорт электромагнитной энергии, например, на эффекте сверхтуннелирования [2] в твёрдом теле, допустим, в GaAs, при длинах пробега $\leq 4...5$ нм (это вероятные нормы микроэлектронного производства к 2020 г. у таких фирм, как IBM, Intel, Samsung и TSMC) с плотностью электронов до $10^{21}/\text{см}^2$, или резонансно-параметрическая поляризованная генерация в диэлектриках с $\rho > 10^9$ Ом \times см с элементами III группы таблицы Менделеева – Ga или Al (в частности, рассматриваемый здесь LPE i-GaAs) в дальнем терадиапазоне (короткий ИК-диапазон) при наноразмерных резонаторах, или нано/субнанодрейф плазмонов на поверхности металлов создадут условия для терачастотных/тераэрстедных магнитных полей, что может послужить инструментом воздействия на «карликовый» водо-

родоподобный нейтрон. Суть – в энергоконтакте внешнего магнитного поля с ядерным магнетроном.

Как известно, нейтрон обычно распадается на протон, электрон и дефект массы – антинейтрино, излучаемое с гиперсветовой скоростью. Нейтрон имеет нулевое внешнее поле, спин $S = \hbar/2$ – собственный механический момент, а также магнитный момент – в виде ядерного магнетрона. Нейтрон – это как бы «водородоподобный карлик», имеющий протон и волновой («сферобразный») электрон при радиусе «водородоподобного карлика» на четыре-пять порядков меньше радиуса атома водорода. Соответственно, встроенное прототипно-электрическое поле будет на несколько порядков выше, чем в атоме водорода ($10^9...10^{10}$ В/см), т.е. достигать значений выше 10^{15} В/см.

Если радиус нейтрона «сжимать» внешними полями, то, в отличие от стандартной модели возбуждения атома, его энергия будет увеличиваться, а если «разжимать», то энергия будет резко падать. Это значит, что если произойдёт «космический взрыв» нейтрона (что и происходит при упругом столкновении

нейтрона с атомом водорода в том же водородонасыщенном парафине, то выделяется энергия порядка МэВ, при величине которой $>14,2$ МэВ ещё рождается и антиматерия – позитрон. (Кстати, а при каких условиях родится антипротон – при 10^6 МэВ? Или ещё больше? И нельзя ли синтезировать новый «карлик» с новым – отрицательным – ядром?) Следовательно, моделируя субангстремный «движок» в виде «статора»-протона и «ротора»-электрона (волны электрона), можно задаться вопросом – а нельзя ли этот «движок» затормозить или ускорить? Или «разжать/сжать» маятниковый ядерный осциллятор?

Гипотетически, такая возможность существует и, следовательно, «быстрые» нейтроны можно перевести в «медленные», а «медленные» – в «быстрые». А «водородоподобный карлик» довести до размеров атома водорода.

Если рассмотреть эти процессы через призму открытия Нобелевских лауреатов по физике 2012 г. за исследования в области квантовой оптики француза Сержа Ароша и американца Дэвида Вайнлэнда, то, по сути дела, описанное «водородоподобное расши-

Новое поколение GaN-транзисторов

WolfSpeed

<p>CGHV14250 Диапазон частот: 1200–1400 МГц Мощность: 250 Вт Коэффициент усиления: 18 дБ</p>	<p>CGHV14500 Диапазон частот: 1200–1400 МГц Мощность: 500 Вт Коэффициент усиления: 17 дБ</p>	<p>CGHV35150 Диапазон частот: 2900–3500 МГц Мощность: 150 Вт Коэффициент усиления: 13,5 дБ</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WOLFSPPEED

ProCHIP
 POWERED BY ProSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

рение» радиуса нейтрона на порядки приведёт к выделению огромной термоядерной энергии в материи (в системе протон–электрон), т.е. со сбрасыванием температуры продукта ядерной мутации нейтрона в водород до нулевой кельвиновской температуры с выделением энергии в пространство. И наоборот, «сжатие» водорода и его трансмутация в нейтрон – это ядерный «склад» энергии, который, предположительно, по этой схеме и работает в ядре Солнца.

Или, по-другому, воздействуя гипермагнитными квантами на нейтрон, мы сможем получить как бы ядерный «фотоотклик», точнее, магнито-квантовый отклик. Вот и вся суть возможной тера- и петаэнергетической магнито-ядерной инициативы. Здесь много «магнитных тайн», подобных тем, с которыми мы сталкиваемся почти ежедневно.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ЗАДЕЛЫ В ТЕРАГЕРЦОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Терагерцовые аналоговые и цифровые системы – это разные по уровню сложности субмикронной архитектуры системы. Это чётко проявляется, допустим, при построении аналогового генератора на транзисторах типа FinFET при длине канала 14...22 нм, предельные частоты которого достижимы, например, на той же КМОП-системе, только при дрейфовых длинах канала в 10, а то и 7 нм. Выстраивать твердотельные (в обычном понимании – полупроводниковые) аналоговые системы без «оцифровывания» приёма-передающего сигнала исключительно сложно из-за уровня шумов, превышающего зачастую уровень усиления аналогового сигнала. Это означает, что, скажем, в терагерцовом АЦП должны быть практически разные по типу технологии цифровые и аналоговые элементы.

Развитие терагерцовой электроники (генераторы, передатчики, усилители, приёмники) ведётся по двум направлениям:

- вакуумная терагерцовая электроника;
- твердотельная электроника.

Вакуумная терагерцовая электроника с выходной мощностью от 0,5 до 1000 кВт выполняется на гиротронах, а также на клистронах, лампах бегущей волны (ЛБВ) и лампах обратной волны (ЛОВ). Проблемы, с которыми сталкиваются разработчики зарубежных фирм (Toshiba, SLAC, CPI), а также российские (ИПФ РАН (г. Нижний Новгород) и «Исток» (г. Фрязино)), – это массогаба-

ритные показатели (уровня «шкафов»), теплоотвод, модуляция электронного потока по фазовым скоростям. Кроме того, необходимы сверхпроводящие магниты с полями в десятки тесла.

Твердотельная терагерцовая электроника за рубежом выстраивается на FinFET, смесительных GaAs-SBD, наноразмерных диодах Ганна, НВТ, р-HEMT, MHEMT, MDM (приборы на эффекте Джозефсона), микроболометрах, фотонных приборах (терагерцовых лазерах на $A_{III}B_{V}$, фемтосветодиодах). Есть и такая экзотика, как наноразмерные резонансно-туннельные диоды (РТД) и самопереключающиеся диоды (Self-Switching Diodes, SSD). Но это всё техника нано-, микро- или, в лучшем случае, милливаттного терагерцового диапазона. Попытки «умножить» частоту на смесительных диодах, в частности, на GaAs-SBD, ни к чему хорошему не приводят из-за резкого усиления коэффициента шума, достигающего немыслимых величин – до 14–15 дБ при аналогичном коэффициенте усиления мощности.

Тем не менее, программа DARPA «Terahertz Electronics» (с 2009 г.) заметно продвинулась на базе InP НВТ и HEMT (с обогащённым 2D-каналом и подвижностью выше $20\,000\text{ см}^2/\text{В} \times \text{с}$), что привело к созданию сверхмалогабаритных передатчиков и приёмников на частотах выше 1 ТГц с милливаттными мощностями и высокой широкополосностью. Кроме этого, агентство DARPA в 2014 г. сообщило о создании самого быстрого в мире процессора с тактовой частотой выше 1 ТГц, и, надо полагать, что в 2016 г. предельная скорость обработки и адресации информации будет удвоена. TMIC-процессор (Terahertz Monolithic Integrated Circuit) или цифровая система $C^3\text{BIS}$, видимо, выполнена всё-таки пока по кремниевой КМОП-технологии, поскольку сложно создать плотность упаковки элементов в 2×10^{10} элементов на 1 см^2 и выше в бездефектной зоне, допустим, на $A_{III}B_{V}$.

Одним из «игроков» в терагерцовой зоне является и американская компания Freescale (в 2015 г. объединившаяся с голландской NXP Semiconductors) с её GaAs-MOSFET-системами, которые являются практически в 20 раз более скоростными в сравнении с кремниевыми MOSFET-системами. В России же о MOSFET-технологиях на GaAs пока не помышляют.

Наиболее выдающихся успехов в диффузионно-дрейфовой технологии переноса терагерцовой электрони-

ки ближнего диапазона достигла фирма Northrop Grumman Corporation [3], что, вероятно, будет технологически осязаемо в РФ, в лучшем случае, к 2020 г.

Пути усиления терагерцовой твердотельной техники находятся, прежде всего, в плоскости совершенства кристаллографических гетероструктур на основе элементов $A_{III}B_{V}$ и, как это ни странно, на $A_{IV}B_{IV}$. При этом нужно временно «забыть» о GaN р-HEMT с большим уровнем шума.

Пиковый уровень полупроводниковых технологий продемонстрирован год назад IBM [4]: в экспериментальных процессорах, изготовленных по 7-нм FinFET-техпроцессу, «по сравнению с 10-нм чипами ожидается 50-процентный выигрыш не только в производительности, но и в энергопотреблении». «Это значит, что нынешние прогрессивные 14-нм чипы будут казаться рядом с 7-нм устаревшими, медленными и горячими «динозаврами», – утверждают в IBM (впрочем, многолетний опыт Intel по выпуску массовых чипов по 32-нм, 22-нм и 14-нм техпроцессам, показывает, что подобные «прожекты» на практике могут и не оправдаться – прим. ред.).

Напомним, что в России технология 65 нм находится пока лишь на стадии освоения. Собственно, это было отмечено в «Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 г.», утверждённой девять лет назад (летом 2007 г.). В ней, в частности, отмечалось: «Из-за технологического отставания в области твердотельной СВЧ-электроники имеются серьёзные проблемы в создании современного радиолокационного вооружения... Сегодня очевидно, что дальнейшее отставание России в такой ключевой области промышленности, как производство электронных компонентов, крайне опасно и недопустимо, поскольку не позволит перейти от сырьевой экономики к «экономике знаний» и обеспечить первоочередное развитие высокотехнологичных отраслей промышленности».

Ещё раз подчеркнём, что прошло девять лет. С учётом капитальных вложений (как государственных средств, так и на основе кредитных линий) потрачено около 100 млрд руб., а технологический разрыв не только не сократился, но увеличился!

Санкции ещё больше обострили проблемы разработчиков гиперчастотных электронных систем. В итоге, разработанная и достаточно продуманная Программа импортозамещения (Приказ

Минпромторга от 31 марта 2015 г. №662 «Об утверждении отраслевого плана мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности Российской Федерации») может оказаться «кислородной подушкой» для разработчиков систем ОПК РФ. Но одно дело – принять и утвердить программу репродукции ЭКБ с уровнем начала века, другое дело – её выполнить так, чтобы новые приборы были не хуже «начала века».

Является ли Программа импортозамещения исчерпывающей для национальных интересов? Конечно, нет. Автор неоднократно подчёркивал (и многие это понимают), что это – «программа реанимации», а нужна «программа реабилитации и развития», т.е. программа опережения мирового технологического уровня. Если этого не сделать, то страна в своём развитии будет отброшена далеко назад. Скорее всего, программу опережения в области радиофизики и электроники должны разработать Минобрнауки и РАН и, вероятнее всего, на эту программу необходимо выделение ежегодных государственных субсидий в размере хотя бы 1% от углеводородного дохода (примерно \$4 млрд в год), если ставить

задачу сохранения национального суверенитета государства. Новый технологический облик промышленности государства должен создаваться талантливыми учёными. Тем более что такая практика уже существует в DARPA и постепенно выстраивается в ФПИ.

Напрашивается вопрос – есть ли в России фундаментальные и технологические предпосылки для создания программы опережения (программы «экспортозамещения» тающих ресурсов углеводородного сырья)? Если искоренить «лысенковщину» и противодействие чиновников, то обнаружится, что запас идей у нас – на сто лет вперёд. Есть у нас и новые Ландау, и Прохоровы, и Алфёровы. Их даже искать не надо. Необходимо только понять и признать, что это талантливые люди, по сути – национальное достояние, которых государство должно беречь и поддерживать.

Конечно, достижение роли мирового технологического лидера в электронике – непростая задача. Однако стремление к этому – гораздо лучше, чем заранее заданная позиция второсортности и обречённости на неудачи. В итоге, нужны государственные реформы в области

науки, высоких технологий и интеллектуальной собственности в этой сфере. Мои предложения по реформам в области науки и высоких технологий находятся в Управлении Президента РФ по научно-образовательной политике.

Итоговый вопрос такой – каким образом, за счёт каких радиофизических явлений и других технологий можно было бы создать не просто паритет в базовой твердотельной электронике, но и постараться сделать всё необходимое, чтобы превзойти мировой уровень в стратегически важном терагерцовом диапазоне? Продолжение данной статьи посвящено именно этому вопросу технологического опережения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Voitovich V., Rang T., Rang G.* LPE Technology for Power GaAs Diode Structures. Estonian Journal of Engineering. 2010. 16. 1. P. 11–22.
2. *Войтович В.Е., Гордеев А.И., Звонарев А.В.* Фотонная и релятивистская энергетика на основе LPE i-GaAs-монокристаллов. Современная электроника. 2015. № 7.
3. www.eso.nasa.gov/forum/estf2015/presentations/Deal_S1P6_ESTF2015.pdf.
4. www.hitech.vesti.ru/news/view/id/7311. ©



Компактное, интеллектуальное решение для испытаний на вибрацию

Встроенное программное обеспечение



Удобно в применении



Экономически эффективно



Не требуется программирование



USB-2405 — высокопроизводительные устройства с USB-интерфейсом

Портативно





USB-2405

- 4-канала
- Разрешение 24 бит
- Частота опроса 128 ксэмпл/с
- Интерфейс USB 2.0



Программное обеспечение Visual Signal DAQ Express

- Высокая скорость
- Простота
- Визуальный частотно-временной анализ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADLINK

PROSOFT® 25 ЛЕТ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

