

Крупнейшие в мире перспективные электронные отечественные проекты с ёмкостью мирового рынка в триллионы долларов

Александр Гордеев, Виктор Войтович, Геннадий Святец

Статья посвящена раскрытию научно-технического потенциала России в области терагерцовых технологий на рынке услуг свыше триллиона долларов и предназначена вниманию Сбербанка, Газпромбанка, Росатома, Роскосмоса, Ростеха и других корпораций.

Минпромторг (МПТ) подготовил обновлённую концепцию развития отечественной электроники до 2030 г. [1].

Концепция направлена на резкое снижение зависимости электронной отрасли от иностранных технологий в области микро- и нанoeлектроники, а также ключевых материалов, комплектующих, в том числе цифровых систем, на покрытие дефицита кадрового обеспечения и, что исключительно важно, на создание практических предпосылок для восстановления отечественного электронного машиностроения.

Концепция – это руководящая системная идея, являющаяся фундаментом перспективной Программы развития.

В концепции МПТ есть два слабых места:

- 1) кредитовый оборот,
- 2) стратегия.

Финансовая помощь государства в расширении производства, а мы считаем, что она должна быть в текущих условиях в виде субсидий (не путать с кредитами), как это делал Советский Союз, абсолютно необходима, в том числе не только для флагманских предприятий – «Микрона» или «Ангстрема», – но и для таких частных компаний, как, допустим, АО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ», АО «ВЗПП-С» или АО «Орбита» и других, где ни одна копейка не уйдёт «налево» и где выпускают не менее важную продукцию: от оптоэлектроники силовой ЭКБ до высокочастотных микроконтроллеров или ПЛИС.

Что касается «Микрона» или «Ангстрема», то, на наш взгляд, государство недооценивает их стратегическую роль в части развития наноцифровых техно-

логий для грядущей интеллектуальной цифровой экономики. Субсидирование даже на уровне 10% от капиталовложений в «Северный поток» привело бы к резкому и качественному изменению положения данных компаний как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

В части Стратегии («искусство побеждать») – ответ очевиден. В данной статье изложены стратегические направления в области терагерцовой энергетики.

Стратегия развития отечественной электроники от 17.01.2020 г. – это уровень 2019 года, особенно на фоне анонсирования компанией Zyvex Labs системы электронной литографии ZyvexLitho1 с разрешением 768 пикометров (0,768 нм). Подчеркнём, что постоянная кристаллической решётки арсенида галлия $\approx 0,56$ нанометров, а, к примеру, карбида кремния – от 0,3 (4H-SiC) до 0,43 нанометра в зависимости от политипа.

Найти $\approx \$50$ млрд ежегодно до 2025 г. для того, чтобы догнать Intel, Samsung, IBM, государству не по силам. Следовательно, чтобы не остаться «электронной Полинезией», нужно, как однажды выразился Президент РФ, «включать мозги» и выстраивать Программы развития отечественной электроники, опережающей по ключевым сегментам мировой уровень, в таких секторах, как:

- сверхэнергосплотная (до 200 кВт/дм³) силовая электроника (ВИП для серверов);
- бесшумная мощная стратегическая СВЧ-электроника в «чёрном» диапазоне длин волн (1...3 мм);
- терагерцовая электроника;
- квантовые мультикубитные компьютеры;

- 6G, 7G;
- комнатная сверхпроводимость, а также:
- тера- и петагерцовая цифра и логика (петагерцовые процессоры с встроенным ОЗУ);
- «черноволновые» (терагерцовые) системы распознавания (взамен неоднозначного направления нейросетей);
- субнано- и атомно-орбитальная спин-электроника;
- квантовая терагерцовая и петагерцовая медицина;
- твердовакуумная электроника;
- фотонно-фононные цифровые системы и логика;
- космическая магнотроника и энергия вакуума;
- изотопная цифра, в том числе доменно-изотопная Flash-технология;
- экстремальная электроника, в том числе с рабочими температурами чипов 300...800°C.

В этих направлениях Россия в ближайшие 3–5 лет абсолютно точно может захватить лидирующие позиции при условии господдержки.

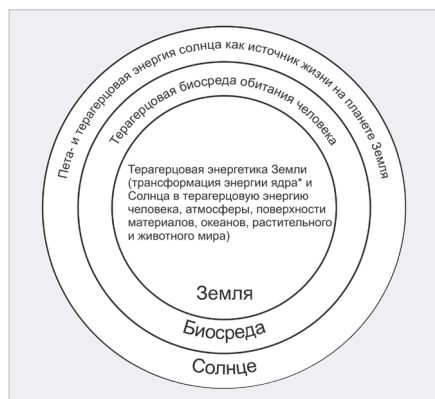
Для планирования, организации и реализации таких программ нужна целевая правительственная структура – аналог МЭП СССР, – если мы хотим создавать терагерцовую экономику будущего.

1. Терагерцовая биосреда обитания человека

Высший разум сотворил человека в виде «твердовакуумного» тела, являющегося, по существу, терагерцовым генератором электромагнитного излучения [2] (тепловое излучение – это электромагнитное излучение).

До 50% излучения человеческого тела приходится на так называемый «черноволновый» диапазон длин волн с $\lambda = 5...15$ мкм ($6 \times 10^{13}...1,8 \times 10^{13}$ Гц). Необходимо отметить, что тело человека излучает не только терагерцовые частоты;

* Объёмная доля атомных частиц по Резерфорду – Бору (электронов, нуклонов) в любом удельном объёме составляет не более $10^{-10}\%$ от объёма. В этой связи корпускулярная модель атома, вероятно, изжила себя, и квантовую модель неопределённости Гейзенберга, видимо, придётся дорабатывать с объёмно-энергетической точки зрения или качественно и количественно детализировать физический вакуум по Фейнману.



* Энергия ядра Земли – это продукт космоса (энергии галактического вакуума), поскольку солнечная энергия ($\approx 1350 \text{ Вт/м}^2$) ни по каким законам физики не предотвратит угасание энергии так называемого «расплавленного железного» ядра (расплав железа – не ферро- и даже не диамагнетик).

Рис. 1. Схема аккумуляции терагерцовой энергетики в биосреде обитания человека

ты ($3 \times 10^{11} \dots 3 \times 10^{14} \text{ Гц}$), но и даже СВЧ-частоты вплоть до С-диапазона, хотя мощность такого излучения ничтожно мала.

В целом мощность излучения человеческого тела на принципах ИК-приёма, изложенных в публикации [2], способна зажечь электрическую светодиодную лампочку или LED мощностью до 20 Вт и выше [2, 3].

Способность человеческой энергетики поглощать волны на частоте собственного излучения $5 \dots 15 \text{ мкм}$ («черноволновое» излучение) – это феноменальное естественное явление, являющееся источником жизни не только человека, но и практически всех существ на планете. Понимание физического смысла терагерцовой энергетики человека приведёт к рез-

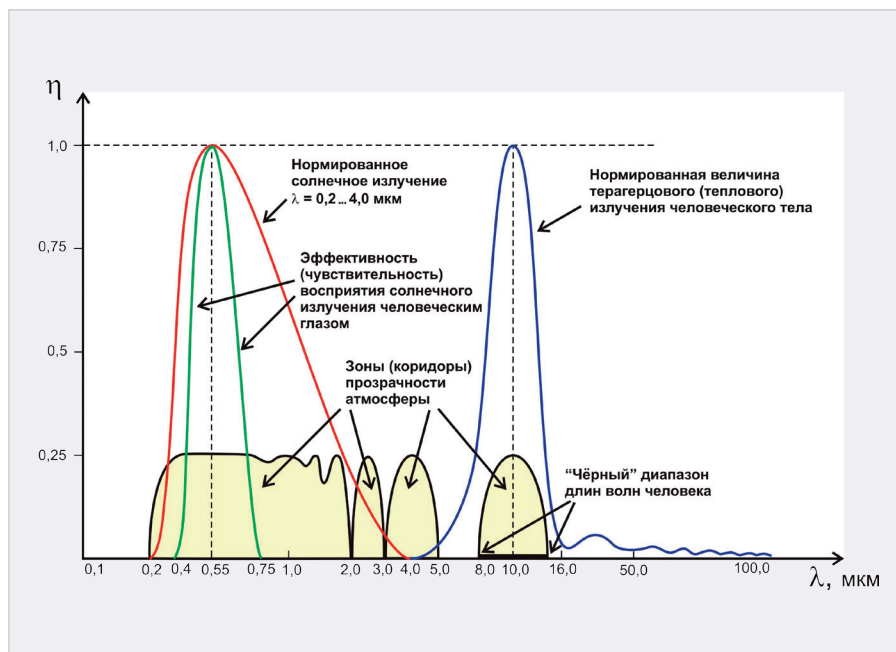


Рис. 2. Частотная зависимость нормированной мощности солнечного и человеческого электромагнитных излучений

кому изменению качества его жизни, как, собственно, понимание естественной терагерцовой биосреды человека и, конечно же, искусственных терагерцовых технологических инструментов, чему посвящена данная публикация.

Биосреда

Естественная энергетика биосреды – это энергия Солнца (начальная петагерцовая и примыкающая к ней терагерцовая) в пределах частот излучения от $1,5 \times 10^{15}$ до $(5 \dots 6) \times 10^{13} \text{ Гц}$ ($0,2 \dots 4 \text{ мкм}$) и терагерцовая энергетика планеты Земля (атмосфера, водная и земная поверхность, фауна, живые организмы). Пустыня Сахара, лёд на Эвересте или в Антарктиде, южноамериканская

сельва или поверхность океанов – это также естественные терагерцовые генераторы для обеспечения жизни на Земле. То есть природа – это терагерцовый источник жизни для всего живого.

На рис. 1 упрощённо представлена схема поддержания энергетики биосреды обитания человека.

Сложно согласиться, что «железный гироскоп» является источником магнитного поля Земли, как и сложно согласиться с тем, что ядро Земли – это «железка».

При удивительной энергоструктуре человек – биосреда – Солнце **необходимо отметить, что божественная энергия Солнца никоим образом не накладывается на энергетику самого человека и является соприкасающейся**, т.е. Солнце излучает энергорadiацию на Землю через атмосферный фильтр в диапазоне частот на длинах волн $0,2 \dots 4 \text{ мкм}$, а начальное терагерцовое излучение человека начинается с $\approx 5 \text{ мкм}$ (начальная область «черноволнового» излучения человека).

Иными словами, щелевой диапазон частот с $\lambda = 4 \dots 5 \text{ мкм}$ в будущем идеален для 9G (6G – $240 \dots 320 \text{ ГГц}$; 7G – $5 \dots 7,5 \text{ ТГц}$; 8G – $25 \dots 40 \text{ ТГц}$, т.е. в «окнах прозрачности» атмосферы), так что впереди непочатый край работы.

На рис. 2 показана частотная зависимость мощности излучения Солнца и человеческого тела из публикации [2], а на рис. 3, 4 – частотный спектр потолочной мощности излучения Солнца и человеческого тела [2].

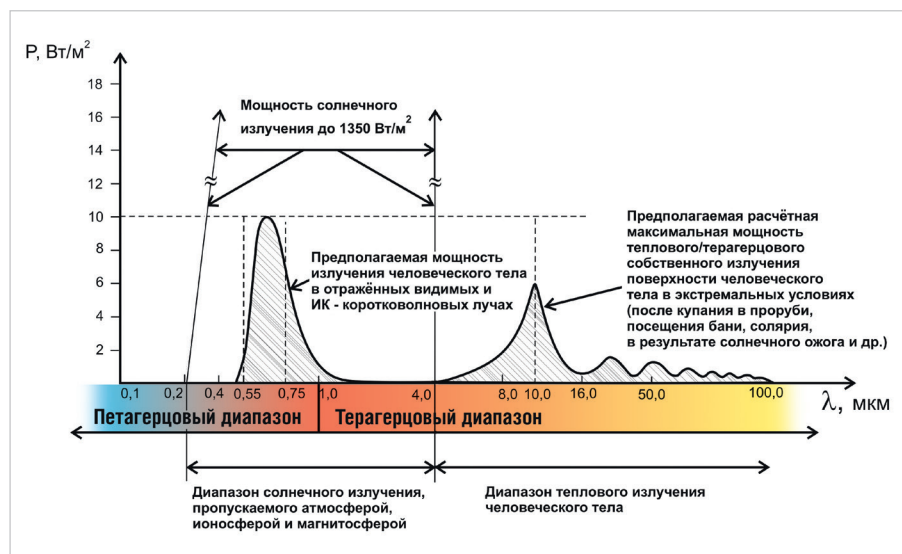


Рис. 3. Максимальная мощность излучения человеческого тела в пета- и терадиапазонах

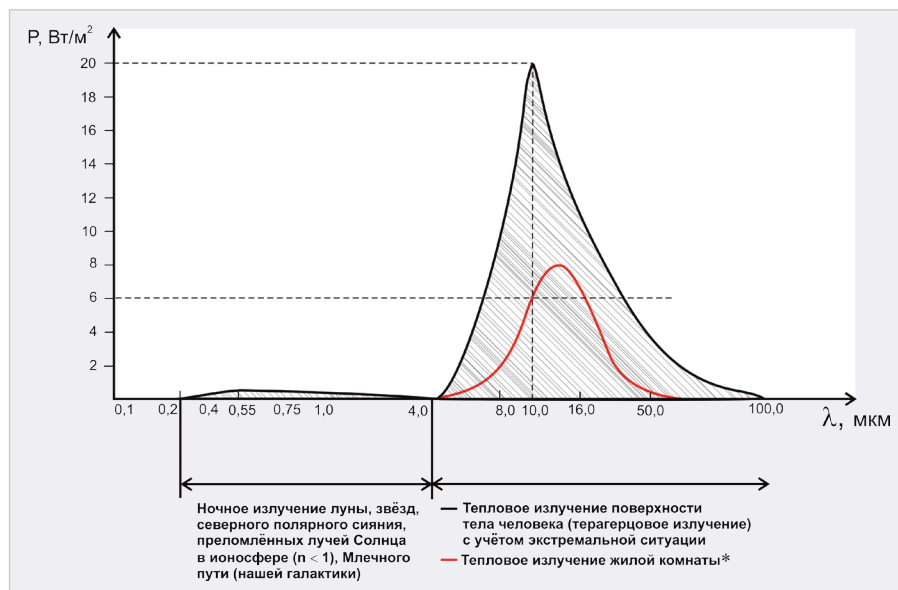


Рис. 4. Мощности излучения ночного космического пространства и тепловое излучение человеческого тела и жилой комнаты

2. Наличие в России фундаментальных теоретических наработок в области генерации усиления, приёма и транспорта терагерцовой энергии в твёрдых телах, уникальных новых материалов, прикладных технологий

Шкала длин волн в терагерцовом диапазоне находится в пределах $\lambda = 1 \text{ мм} \dots 1 \text{ мкм}$, или это частоты $3 \times 10^{11} \dots 3 \times 10^{14} \text{ Гц}$.

Предельные частоты генерации усиления и приёма на полупроводниковых приборах (pHEMT, MEMT, SBD, HBT) ограничены потолком в 2 ТГц.

С учётом «окон прозрачности» в атмосфере в дальнем («чёрном») СВЧ-диапазоне или субтерагерцовом диапазоне 240...320 ТГц и далее в диапазонах частот 5...7,5; 25...40; 60...75 ТГц совершенно очевидно, что реализовать связь, навигацию, локацию в тропосфере на частотах выше 320 ТГц (λ чуть меньше 1 мм) невозможно с позиции цифровой функции приёма/передачи, хотя это не отменяет некоторые другие терагерцовые направления, например, искривление энергии атмосферы («кривое» энергосеркало), или, допустим, на частотах 0,6...5 ТГц можно активировать (ионизировать) молекулу бензольной группы или пропана, или в функции РЭБ и др. Но в будущей терагерцовой цифровой экономике ведущие позиции будет занимать широкополосный терагерцовый Интернет. И как итог – применение дрейфового транспорта энергии на носителях заряда в полупроводниках

ограничено (например, при рабочих напряжениях 1...3 В) значением $\approx 2 \text{ ТГц}$ (борированный дырочный алмаз), а на примере практически самого быстрого электронного полупроводника – InP (HBT) – потолок рабочих частот ограничен 1 ТГц. Следовательно, необходимы другие решения транспорта мощной электромагнитной энергии в твёрдых телах в терагерцовом диапазоне. Такие фундаментальные решения в отечественной науке и, главное, в электронном отечественном материаловедении существуют. На сегодня в РФ их, по крайней мере, четыре, а именно:

- «комнатная» сверхпроводимость в наногетероструктурах $A_{IV}B_{IV}/A_{IV}$ (спин-электронная жидкость) (Si/3C-SiC);
- генерация с мелких ионизированных квантово-ямных примесных уровней в кремнии;
- взаимодействие оптических электромагнитных волн с Бозе – электронной жидкостью в наногетероструктурах $A_{IV}B_{IV}/A_{IV}$, (Si/3C-SiC);
- электронно-фононная поляроидная релятивистская проводимость в поляризованных диэлектриках ($i\text{-GaAs}_{Si}$, тринитридный AlN, Ga_2O_3 и др.).

С учётом физически и практических доказанных в имеющихся в России уникальных материалах и технологиях таких электромагнитных терагерцовых функций, как усиление [5, 6], генерация [5, 6, 7, 8], а также возможности создания оптических, точнее, фотонно-фононных терагерцовых компьютеров [8], сверхэнергосплотных СВЧ ВИП, объёмно-акустической фильтрации частот (ОАФ взамен низкочастот-

ных ПАВ), Россия уже «вчера» могла бы приступить к созданию терагерцовой интеллектуальной цифровой экономики, включая 7G.

3. Терагерцовые технологии для улучшения качества жизни человека

Впервые детектирование терагерцового излучения тела в «черноволновом» диапазоне было выполнено 100 лет назад известным английским учёным Г.Х. Харди, иностранным членом-корреспондентом РАН (1924 г.) и иностранным почётным членом АН СССР (1934 г.). Многочисленные исследования по изучению электромагнитного излучения человеческого тела были проведены членом-корреспондентом АН СССР и академиком РАН Ю.В. Гуляевым и д.ф.-м.н. Э.Э. Годиком [3].

С начала 70-х годов терагерцовые технологии резко продвинулись вперёд (ИК-фотоприёмники, генераторы излучения – лазеры, диоды на $A_{III}B_V$).

Пик ажиотажа по поводу терагерцовых технологий пришёлся на 2003–2004 гг. и, после спада в 2010 году, резко усилился в текущий период, поскольку технологии генерации и приёма терагерцовой энергии попали в число ультрабыстроразвивающихся направлений в мире, которые охватывают широкий спектр областей применения: от полимеров, фармацевтики до нефтегазового комплекса, квантовой медицины, цифровой электроники и телекоммуникаций (рис. 5).

На мировых терагерцовых технологических площадках ведутся разработки более чем 100 высокотехнологичными фирмами таких стран, как США, Китай, Германия, Великобритания, Тайвань, Япония, Франция, Бельгия и др. Разработки и исследования проводятся и в РФ, в частности, по таким направлениям, как ИК-технологии, вакуумные генераторы (гиротроны, ЛБВ/ЛОВ, твердотельные полупроводниковые приборы (pHEMT, SBD, ЛПД, HBT)), нанометровые логические цифровые системы, квантовые компьютеры, зарождаются новые направления, как, например, изотопная память, терагерцовая медицина и др. (рис. 6).

В данной публикации далее будут отражены наиболее востребованные на внутреннем и внешнем рынках терагерцовые технологии и продукты, где у России есть неплохие шансы на высокий уровень доминирования на мировом рынке с объёмами, превышаю-

щими текущий годовой уровень ВВП (в долларовом исчислении), к 2035 году.

С учётом опыта фундаментальных исследований, новых альтернативных материалов, существующего технологического задела реальные практические перспективные направления следующие:

- 1) системы распознавания образов (взамен бесперспективных нейросетей),
- 2) терагерцовая медицина (квантовая медицина),
- 3) терагерцовые ДВС автопрома будущего,
- 4) терагерцовые ОЗУ и микропроцессоры,
- 5) 6G,
- 6) 7G.

Необходимо подчеркнуть, что предложения не носят концептуальный характер, а, скорее, являются стратегическими, поскольку направлены на национальную монополизацию отдельных терагерцовых сегментов будущего мирового рынка с доходами от десятков, сотен и до триллионов долларов.

4. Ключевые терагерцовые проекты с колоссальным потенциалом мирового рынка

Системы распознавания образов

Любые биообъекты излучают тепловую, а точнее, электромагнитную энергию. Электромагнитному излучению человека посвящено большое количество работ, из которых следует выделить работу [3] академика РАН Ю.В. Гуляева (ИРЭ РАН) и д.ф.-м.н. Э.Э. Годика.

Как и в разделе 1, подчеркнём, что электромагнитное излучение человека занимает практически весь терагерцовый и почти весь СВЧ-диапазон длин волн, хотя в СВЧ-диапазоне излучение сверхмало. Как уже подчёркивалось, практически половина мощности приходится на «черноволновую» диапазон излучения человеческого тела.

Экспериментальный график черноволнового излучения человеческого тела представлен на рис. 7.

Спектр черноволнового излучения человеческого тела для каждого человека исключительно индивидуален и специфичен, что зависит от генетики, условий жизни, принимаемой пищи, среды обитания и других факторов. По сути, излучение человека – это «черноволновые терагерцовые отпечатки», по которым можно безошибочно распознавать индивидуальную личность.

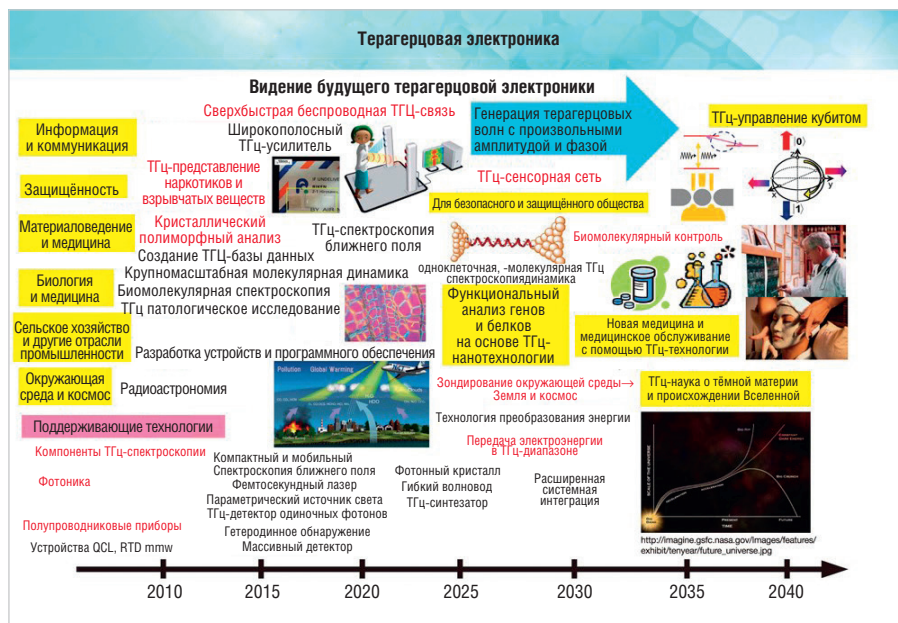


Рис. 5. Видение будущего терагерцовой электроники [17]

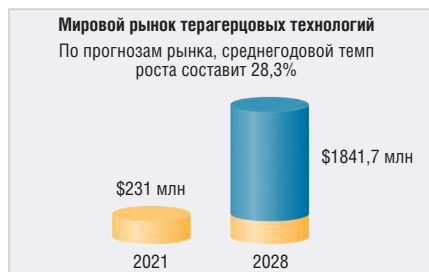


Рис. 6. Глобальный рынок терагерцовых технологий [18]

Излучение человека в «черноволновом» диапазоне – достаточно мощное, чтобы на разумных расстояниях с нулевой погрешностью определить и выделить личность человека. Другими словами, при наличии высокочувствительных детекторов терагерцового излучения в диапазоне 25...60 ТГц открывается абсолютно новая технология идентификации личности с огромным потенциалом на рынке.

Судите сами, какие возможности и перспективы появляются с созданием новой «черноволновой» системы идентификации. К примеру:

- безлюдный банкинг и реформирование всей банковской сети («домашний» компьютерный банкинг);
- гиперскоростной субсекундный SWIFT;
- безбилетная транспортная логистика;
- экспресс-диагностика физического, психологического состояния человека через индивидуальный гаджет;
- в перспективе – исключение понятия погранзастав, абсолютная прозрачность границ (для собственных

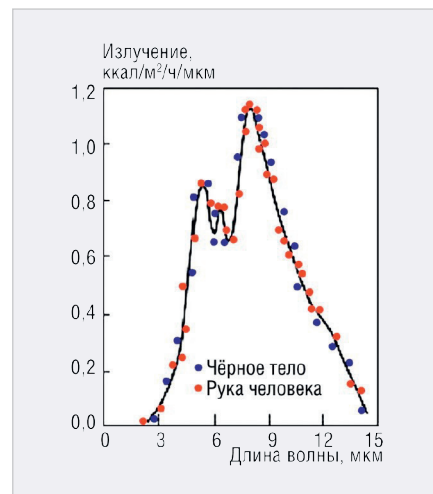


Рис. 7. Зона излучения человеческого тела [10]

и въезжающих по визам граждан, обусловленная наличием так называемого «черноволнового» биоэнергетического паспорта;

- безденежная, бескарточная торговля и коммерция («электронные деньги»);
- безопасность среды обитания;
- наземный «ДРОН» – транспорт с субмиллиметровой навигацией;
- другое.

Технические средства дифференциального приёма черноволнового излучения в России уже практически созданы: на эффекте расщепления запрещённой зоны диэлектрика $\text{LPE i-SiGaAs}_{\text{Si}}$ А.И. Гордеева, В.Е. Войтовича [4] в сочетании с тринитридными и дилатационными технологиями создания новых $\text{A}_{\text{IV}}\text{B}_{\text{IV}}/\text{A}_{\text{IV}}$ и $\text{A}_{\text{III}}\text{B}_{\text{V}}$ материалов, разработанных д.ф.-м.н. С.А. Кукушкиным (ИПМаш РАН, г. Санкт-Петербург), [7, 8, 11].

С учётом проведённых фундаментальных исследований, созданных уникальных материалов в России можно создать новейшие продукты в области систем распознавания образов. Принимая во внимание то, что население Земли составляет около 7,5 млрд человек, можно сделать достаточно точный прогноз по ёмкости мирового рынка в секторе данных систем.

5. Терагерцовая медицина

По данным Международной федерации диабета (IDF), по состоянию на 2021 год в мире насчитывалось 537 миллионов человек, страдающих диабетом. Добавим сюда людей с нарушениями мозгового кровообращения или поражённых вирусными и бактериальными инфекциями, онкологическими и другими заболеваниями. Возникает вопрос, а можно ли производить гаджет, осуществляющий экспресс-диагностику, допустим, диабета неинвазивным (бесконтактным) способом, не требующим дорогостоящих расходных материалов? Можно ли за день-два излечиться от заболеваний, вызванных различными штаммами вируса SARS-CoV-2 без антибиотиков и гормональных препаратов? Можно ли вылечить онкозаболевание хотя бы на третьей стадии без применения методов химической и лучевой терапии, исключительно тяжёлых для человека?

Оказывается, искусственная терагерцовая энергия на основе низкоэнергетических квантов (0,165...0,3 эВ) является очень эффективным инструментом для метаболизма при недостатке ферментов в организме человека. В частности, усиливается синтез белка, захват кислорода в гемоглобине, перенос микроэлементов через клеточные мембраны, происходит снижение глюкозы в клетках и повышение гемоглобина.

На примере ТГц-облучения низкоэнергетическими квантами, описанного в работах фактически основателя отечественной терагерцовой терапии Н.Т. Баграева, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, профессора СПбПУ (кафедра экспериментальной физики) с использованием аппарата «ИК-диполь», созданного в 90-х годах, на основе мелких квантовых включений в кремнии показана эффективность лечения трофических язв, язв желудка, двенадцатиперстной кишки, артрозов, радиационных поражений, инсульта по ишемическому признаку,

проводятся исследования по лечению пневмонии, COVID-19 и др. [10].

Подчеркнём, что это только начальный этап абсолютно безвредной терагерцовой терапии на основе воздействия на клеточном уровне, характерной особенностью которой является тот факт, что длина воздействующей терагерцовой волны (4...7,5 мкм) резонирует с колебаниями, к примеру, альфа-спиральных белковых молекул с созданием благоприятных условий для снижения, например, глюкозы и повышения гемоглобина в крови.

Необходимо отметить, что проведены научные исследования и разработана методика диагностики и подавления онкозаболеваний. Метод основан на энергетическом отклике скопленных оксиданта – атомов кислорода в поражённых клетках, – что позволяет осуществлять не только диагностику новообразований, но и узкополосную обработку поражённой биоткани терагерцовыми волнами «черноволнового» диапазона, что приведёт к резкому росту температуры в поражённой области. При температурах свыше 43°C белок в поражённой области начнёт «сворачиваться», т.е. начнётся распад ткани поражённого участка. Собственно, не вникая в суть ТГц-волнового влияния на онкологию, в такой известной клинике, как «К-тест», г. Нижний Новгород, используется метод изотермии (специальные барокамеры для нагрева человеческого тела до температуры, близкой к 40°C) в сочетании с химиотерапией, что приводит к значительным успехам при лечении онкобольных (показатель выздоровления не ниже 25%).

В качестве задающего генератора в этом случае выступает наногетероструктурная система Si/3C-SiC со спин-электронной жидкостью на границе гетерораздела [12] и каскадные электронно-фононные ТГц-усилители, построенные на принципах, изложенных в статье соавтора данной публикации [6].

Вызывают настороженность появляющиеся в последнее время медиа-сообщения (пресса, телевидение) о создании на планете десятков, а возможно, и сотен биолaborаторий по разработке новых вирусных препаратов специального назначения. Нетрудно догадаться, что РСЗО, управляемые снаряды, гиперзвуковые ударные средства и др. могут показаться «цветочками» по сравнению с вирусно-генетическим оружием специализированного действия, направленным на определённые мас-

сы людей по национальному признаку. Такие чудовищные средства массового летального поражения просто нечем будет подавить. Единственный путь – тщательное, шаг за шагом выяснение генетической природы вирусов – убийц целых наций с чрезвычайно короткими (до нескольких дней) сроками инкубации. Можно предполагать, что на основе энергофлуктуации поражённых генетическими вирусами участков биоткани с нарушением равновесия биохимических реакций анаболизма (синтез необходимых клетке белков, углеводов, жирных кислот) и катаболизма (разложение сложных молекулярных соединений, не усваиваемых организмом) можно выделить резонансные ТГц-волны для энергонасыщения поражённого участка с мутированными (к примеру) АТФ или ГТФ-молекулами, которые будут избирательно разрушать ДНК биоорганизма.

Выявив физико-химическую природу целенаправленного поражения реакций метаболизма (анаболизма и катаболизма), можно на основе методик, экспериментов и опыта д.ф.-м.н. Н.Т. Баграева, с учётом новых технологических приёмов создания практически монохроматических ТГц-волн резонансного воздействия на основе диэлектриков с насыщенными водородоподобными квантовыми ямами в запрещённой зоне на основе i-GaAs, i-GaP, а также наногетерослоёв $A_{IV}B_{IV}/A_{IV}$, создать эффективное средство против вирусов-убийц.

Также нельзя оставлять без внимания неосторожное обращение археологов с артефактами органического происхождения в период отступления вечной мерзлоты в сторону севера из-за возможности появления опасных возбудителей болезней, законсервированных в ледниковый период, которые, возможно, стёрли с лица Земли предыдущие земные цивилизации. Выход заключается в создании сверхэффективных клинических экспресс-методов предотвращения катастрофических для человечества пандемий с созданием в ВОЗ международной структуры с высокотехнологичными энергосредствами.

В заключение раздела подчеркнём, что большому кругу людей требуются кардиостимуляторы, нейростимуляторы, слуховые аппараты, разного рода биодатчики и др. Для энергоснабжения в этих устройствах сегодня используют компактные Li-батареи. Но в условиях минусовой температуры, большой

влажности и при длительной работе Li-батарейки теряют свою эффективность вплоть до полной разрядки и замораживания процессов ионного переноса/разделения заряда. Потеря работоспособности Li-батарей, например, для пациентов с осложнёнными формами мерцательной аритмии может обернуться летальным исходом. Нужны «вечные» батарейки. Такие решения есть и, кстати, в том же «черноволновом» диапазоне человеческого тела. Этот новый вид мини/микроисточников электрической энергии на основе преобразования тепла человеческого тела в электроэнергию подробно раскрыт в публикации [2]. Таким образом, наряду с солнечной voltaикой, ветровольтаикой, бетавольтаикой появляется новый вид генерации электроэнергии – терагерцовая тепловольтаика. Можно сказать, что такие батарейки являются «вечными», поскольку они пожизненно обеспечивают электроэнергией указанные выше аппараты пользователя.

6. Терагерцовые ДВС автопрома будущего

В публикации [13] показан СВЧ радиационно-волновой крекинг нефти на основе «деструкции молекул исходного сырья и молекул газа с образованием продуктов, содержащих светлые фракции бензина и керосина с низким молекулярным весом» (цитата из вышеуказанной публикации).

Физический смысл вышесказанного состоит в энергетике распатывания молекулярных связей «тяжёлой» нефти и распада на более лёгкие углеводородные соединения. (В принципе, конечно, можно в пределе заливать в бак автомобиля просто нефть.)

Возникает вопрос, а можно ли создать реальную атомарную «деструкцию» бензольных и полиэтиленовых молекул бензина, солянки или пропана?

Известно, что бензин – диэлектрик, как и пропан. Следовательно, квантово-точечную энергию атомов водорода и углерода можно модулировать в широких пределах на основе функции $\epsilon = f(\omega)$, где $\omega = 2\pi f$, f – частота электромагнитной радиации.

В итоге, принимая во внимание количественную оценку квантово-точечной энергии атома по Пойнтингу $W = \frac{\epsilon E^2}{8\pi} = \frac{\mu H^2}{8\pi}$, совершенно отчётливо проявляется технологическая возможность осуществить диссоциацию (или деструкцию) полимолекул бензольных

групп или полиэтиленовых групп в бензине или пропане.

Что ожидаем в этом случае? Прогноз напрашивается сам собой на основе того, что терагерцовая энергия на 1–3 порядка выше, чем СВЧ, то есть существует хорошая вероятность, что:

1) если мы имеем КПД бензинового ДВС $\leq 25\%$, то есть вероятность его удвоить;

2) если мы имеем КПД пропанового ДВС $\leq 20\%$, то есть возможность его поднять в 2,5 раза.

Можно предотвратить надвигающуюся планетарную катастрофу в виде загрязнения окружающей среды технологическими отходами лития (производство и утилизация литий-ионных батарей, применяемых в электромобилях). К 2025 году планируется выпустить до 50 млн электромобилей и до 100 млн электровелосипедов и электромотоциклов. Однако наука движется вперёд, и следует принимать во внимание открытие новых материалов с относительной диэлектрической про-



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU



Реклама

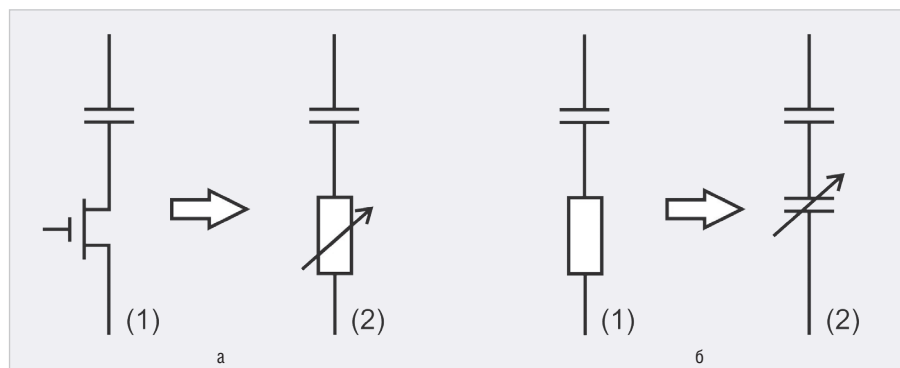


Рис. 8. Схемы DRAM: а) базовая ячейка DRAM на основе накопительной ёмкости (заряд/разряд «1», «0») и MOSFET электрический эквивалент; б) эквивалентная схема тера-, петагерцовой DRAM на базе комбинаций диэлектрических ячеек на основе атомов Ga или Al с уровнем атомной поляризации, эквивалентным Li в ниобате лития (LiNbO_3)

нищаемостью порядка 10^6 и более, а также успехи в области нанотехнологий по созданию «отрицательной» ёмкости на основе монослоев (ALD) таких структур, как $\text{Cr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5}\text{O}_2$ и других, и на этой основе: «отрицательных» и «положительных» LC-контуров накопления и хранения энергии с гипердобротностью. Это также один из экологических вариантов создания электромобилей (LC-контур и бензин, в принципе, выполняют одну функцию – «энергопривода» автомобиля) [14, 15].

Итак, при комплексном воздействии на впрыскиваемую бензоксиловую смесь ТГц электромагнитного и плюс мощного магнитного поля с $di/dt \sim 10^{12}$ А/с или значительно выше мы можем создать исключительно сильную глубокую модуляцию диэлектрической (ϵ) и магнитной (μ) проницаемостей паров бензина или пропана, а также ионизацию паров воды и кислорода на основе интенсивного излучения в 3C-SiC структурах. Можно также рассматривать фотокатодную радиацию для облучения воздушной и углеводородной смесей на основе Si/3C-SiC электродов [11]. А это модуляции квантово-точечной энергии атомов водорода и углерода из условия $\epsilon E^2 = \mu H^2$.

При нахождении резонансной частоты мы можем диссоциировать/деструктуризировать углеводородные топливные молекулы и, более того, прогреть их до практически рабочего уровня, что резко повысит КПД термохимической реакции в камере ДВС, или ионизировать через параллельную форсунку воздух (кислород + пары воды). Другими словами, нет физико-технологических препятствий для «озонирования» молекул кислорода и воды.

При этом в обоих случаях дополнительно можно применить ещё один мощный инструмент – магнитное поле

на базе сверхпроводимости при комнатной температуре электронных спаренных доменов в структурах д.ф.-м.н., профессора С.А. Кукушкина (ИПМаш РАН) на основе дилатационной гетеросистемы Si/3C-SiC [12] через создание терагерцового ключа с магнитным затвором (на период синхронизации впрыска по датчикам Холла). На этой основе появляется возможность изменения как в воздушной смеси, так и в углеводородных впрыскиваемых молекулах магнитной восприимчивости и, следовательно, осуществления атомной энергонакачки $\frac{\mu H^2}{8\pi}$. Другими словами, появляется возможность выделения атома водорода и даже его вероятного сепарирования перед впрыском из углеводородной молекулы, поскольку $m_{\text{C}}/m_{\text{H}} = 12:1$.

Частоту вращения колёс в HEV-автомобиле можно утроить, не теряя экономичности и крутящего момента.

Данный проект может резко изменить урбанизацию, конъюнктуру и экологию мирового автопрома. Почему бы не финансировать из бюджета это направление? Физические принципы – есть, технология получения уникальных ТГц материалов – есть, технология их обработки и на основании этого готовые продукты в экспериментальном виде – получены. Что ещё надо? Это же «твёрдая нефть». Это – «экспортзамещение».

7. Терагерцовые электронно-фононные ОЗУ, первичные процессорные решения

Базовая ячейка DRAM на основе накопительной ёмкости (заряд/разряд → «1», «0») и MOSFET электрический эквивалент показаны на рис. 8 (а).

На рис. 8 (б) показана эквивалентная схема тера-, петагерцовой DRAM на базе комбинаций диэлектрических ячеек на основе атомов Ga или Al с уровнем

атомной поляризации, эквивалентным Li в ниобате лития (LiNbO_3). Атомы Ga и Al способны к глубокой модуляции уже в СВЧ-диапазоне (эффект Погеля) и тем более в терагерцовом диапазоне. В качестве накопителя «1» или обнуления «0» могут выступать обе ёмкости на рис. 8 (б). Очевидно, что из асимметричного полумоста на основе конструктива на рис. 8(б) можно выстраивать логику ИЛИ-НЕ, в том числе на основе интерференции терагерцовых волн, тем более, что, в отличие от световых или ИК «пиксельных» проблем, здесь всё технологически и физически решается на субмикронном и нанометрическом 2D-планах. Полезны будут и мостовые триггерные логические терагерцовые системы для построения микропроцессоров. Добавим сюда ещё и фазовую логику на металлах, стоящих правее в ряду восстановления по водороду (Cu/Au/Ag), тогда с терагерцового дальнего диапазона на доступных 95...180 фото- и литографических проектных нормах можно шагнуть в петагерцовую «цифру» и «логику» на релятивистских длинах электрон-фононных колебаний ~ 65...28 нм и менее. Необходимо подчеркнуть, что данные неординарные решения Россия могла бы начать разрабатывать уже в 2018 году. Ещё более значительные перспективы открываются для России в тера- и петагерцовом компьютерном проектировании на основе двухфотонной «цифры» и «логики», точнее, на рекомбинационных процессах генерации противозонных «электронных» и «дырочных» фотонов в ячейке памяти или логики [9]. Что это такое? Это означает, что 2...5 мегаваттный экзафлопсный суперкомпьютер «Ломоносов» может быть размещён в планшете, доступном школьнику, с питанием от Li-батарейки.

Перспективы создания 6G в РФ

Здесь, в принципе, у России также всё есть, и к этой работе также можно было бы приступить уже «вчера», т.е. в период 2018–2020 гг. Но для этого нужны талантливые люди, которые профессионально владеют зонной теорией, ФТТ, математической физикой, фотоникой, фононикой и нанотехнологиями. Такие уникальные специалисты в РФ имеются в достаточном количестве. С их помощью возможно сократить катастрофический разрыв в уровне электроники со странами Запада. Удобный частотный диапазон для 6G – это полоса 240...320 ГГц, когда электро-

магнитные волны ещё способны относительно на приемлемом расстоянии проникать в плотные слои атмосферы.

Структура 6G базовых станций резко отличается от 4G и 5G конструктивных решений. Создание широкополосной связи, навигации и Интернета на волнах вблизи $\lambda \sim 1$ мм требует космических платформ и создания многотысячной группировки миниспутников на подионосферных орбитах (≤ 180 км).

За энергетику таких спутников беспокоиться не нужно, поскольку на LPE GaAs-мультиструктурах возможно создание солнечных батарей с удельной мощностью до $0,4 \text{ кВт/м}^2$ и циклом работоспособности на радиационной орбите как минимум в три раза выше, чем в случае фотовольтаики на кремнии.

Электронно-фотонно-фононные бортовые системы могут обеспечить скоростной Интернет с потолочными скоростями до 100 Гбит/с и GPS-позиционированием с разрешением на уровне толщины человеческого волоса, т.е. порядка $40...60 \text{ мкм}$ ($0,04...0,06 \text{ мм}$). Это полезно не только индивидуальным пользователям, но и, к примеру, МЧС и др. Телеметрию можно реализовывать на лазерных LPE GaAs- или тринитридных уникальных материалах ($\sim 0,75 \text{ мкм}$ или $0,38 \text{ мкм}$). Что касается длительности пребывания таких спутников на такой абсолютно необходимой с позиции баллистики орбите, как $\sim 180 \text{ км}$, то здесь возможно использование «вечных подьёмников»: корректировщиков орбиты на основе взаимодействия искусственного мощного импульсного магнитного поля на сверхпроводящих элементах [12] со слабой плазмой ионосферы, которая будет усиливаться скоростным фактором дрейфа миниспутника на орбите.

Таким образом, неплохо решается проблема «иссаякания» ионов, например, атома криптона (Kr) в бортовых баллонах для ионного бортового двигателя, корректировщика орбиты спутника.

Что касается стандартных (по аналогии с 5G) блоков базовых станций ($\sim 20...50 \text{ Вт}$), то, скорее всего, из-за высокой плотности наземной атмосферы реализация наземных базовых 6G GSM-станций невозможна. Здесь требуются миниспутники.

В итоге есть возможность обеспечить GSM, GPS, РОФАР («три в одном») мощной группировкой миниспутников.

Приёмник в виде планшета или гаджета может быть построен на новейшей СВЧ-элементной базе, как на LPE/MOCVD-гетеросистемах, так и на три-

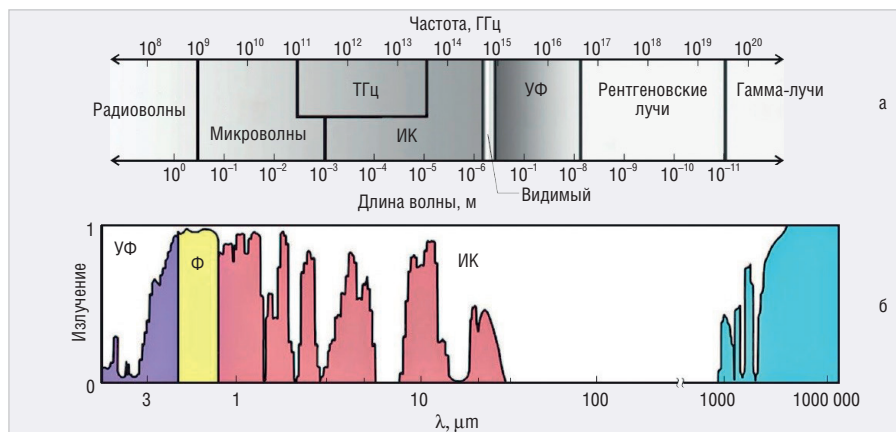


Рис. 9. Окна прозрачности атмосферы и спектр электромагнитного излучения: а) спектр электромагнитного излучения; б) спектр пропускания земной атмосферы

Таблица 1. Имеющиеся в разработке на этапе освоения или в опытном производстве тера- и петагерцовые инструменты/пинцеты/параметры

Пинцеты	Частота	7G	8G	9G	10G
1. Частота в окнах прозрачности атмосферы (ТГц)		5...7,5	25...37	60...75	Около 790 (петагерцовый диапазон)
2. Скорость (Терабит/сек)		До 3	До 15	До 30	До 300
3. Наличие базового разработанного материала		LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaAs _{Si} Тринитриды Сверхпроводимость на $A_{\text{IV}}B_{\text{IV}}/A_{\text{IV}}$; В перспективе: LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaP _{Si} /i-GeGaP _{Ge}	LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaAs _{Si} Тринитриды Сверхпроводимость на $A_{\text{IV}}B_{\text{IV}}/A_{\text{IV}}$; В перспективе: LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaP _{Si} /i-GeGaP _{Ge}	LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaAs _{Si} Тринитриды Сверхпроводимость на $A_{\text{IV}}B_{\text{IV}}/A_{\text{IV}}$; В перспективе: LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaP _{Si} /i-GeGaP _{Ge}	LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaAs _{Si} Тринитриды Сверхпроводимость на $A_{\text{IV}}B_{\text{IV}}/A_{\text{IV}}$; В перспективе: LPE $i\text{-}_{\text{Si}}$ -GaP _{Si} /i-GeGaP _{Ge}
4. Функциональные системы, наличие базы для разработок					
Генераторы		+	+	+	+
Усилители		+	+	+	+
Смесители		+	+	+	+
Фильтры		+	+	+	+
VGM		+	+	+	+
АЦП		+	+	+	+
Процессоры с ОЗУ		+	+	+	+

Таблица 2. Оценка, прогноз, ожидание мирового рынка услуг на фоне текущих рыночных объёмов

№ п/п	Проекты / Текущие сегменты рынка	Объём услуг	Объём рынка, \$ триллионы (текущий - 2022 г., проектный - 2035 г.)
1	Системы распознавания образов* Текущий (нейросети и другое); Проектный**		0,05 0,5
2	Терагерцовая медицина Текущие медицинские услуги Проектный**		1,6 0,3
3	Автопром Текущий Проектный		3 0,8
4	Объём цифровых и цифроаналоговых схем (процессоры, ОЗУ, ПЗУ, ПЛИС, БМК, АЦП, ЦАП и др.) Классический (т.е. полупроводниковый) Проектный**		0,5 0,3
5	6G Текущий Проектный**		0 0,3
6	7G Текущий Проектный**		0 > 1

* С учётом гаджетов: очков ночного, теплового и «дневного» видения, т.е. в сплошном лиственном лесу видение на 100 метров.

** Абсолютно новые рынки.

нитридных или дилатационных гетеросистемах, в том числе на новом радиационно-стойком поколении рНЕМТ, а также униполярно-инжекционных, зонно-релятивистских материалах или на сверхпроводниках ($A_{IV}B_{IV}/A_{IV}$), не требующих охлаждения. Бортовые суперкомпьютеры будут созданы на принципах, изложенных в предыдущем разделе.

Приёмный блок будет выстраиваться на комбинации брэгговских решёток (VGM-резонаторы) и диэлектрических галлиево-алюминиевых антенн с последующим усилением субтерагерцового сигнала на электронно-фононных принципах.

Входные компараторы также будут выполнены на диэлектриках с суперквантованием и высочайшей избирательной способностью на новом поколении терагерцовых АЦП.

Нет проблем с синтезаторами (генераторами частот), а также узловым звеном: объёмно-акустическими фильтрами на акустических фоновых, допустим, тринитридном AlN.

Абсолютно бесшумные выходные усилители могут быть выполнены на 40-нанометровых 2DEG-структурах в GaAs с присадками индия (этот чрезвычайно полезный эффект обнаружил д.т.н. П.П. Мальцев (ИСВЧПЭ РАН). С VGM-резонаторами успешно справится МИФИ, где сосредоточены лучшие специалисты в области нанофотоники.

Как итог, чего не хватает в РФ для разработки 6G-системы, превосходящей мировой уровень? Скорее всего, адекватного понимания, взаимодействия и координации в этой области между управляющими структурами и интеллектуальной научно-технической элитой.

Терагерцовая 5...7,5 ТГц GSM-, GPS- и фононная локация

Окна прозрачности атмосферы и спектр электромагнитного излучения показаны на рис. 9 (а, б) [16].

Какие возможности есть у России в области разработок 7G, 8G, 9G, 10G? С учётом раздела «Терагерцовые электронно-фононные ОЗУ», первичные процессорные решения – просто исключительные на фоне зарубежных технологий, что предопределяет неизбежность лидерства России на триллионном рынке услуг и построения интеллектуальной тера- и, в перспективе (2040 г.), петагерцовой экономики.

Наглядное представление российского технологического и терагерцового уровня показано в сводной табл. 1.

Общая ёмкость проектных услуг и продуктов на мировом рынке к 2035 году прогнозируется на уровне более чем 3 триллиона долларов (т.е. два ВВП РФ) (табл. 2).

В России есть всё для реализации указанных проектов, а именно:

- выполнен огромный объём работ в области фундаментальных и прикладных исследований (см. раздел «Список литературы»);
- разработана практическая мелкосерийная технология уникальных материалов (LPE GaAs- и гетероструктуры на его основе, атомнозамещённые гетероструктуры Si/3C-SiC, тринитридные гетеросистемы, спин-электронные материалы, изотопно-цифровые кристаллы, фотонные и фононные кристаллы);
- разработана стартаповская технология получения силовых, СВЧ-, оптоэлектронных, светодиодных, лазерных, спин-электронных, пироэлектронных, фотонных, изотопно-цифровых приборов.

Организация научно-технологических центров

В центре дорожной карты указанных проектов находится проект по созданию «Центра экстремальной электроники, фотоники и фоники» с рабочими температурами продуктов проекта до +1000°C и с исключительной радиационной стойкостью.

Проект с осени 2021 г. находится в Правительстве Ульяновской области.

В текущий период проект передан в Ростех (АО «Концерн радиостроения «Вега»), через члена совета директоров в Концерн «КРЭТ», заместителю председателя комитета по науке ГД, в АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» (через АО «ОКБ «Планета»), часть проекта находится в инвестиционном портфеле Росатома.

Комплексная, новая Программа по ЭКБ проекта с опережением мирового уровня на 5-6 лет будет разработана в ноябре 2022 г., и она может стать базой для Новой Стратегии развития отечественной электронной промышленности до 2030 года, т.е. стать стратегией обеспечения национальной монополии в отдельных сегментах мирового рынка в областях субнано- и наноэлектроники, силовой, СВЧ-, ТГц-электроники, фотоники и фоники и спин-электроники. То есть фактически созданы условия не для концепций, а для стратегического планирования «Программы экспортозамещения» («Твёрдая нефть»).

Заключение

1. В статье представлены реальные мегапроекты на основе создания новых уникальных, не имеющих аналогов на мировом рынке материалов: LPE GaAs- и гетеросистемы, атомно-защищённые наноструктуры в системе Si/3C-SiC, в том числе для спин-электроники / комнатной сверхпроводимости; тринитридные, с самоорганизацией гетеросистемы, изотопно-цифровые, фотонные, фононные кристаллы.
2. Пора «включать мозги» (по меткому выражению Президента РФ) и принять наши предложения в реальную стратегическую Программу развития электроники, фотоники, фоники и спинтроники с опережением мирового уровня как минимум на пять лет.
3. Необходимо возродить МЭП РФ, поскольку на кону национальный суверенитет.

Литература

1. Электронику начнут с чистого нуля // Коммерсант. 2022. № 168. 13 сент. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5558844>.
2. Войтович В.Е., Гордеев А.И., Звонарев А.В. Терагерцовая тепловольтаика на основе монокристаллов LPE i-GaAs (SiO) в 2 ч. // Современная электроника. 2017. № 3; 2017. № 4.
3. Гуляев Ю.В., Годик Э.Э. Физические поля биологических объектов // Вестник Академии наук СССР. 1983. № 8.
4. Гордеев А.И., Войтович В.Е., Звонарев А.В. Новая физическая твердотельная электроника на основе терагерцового расщепления и деформации запрещённой зоны LPE SiGaAsSi-кристаллов. Ч. 1 // Радиотехника. 2017. № 10.
5. Ахманов С.А., Хохлов Р.В. Об одной возможности усиления световых волн // ЖЭТФ. 1962. Т. 43. № 1. С. 351–353.
6. Гордеев А.И. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы в 2 ч. // Современная электроника. 2016. № 6; 2016. № 7.
7. Баграев Н.Т., Кукушкин С.А., Осипов А.В. и др. Терагерцовое излучение из наноструктур карбида кремния // Физика и техника полупроводников. 2021. Т. 55, вып. 11. С. 1027–1033.
8. Баграев Н.Т., Кукушкин С.А., Осипов А.В. и др. Регистрация терагерцового излучения с помощью наноструктур карбида кремния // Физика и техника полупроводников. 2021. Т. 55, вып. 12. С. 1195–1202.
9. Гордеев А.И., Войтович В.Е., Святец Г.В. Перспективные фотонные и фононные отечественные технологии для терагер-

- цовых микропроцессоров, ОЗУ и интерфейса с сверхнизким энергопотреблением // Современная электроника. 2022. № 2.
10. Баграев Н.Т., Клячкин Л.Е., Маляренко А.М. и др. Терагерцовая кремниевая наноэлектроника в медицине // Инновации. 2011. № 10 (156).
11. Кукушкин С.А., Шарофидинов Ш.Ш. Новый метод получения объёмных кристаллов AlN, GaN и AlGaIn с использованием гибридных подложек SiC/Si // Физика твёрдого тела. 2019. Т. 61, вып. 12.
12. Кукушкин С.А., Осипов А.В. Эпитаксиальный карбид кремния на кремнии. Метод согласованного замещения атомов (Обзор) // Журнал общей химии. 2022. Т. 92. № 4. С. 547–577.

13. Джандосова Ф.С., Забияк В.Г., Шаехов М.Ф. Использование СВЧ-излучения в процессе глубокой переработки нефти и нефтепродуктов на основе технологии радиационно-волнового крекинга // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 23. С. 179–182.
14. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ // Успехи физических наук. 1967. Т. 92. № 7. С. 517–526.
15. Сапогин В.Г., Прокопенко Н.Н. Отрицательная интегральная индуктивность – измерительный миф или физическая реальность? // Материалы XII Международного научно-практического семинара

- (г. Шахты, 27–28 ноября 2015 г.), с. 61–65. URL: <https://250250.ru/files/mikan2015.pdf>.
16. Баграев Н.Т., Головин П.А., Клячкин Л.Е. и др. Источники и приёмники терагерцового излучения на основе микрорезонаторов, встроенных в краевые каналы кремниевых наносандвичей // ЖТФ. 2020. Т. 9. № 10. С. 1663–1671.
17. Японское общество прикладной физики (JASP) // URL: https://www.jsap.or.jp/docs/academicroadmap2013/JSAP_ARM-03_TerahertzElectronics.jpg.
18. Аналитическое агентство по исследованию рынка Research and Markets // URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5457916/terahertz-technology-market-forecast-to-2028>.



НОВОСТИ МИРА

РАЗРАБОТЧИКОВ ОБЯЖУТ ОПТИМИЗИРОВАТЬ ПО ПОД LINUX

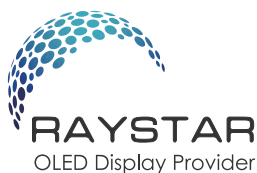
Минцифры определило три наиболее перспективные для господдержки отечественные операционные системы (ОС), включённые в реестр российского ПО, о чём сообщает «Коммерсантъ». В дальнейшем министерство хочет обязать рос-

сийских разработчиков адаптировать своё программное обеспечение под эти системы.

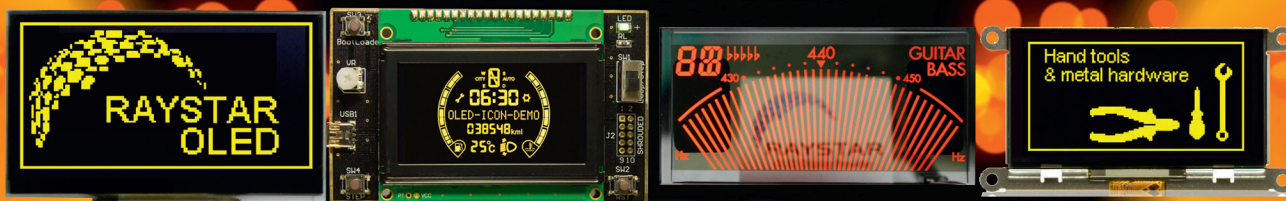
По словам собеседника, близкого к Минцифры, министерство в июле заказало Центру компетенций по импортозамещению в ИКТ (ЦКИКТ) исследование, чтобы определить наиболее популярные у российских компаний ОС.

По итогам опроса выделены три приоритетные ОС: Astra Linux (ГК «Астра»), ОС «Альт» («БазАльт СПО») и «Ред ОС» («Ред Софт»). Все они базируются на Linux. Проведение исследования подтвердили в пресс-службе Минцифры. В ГК «Астра», «Ред Софт» и «БазАльт СПО» отказались от комментариев.

industry-hunter.com



OLED-дисплеи Raystar



Специальное исполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 10 000:1
- Широкий угол обзора до $\pm 175^\circ$
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки

- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светозмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от -40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU



ProCHIP