



## Инновационные новости

### Разработана радиоимпульсная технология, способная обеспечить терабитные скорости в беспроводных сетях

Группа исследователей из университета Райс (Rice University) разработала новую радиоимпульсную технологию, в которой не используются лазеры, на базе нее в будущем могут быть созданы беспроводные сети, обеспечивающие скорость передачи данных не менее 1 Тбит (1 трлн бит) в секунду. Это в 20 тыс. раз больше скорости нынешних беспроводных сетей 4G и в 20 раз быстрее, нежели скорость наилучших оптических каналов, через которые предоставляется доступ в Интернет конечным потребителям.

Необходимость столь высоких скоростей передачи данных была обозначена исследованиями, проведенными компанией Cisco в 2016 г. Согласно результатам этих исследований, только в течение 2015 г. глобальный мобильный трафик вырос на 74 % по сравнению с предыдущим годом, достигнув значения 3,7 экзабита (около 30 млн Тб) в декабре 2015 г. Количество трафика, сгенерированного смартфонами, выросло в 2015 г. на 43 %, достигнув среднего показателя в 929 Мб в месяц на одного пользователя.

«Преодоление терабитного порога позволит решить проблему обеспечения качественным трафиком конечных пользователей, это позволит реализовать целый набор новых мобильных сервисов и изменит некоторые из существующих коммуникационных парадигм», – рассказывает Эдвард Найтли (Edward Knightly), профессор из университета Райс.

Использованная исследователями радиоимпульсная технология в корне отличается от технологий модуляции несущей частоты, которые многие десятилетия используются в области беспроводных коммуникаций. И с большим процентом вероятности радиоимпульсная технология является единственной, которая позволит «перепрыгнуть» через терабитный барьер, используя для этого единственный канал передачи данных. Но для практической реализации разработанной технологии ученым предстоит преодолеть еще ряд сложных технических проблем.

Напомним нашим читателям, что первую импульсную радиотехнологию для передачи данных применил Гульельмо Маркони (Guglielmo Marconi) в начале 1900-х гг. Он использовал антенну, соединенную с большим конденсатором. При заряде конденсатора и достижении определенного электрического потенциала происходил пробой воздушного промежутка, и вся энергия конденсатора устремлялась в антенну в виде короткого импульса.

«Наша импульсная система также построена на принципах, которые использовал Маркони. Но вместо конденсатора и воздушного промежутка в ней используется высокоскоростной биполярный транзистор, подающий энергию на антенну, находящуюся прямо на кристалле чипа, – рассказывает Эдвард Найтли. – Мы накапливаем энергию внутри чипа в магнитном виде и используем простой цифровой «спусковой механизм», который позволяет получить радиоимпульсы с пикосекундной длительностью. В нашей системе нет никакого генератора, на ее выходе мы получаем чистые цифровые радиоимпульсы».

Лаборатория, в которой работает данная группа исследователей, установила в этом году своего рода рекорд, получив самый короткий радиоимпульс, его длительность составляла 1,9 пс. А сейчас исследователи работают над созданием передатчика, который сможет посылать еще более короткие радиоимпульсы с частотой от 100 ГГц до нескольких ТГц. Этот передатчик будет содержать около 10 тыс. отдельных антенн, каждая из которых будет связана с собственным управляющим чипом. Такое количество антенн позволит получить высокую мощность выходного сигнала, достаточной для организации связи на удалении до 300 м. Кроме этого, такое количество антенн позволит с высокой точностью управлять формой и другими параметрами вырабатываемого радиосигнала.



«Коммуникационные технологии, основанные на модуляции сигнала несущей частоты, используемые в последние несколько десятилетий, прекрасно подходят для работы на относительно низких частотах. Но все это в корне изменяется при переходе на более высокие частоты, в диапазон, лежащий выше отметки в 100 ГГц, – рассказывает Эдвард Найтли, – в этом случае мы должны использовать только узконаправленную передачу в пределах прямой видимости. Это позволит нам избежать нежелательных отражений сигналов и максимально затруднит перехват передаваемой информации. Наша технология использует радиосигналы, но эти радиосигналы сфокусированы подобно лучу лазерного света».

### **Использование терагерцового излучения позволит ускорить компьютерную память в тысячи раз**

Ученые из Московского физико-технического института (МФТИ), работая совместно с коллегами из Германии и Нидерландов, продемонстрировали, что практическое применение Т-излучения, излучения терагерцового диапазона, может значительно увеличить быстродействие компьютеров и другой вычислительной техники. Импульсы Т-волн, используемые в качестве средства для сброса и переключения состояния ячеек компьютерной памяти, позволяют делать это в несколько тысяч раз быстрее, нежели более традиционные методы, вовлекающие использование магнитных или электрических полей.

«Мы нашли абсолютно новый способ управления намагниченностью материала, который полагается на короткие электромагнитные импульсы терагерцового диапазона. Все это является очень важным шагом на пути к созданию так называемой терагерцовой электроники, – рассказывает Анатолий Звездин, руководитель Лаборатория физики магнитных гетероструктур и спинтроники МФТИ. – Насколько нам известно, мы являемся первыми, кто использовал такой механизм для управления состоянием магнитных систем».

В своих исследованиях ученые использовали ортоферрит тулия (thulium orthoferrite,  $TmFeO$ ), слабый ферромагнитный материал, производящий собственное магнитное поле, форма которого определяется магнитными моментами отдельных микрокристаллов, так называемых магнитных доменов. При традиционном подходе для управления моментами магнитных доменов используется внешнее магнитное поле, но ученые использовали для этого короткие импульсы излучения с длиной волны порядка 0,1 мм.

Эксперименты показали, что терагерцовые импульсы возбуждают электроны ионов тулия, при этом происходит переориентация и изменение магнитных свойств как ионов тулия, так и ионов железа. Но самым интересным является то, что все это происходит в десятки раз быстрее, нежели при помощи внешнего магнитного поля. На основе такого принципа учеными была разработана новая технология перемагничивания материала, которая в будущем может стать фундаментом для создания сверхскоростной компьютерной памяти.

Ученые считают, что их терагерцовая технология будет работать должным образом и с другими магнитными материалами. Ортоферрит тулия, использовавшийся в экспериментах, удобен для демонстрационных целей, однако, для практического применения в устройствах хранения информации он не подходит в силу целого ряда причин.

### **Создан самый высокочувствительный оптический микроскоп на сегодняшний день**

Любой человек, которому приходилось производить съемку камерой мобильного телефона в условиях плохой освещенности, знает, что в результате этого получаются низкокачественные зернистые снимки, сильно зашумленные разными помехами. Ученые, пытающиеся получить снимки различных биологических объектов, сталкиваются точно с такими же проблемами. Это



происходит потому, что подобные съемки проводятся при слабом освещении, что позволяет избежать повреждения тонких и хрупких объектов съемки. А по полученным зернистым изображениям можно выяснить очень мало, особенно когда дело касается запутанных белковых молекул или внутренних клеточных структур.

Эффект, который приводит к зернистости и зашумленности снимка при низкой освещенности, возникает из-за собственных тепловых шумов фотосенсора камеры, в которых буквально тонут полезные сигналы. Ученые из Стэнфордского университета нашли достаточно изящное решение проблемы, которое было реализовано в виде так называемой технологии многопроходной микроскопии. Эта технология съемки позволяет рассмотреть белки и другие элементы живых клеток с более высокой четкостью, нежели это обеспечивают любые другие методы.

«Если вы вынуждены работать в условиях недостаточной освещенности, то шумы и помехи ограничивают количество полезной информации, которую можно почерпнуть из снимка, – рассказывает Томас Джуффман (Thomas Juffmann), один из членов группы, возглавляемой профессором Марком Касевичем (Mark Kasevich). – Однако зашумление снимка – это не фундаментальное явление, оно не накладывает на процесс съемки никаких ограничений, и его можно обойти достаточно простым способом».

В оптических микроскопах фотоны света, пропущенного через исследуемый образец, падают на поверхность светочувствительного датчика только один раз. Стэнфордские ученые предположили, что лучших результатов можно добиться, если получится заставить каждый из фотонов воздействовать на датчик по нескольку раз. Для того чтобы реализовать это на практике, ученые придумали уловку, позволяющую освещать образец его же изображением, полученным на предыдущем проходе.

«В некотором роде это похоже на многократную съемку одного и того же объекта, – рассказывает Брэннон Клопфер (Brannon Klopfer). – Вы берете первое из полученных изображений и освещаете им образец. Качество изображения увеличивается с каждым проходом съемки. И процесс повторяется до тех пор, пока качество изображения не станет удовлетворительным».

Многопроходная микроскопия является не единственным методом борьбы с зашумлением снимков при слабом освещении. Существует и другой метод, называемый квантовой микроскопией, в котором используются пары запутанных фотонов. Однако в силу целого ряда причин технического и экономического плана метод квантовой микроскопии еще не нашел широкого распространения.

«Метод многопроходной микроскопии обеспечивает такое же качество снимка, как и квантовая микроскопия, уже на втором проходе съемки, – рассказывает Томас Джуффман. – Сейчас нам гораздо легче организовать 10 последовательных проходов света через образец, нежели чем создать квантовое состояние, в котором между собой запутаны сразу 10 фотонов света».

В настоящее время применение технологии многопроходной микроскопии ограничено областью оптических микроскопов. Однако стэнфордские ученые уже начали работу в направлении создания многопроходной электронной микроскопии – технологии, которая позволит без нарушений структуры производить высококачественную съемку молекул ДНК и белков с разрешающей способностью до атомарного уровня.

### **Экспериментальный реактор термоядерного синтеза NSTX-U вышел из строя после 100-миллионного апгрейда**

Экспериментальный реактор термоядерного синтеза NSTX-U (National Spherical Torus Experiment Upgrade), находящийся в ведении ученых из Принстонского университета, вышел из строя спустя небольшой промежуток времени после окончания его модернизации, которая заняла 4 года и на которую было потрачено 94 млн американских долларов. Во избежание более серьезных



поломок принстонские ученые полностью остановили работу реактора NSTX-U после того, как было обнаружено неправильное функционирование одной из катушек электромагнитов этой невероятно сложной установки.

Реактор NSTX-U начал работать после модернизации в декабре прошлого года на низком уровне мощности. Эти эксперименты дали ученым в руки массу высококачественной и важной научной информации. Но спустя 10 недель после начала функционирования, при проведении попыток по увеличению мощности реактора, ученые из Принстонской лаборатории физики плазмы (Princeton Plasma Physics Laboratory, PPPL) обнаружили аномалии в работе одной из катушек и приняли решение об остановке работы реактора.

Исследования дефектной катушки показали, что причиной ее неправильного функционирования является недостаточное качество меди, из которой изготовлена ее обмотка. «Люди очень часто допускают ошибки. И вся мировая программа исследований термоядерного синтеза также является методом проб и ошибок, – рассказывает Стивен Дин (Stephen Dean), глава некоммерческого фонда исследований термоядерного синтеза. – Данной ошибки можно было избежать путем выполнения более тщательных проверок и анализа на завершающем этапе процесса модернизации реактора».

«Мы тщательно исследовали дефектную катушку и не нашли ни малейших отклонений от технических требований, согласно которым она изготавливалась. Более того, в ее обмотках использован тот же самый сорт меди, что и в обмотках других катушек, которые работают должным образом, – рассказывает Джонатан Менард (Jonathan Menard), руководитель программы NSTX-U. – Вполне вероятно, что причиной неправильной работы катушки является какой-то производственный дефект, на настоящий момент мы еще не имеем точного объяснения произошедшему. Также еще неизвестно, в какую конечную сумму выльется восстановление реактора, мы можем лишь сказать, что на возобновление его работы уйдет не менее одного года».

Несмотря на то что реактор NSTX-U был остановлен в июле 2016 г., этот факт всплыл только в конце сентября после отставки директора лаборатории PPPL Стюарта Прэджера (Stewart Prager). По словам Стюарта Прэджера, вопрос об его отставке был решен еще до остановки реактора, а повторный запуск реактора будет проводиться уже под руководством его преемника.

### **Создан первый квантово-фотонный чип, имеющий встроенный источник света электрической природы**

Оптические фотонно-квантовые компьютеры являются одним из самых перспективных направлений дальнейшего развития вычислительной техники, они с легкостью смогут справиться с задачами шифрования данных, высокоскоростной обработки огромных объемов информации и квантового моделирования сложных систем любого рода. Впервые в истории ученые преуспели в создании чипа, на кристалле которого помимо квантовых и фотонных элементов присутствует встроенный источник света, что является неременным условием дальнейшего прогресса в данной области.

«Эксперименты, связанные с исследованиями в области квантовых оптических технологий, до последнего времени требовали достаточно больших и хорошо оснащенных лабораторий, – рассказывает Ральф Крупк (Ralph Krupke), профессор из Технологического института Карлсруэ (Karlsruhe Institute of Technology, KIT). – Однако когда данные технологии приблизятся к стадии их практического применения, они должны будут занимать минимум пространства».

В качестве источника света нового чипа впервые были использованы углеродные нанотрубки, диаметр которых в 100 тыс. раз меньше диаметра человеческого волоса. Когда такие нанотрубки освещаются светом лазера с определенными параметрами, они превращаются в источники единичных фотонов, которые, в свою очередь, используются дальше в качестве но-





сителей информации. В свое время ученые уже производили попытки использования углеродных нанотрубок в области оптических вычислений. Однако для этого требуется свет внешнего лазера, который невозможно поместить на кристалл чипа и который делает оптические вычислительные устройства весьма громоздкими.

Благодаря упорной работе ученым из КИТ удалось найти рабочие режимы, при которых углеродные нанотрубки становились источниками единичных фотонов без необходимости использования внешнего лазера. Необходимая для излучения фотонов энергия черпалась из импульсов электрического тока с определенными параметрами, который пропускаться через нанотрубку. Также на кристалле чипа ученые создали сверхпроводящие детекторы на основе нанопроводников и нанофотонные волноводы. Каждый источник единичных фотонов был связан с двумя детекторами и одним волноводом, которые все вместе выполняли роль своего рода логического элемента.

Весь кристалл фотонно-квантового чипа был охлажден при помощи жидкого гелия до криогенной температуры. В таких условиях логические элементы чипа были в состоянии излучать фотоны с определенными параметрами, производить их примитивную обработку и детектировать информацию, заключенную в фотонах после обработки.

И в заключение следует отметить, что данную работу можно отнести только к разряду фундаментальных исследований. Пока еще не ясно, будет ли подобная технология использоваться на практике, ведь к моменту начала разработки реальных фотонно-квантовых процессоров на свет может появиться масса других более удобных для использования методов и технологий.

### **Машины-монстры: светоизлучающая система, яркость которой в 21 700 раз превышает яркость свечения Солнца**

Исследователи из Австралийского национального университета (Australian National University) и Швейцарского федерального политехнического университета Лозанны (Swiss Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL) разработали и создали новую светоизлучающую систему, яркость которой в 21 700 раз превышает яркость свечения Солнца. Эта HFSS-система (High-Flux Solar Simulator) используется для исследований воздействия тепла и мощных потоков света на испытываемые материалы, предназначенные для использования в солнечной энергетике и других областях науки и техники.

Новая HFSS-система состоит из 18 независимых светоизлучателей, установленных в пределах круга диаметром 2 м. Каждый излучатель представляет собой параболический отражатель и ксеноновую дуговую лампу мощностью 2,5 кВт. Суммарная мощность светоизлучателей составляет 45 кВт, и ее достаточно для создания максимальной интенсивности света в точке фокусировки, равной 21,7 МВт м<sup>-2</sup>. Это эквивалентно яркости свечения 21 700 солнц, а получаемая каждую секунду энергия равна энергии, поглощенной такой же площадью поверхности пустыни в районе экватора на протяжении одного солнечного дня.

В точке фокусировки HFSS-системы находится самая ярко освещенная область на Земле на сегодняшний день. Именно эта область является рабочей зоной, куда помещают различные материалы и устройства, которые подвергаются испытаниям в чрезвычайных условиях. Помимо этого, данная установка позволяет провести измерения значения теплового сопротивления на границе разных материалов, способность к переносу тепла отдельными материалами и другие подобные параметры.

В данное время на свете существуют две абсолютно аналогичные HFSS-системы. Одна из них находится в распоряжении Научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии (Laboratory of Renewable Energy Science and Engineering, LRESE) университета EPFL, а вторая – в Канберре, Австралия. И обе установки доступны для использования учеными со всего мира в моменты, когда они не задействованы владельцами.



## Создано устройство, способное сканировать закрытые книги

Большинство самых больших библиотек в мире уже достаточно давно занимаются переводом всех находящихся в них книг в цифровой формат. В некоторых из библиотек для этого используются полностью автоматические высокотехнологичные системы, а в некоторых применяют обычные ручные оптические сканеры. Но в любом случае процесс оптического сканирования требует перелистывания каждой страницы сканируемой книги. Однако бывают случаи, когда какая-нибудь очень редкая книга, существующая в единственном экземпляре, находится в столь плачевном состоянии, что перелистывание может нанести ей непоправимый ущерб. В этом случае на выручку может прийти новое устройство, созданное специалистами из Массачусетского технологического института. Эта система позволяет сканировать книги, находящиеся в закрытом состоянии, она использует для этого некоторые физические, технологические уловки и сложные программные алгоритмы, выполняющие обработку получаемых данных.

Новая система использует в своих целях проникающие возможности излучения терагерцового диапазона, лежащего между микроволновым излучением и инфракрасным светом. В принципе для этих же целей можно использовать и другие виды проникающего излучения, к примеру рентгеновское излучение, однако, использование терагерцового излучения удобнее и безопаснее с нескольких точек зрения. Кроме того, использование терагерцового излучения позволяет более точно дифференцировать области чистой бумаги и области, покрытые чернилами, за счет того, что различные химические вещества поглощают этот вид излучения по-разному.

Полученные при терагерцовом сканировании данные проходят через сложную математическую обработку, которая позволяет выделить изображение каждой страницы текста. Дополнительные программные алгоритмы позволяют сделать изображение каждого символа настолько четким, насколько это возможно, а алгоритмы, разработанные специалистами Технологического института Джорджии, позволяют восстановить оригинальные формы даже сильно искаженных символов.

«Существует большая разница в спектре поглощения терагерцового излучения чистой бумагой и материалом чернил, – рассказывает Бармак Хешмат (Barmak Heshmat), участник проекта New Atlas. – Наша система самонастраивается на этот спектральный контраст, который изменяется и зависит в каждом случае от состава бумаги и используемых чернил. Это позволяет нам получить качественные изображения символов, которые достаточно хорошо распознаются традиционным способом оптического распознавания».

Терагерцовый источник новой системы производит короткие вспышки излучения. Эти импульсы отражаются назад каждым из воздушных слоев, который находится между страницами книги, и отраженное излучение фиксируется камерой, имеющей максимальную чувствительность в терагерцовом диапазоне. Данные с этой камеры проходят через алгоритм, который определяет расстояние до каждой страницы книги, используя разницу по времени между моментом излучения импульса и временем регистрации отраженного сигнала.

Данные о расстоянии до страницы позволяют другому алгоритму отфильтровать шум и данные от других страниц. В результате такой фильтрации остается картина поверхности только определенной страницы, на которой обозначены области с различным химическим составом, что, в свою очередь, позволяет прочесть все написанное на данной странице.

Опытный образец терагерцового сканера пока может «читать» лишь до 10 страниц в глубину. При попытке более глубокого проникновения полезные сигналы полностью скрываются в шумах и помехах, что делает процесс чтения полностью невозможным. Однако в ближайшее время исследователи из Массачусетского технологического института собираются увеличить глубину проникновения сканера путем увеличения разрешающей способности, скорости и точности камеры, увеличения мощности источника терагерцового излучения и модернизации некоторых участков программных алгоритмов.



## **«Стрельба» углеродными нанотрубками позволяет превратить их в алмазные нанокристаллы**

Супермен, главный герой одноименных комиксов и научно-фантастических фильмов, мог делать алмазы, просто сжимая кусок угля в своем кулаке. А ученые из университета Райс (Rice University) пошли по несколько иному пути – они получают алмазные нанокристаллы и другие формы углерода, поражая мишень разогнанными до высоких скоростей углеродными нанотрубками. Такой процесс получения алмазных нанокристаллов не сделает никого богатым, однако, он «обогастит» ученых и инженеров, занимающихся разработкой космической техники и другой техники, подвергающейся периодическому кратковременному воздействию от ударов частиц, летящих на высокой скорости.

Исследования, проведенные группой Пуликеля Аджаяна (Pulickel Ajayan) и Дугласа Гэльвэо (Douglas Galvao), показали, что энергия, выделяющаяся при столкновении нанотрубки с мишенью, расходуется на разрушение химических связей между атомами углеродной нанотрубки. Эти атомы, оказавшиеся в свободном состоянии, повторно объединяются, а условия окружающей среды определяют тип новой структуры углерода. Знания о том, как ведут себя атомы различных элементов в подобных условиях, позволят учеными и инженерам разработать новые виды сверхлегких материалов с уникальными механическими свойствами для космической техники, которая обретет способность выдерживать удары высокоскоростных объектов, таких как микрометеориты.

Во время своих исследований ученые упаковали углеродные нанотрубки в виде шариков и разогнали их внутри оптического-газовой пушки, созданной специально для этих целей. Нанотрубочные шарики разгонялись до трех различных фиксированных скоростей и поражали мишень, изготовленную из алюминия. Самое большое количество алмазных нанокристаллов образовывалось при разгоне шариков до скорости в 3,9 км/с. Меньшее их количество образовывалось при скорости в 5,2 км/с, а при скорости в 6,9 км/с алмазы уже практически не образовывались. Вместо этого почти все нанотрубки расщеплялись на узкие полосы одномерного материала – графена.

При высокой скорости разгона нанотрубок получившиеся при этом полосы графена «сваривались» друг с другом и другими нанотрубками, образуя весьма причудливые структуры, видимые только под электронным микроскопом. Кроме этого, вид «конечного продукта» от столкновения нанотрубок с мишенью очень сильно зависит не только от скорости разгона, на это влияет ориентация нанотрубок относительно мишени и относительно друг друга, количество стенок нанотрубок, их длина и т. п.

Во время предыдущих исследований мы узнали, что при гиперсверхзвуковом ударе из углеродных нанотрубок должны формироваться графеновые наноленты, – рассказывает Дуглас Гэльвэо. – Мы ожидали получить хаотичные наноструктуры из «сваренных» друг с другом форм углерода. Но мы были удивлены появлением хорошо структурированных алмазных нанокристаллов».

И в заключение следует отметить, что данный метод можно считать весьма перспективным при производстве наноструктурированных материалов не только на основе углерода, но и на основе других химических элементов. И, несмотря на достаточную его дороговизну, он может оказаться единственным доступным на сегодняшний день методом производства определенных материалов, обладающих целым набором уникальных физических и химических свойств.