

ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

21—23 июня 2012 г.

В авангарде инноваций

**ПОРТАТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. КАК УЗНАТЬ
СОДЕРЖИМОЕ БУТЫЛКИ, НЕ ОТКРЫВАЯ ЕЕ?**

**Серия технологических презентаций новейших российских
технологий**

**22 июня 2012 г. — 15:30—16:00, Павильон 8, Зал 8.2, Инновационный
зал**

Санкт-Петербург, Россия

2012 г.

Модератор:

Сергей Недорослев, Председатель совета директоров, ГК «Каскол»

Выступающий:

Алексей Стеблёв, Вице-президент, директор по маркетингу, «Раммикс»

ПОРТАТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. КАК УЗНАТЬ СОДЕРЖИМОЕ БУТЫЛКИ, НЕ ОТКРЫВАЯ ЕЕ?

С. Недорослев:

Добрый день всем вновь появившимся. Мы продолжаем презентации проектов.

Следующий проект представит Алексей. Давняя мечта человечества — видеть сквозь предметы. Сейчас эта мечта, можно сказать, осуществилась. Алексей продемонстрирует технологию, которая позволяет видеть сквозь поверхность предмета и определять, что лежит внутри. Сейчас мы проведем короткую презентацию, а потом покажем, как это работает — прямо здесь, не сходя с места.

Алексей, Вам слово.

А. Стеблев:

Добрый день! Меня зовут Алексей Стеблев, я вице-президент по развитию бизнеса компании «Инспектор». Я расскажу о технологии, которой занимается наша компания.

Компания создана учеными, которые работали и отчасти до сих пор работают в подмосковной Черноголовке, в Институте физики твердого тела, под руководством члена-корреспондента РАН профессора Кукушкина. История, как обычно, началась довольно тривиально. Ученые пользуются различными приборами: купили, попользовались, им не понравилось, они поняли, как можно сделать лучше и создали прибор, который занимается анализом состава вещества. Я потом расскажу подробнее, как это происходит.

Мы сделали прибор, начали продавать, — и выяснилось, что его возможности намного больше, чем мы предполагали. Мы стали это дело развивать, от нашей компании отпочковалась дочерняя компания, которая реализует следующий проект: о нем я тоже расскажу. Но для начала — о том, как это вообще работает.

Основная технология, применяемая в нашем приборе, базируется на так называемом рамановском рассеянии. Это рассеяние было открыто индийским ученым Раманом уже давно: в 30-х годах прошлого века он получил за него Нобелевскую премию. Но до последнего времени не было соответствующей технологии, а теперь есть.

Что происходит? Летит квант света, попадает на молекулу вещества, возбуждает ее, молекула вибрирует. Оказалось, что молекулы разных веществ вибрируют по-разному, в разных направлениях, и поэтому по-разному рассеивают свет. Мы собираем уже рассеянный свет, который отражается от молекулы, он попадает на CCD-матрицу, как в фотоаппарате, и мы исследуем различия между улетевшим и прилетевшим светом. Поскольку характер вибрации молекул уникален для каждого вещества, то и характер рассеяния света тоже уникален. Каждое вещество, обладающее рамановским эффектом, по-особому рассеивает свет: это все равно что отпечаток пальца у человека. Вы можете видеть это на графике.

Компьютер обрабатывает информацию по обычной CCD-линейке, преобразует ее и выдает в виде рамановских пиков, затем сравнивает с загруженной в него базой спектров и говорит, что это за вещество. Мы видим, что два сходных вещества имеют, тем не менее, разные спектры. Вещества одной группы все же в чем-то отличаются между собой, и мы можем очень точно зафиксировать и проанализировать эти отличия.

Вот как это выглядит на схеме: отсюда подается лазерный луч, здесь есть зеркальце. Сюда мы подносим вещество, которое нам нужно проанализировать. В ту сторону улетает отраженный рассеянный свет, через голографическую решетку попадает на CCD-матрицу и дальше — в компьютер, обрабатывающий данные при помощи сложных алгоритмов и выдающий результат.

Я покажу наглядно, как это происходит. Вот программное обеспечение, которое мы сами разработали, а здесь — насадка: то же самое, что вы видели на схеме. Вы видите зеленый огонек: изнутри светит лазер. В этой бутылочке, виале, — бесцветная жидкость. Прибор думает 2–3 секунды и сообщает, что это диметилсульфоксид. Берем другую бутылочку, с точно

такой же на вид жидкостью, тоже прозрачной. Прибор говорит, что это другое вещество. Следующая бутылочка. Как видите, измерение занимает две секунды.

С. Недорослев:

А у Вас пустой бутылочки нет? Если мы воду нальем?

А. Стеблев:

Честно говоря, пустой нет.

С. Недорослев:

А если мы выльем Вашу воду и нальем нашу?

А. Стеблев:

Я сейчас покажу. Вот белый мелкий порошок, который можно принять за что угодно — за сахарную пудру, за кокаин. Нальем воду. Оказывается, это аспирин, ацетилсалициловая кислота: чтобы распознать ее, понадобились те же две секунды. Вот еще одно неизвестное вещество, на примере которого я бы хотел показать, как наш прибор распознает смеси. Нет такого химического элемента, как водка, но в нашу библиотеку спиртов мы специально добавили водку. Мы ставим прибор в режим распознавания смесей. Сейчас мы узнаем, из чего эта водка на самом деле состоит, — через те же самые две секунды. Видите, столько воды и столько спирта, что действительно похоже на водку.

Вернусь к режиму распознавания чистых жидкостей. Этот эффект изобрели не мы, и вообще рамановский анализатор изобрели не мы. Но мы сделали его гораздо более точным, чем те аналоги, которые сейчас есть на рынке, и существенно более дешевым: точность измерений выше в полтора-два раза, цена меньше в 4–5 раз. Интерфейс, наверное, каждый уже освоил, посмотрев на то, как это делаю я. Он очень прост, а у других производителей этих приборов интерфейс довольно хитрый.

Теперь о воде: очень немногие рамановские приборы «видят» воду. Если хотите, давайте выльем из этой бутылочки воду: давно хотел посмотреть, что там, в бутылке под названием «Родники России». У нас ведь были стаканчики?

С. Недорослев:

На пол, на пол.

А. Стеблев:

Если это вода, она испарится. Давайте я лучше поставлю что-нибудь другое, а то вода уже была. Вот тут будет изопропил, алкоголь, а теперь я ставлю то, что мне выдал Сергей: мне самому любопытно.

С. Недорослев:

А что такое 0,931?

А. Стеблев:

Вот, пожалуйста, Ваша вода: 0,930. Если единица — это 100%, то, конечно, корреляция потрясающая. Я не стал говорить обо всех возможностях прибора, но надо понимать, что речь идет не только о прозрачных жидкостях в маленьких бутылочках. Бутылки могут быть любого размера, непрозрачными и не обязательно стеклянными; это могут быть пакеты и так далее. Более того, не обязательно должны быть жидкости и порошки.

Смотрите: мы берем таблетку в заводской упаковке и сразу же видим, что это аспирин. Вот камешек: прикладываем его к смотровому окошечку и видим, что это аметист. Наша технология здорово определяет минералы. Вот коробочка: мы видим, что это полиэтилен, то есть пластики тоже распознаются. Вот обычный медицинский шприц, который продается в аптеках: мы видим, что он сделан из полипропилена.

Итак, круг материалов, которые мы можем распознать с помощью этой технологии, очень широк. Но это прибор, который уже работает. А теперь я расскажу о том, что мы будем делать дальше.

С. Недорослев:

С ценой что-то не так.

А. Стеблев:

А что с ценой?

С. Недорослев:

Она как в бывшем СССР, набита на приборе.

А. Стеблев:

Это референсная цена, которая не является окончательной. У нас не продукт, который продается во всех магазинах какой-нибудь торговой сети, а специализированный прибор, имеющий много уровней комплектации. На нем обозначена базовая цена, а дальше накручиваются разные приспособления. Областей применения так много, что мы столкнулись с серьезной маркетинговой проблемой. Прибор, который нужен везде, — это почти то же самое, что прибор, который не нужен нигде.

С. Недорослев:

Алексей, а если вернуться к той бутылочке? Вы нам показали, что водка — это спирт, смешанный с водой. Но мы знаем, что в водке есть и другие вещества — вплоть до формальдегида. Значит, прибор не показывает весь состав?

А. Стеблев:

Нет, в этой комплектации не показывает. Мы полгода продаем этот прибор. И оказалось, что рынку нужен, во-первых, прибор для специального применения, а во-вторых, прибор с улучшенными характеристиками. Это то, о чем говорите Вы: прибор, распознающий гораздо менее значительную концентрацию вещества. Это устройство очень хорошо распознает концентрацию свыше 10%. При концентрации от 1% до 10% он может

определить вещество, если есть сильный рамановский сигнал, а при концентрации менее 1% мы вещества практически не видим. Есть многие области, где необходимо видеть ультрамалые концентрации. В этой связи мы сделали действительно уникальную разработку.

Развивая нашу технологию, мы создали так называемый рамановский микроскоп. Этот прибор внедряется в оптическую схему обычного серийного микроскопа, которым может быть почти любой микроскоп: мы взяли за стандартный образец очень популярный микроскоп Olympus. Микроскоп позволяет найти очень маленькие крупички вещества. С помощью внедренного туда нашего прибора мы видим, что это за вещество. Для чего это нужно? Бывают смеси, в которых вещество растворено, а есть смеси, в которых вещество неоднородно. Если в этом микрончике у нас действующее вещество, то в соседнем будет наполнитель, лактоза. Поднеся сюда эту таблетку, мы увидим, что попадет в фокус. В случае с микроскопом будет моторизованный стол, который просканирует поверхность таблетки и сообщит, что у нее внутри.

Далее: как отличить настоящие бриллианты от искусственных? У них абсолютно одинаковая химическая структура и кристаллическая решетка. Один от другого отличают только по включениям. Эти включения можно увидеть именно с помощью нашего прибора. Мы рассчитывали, что наш прибор будут брать торговые сети, которые занимаются продажей ювелирной продукции — по крайней мере, одна из сетей поставит такие приборы в своих магазинах, и тогда именно у нее станут покупать товары.

Сейчас мы видим надпись: «бриллиант в сколько-то долей карата», и верим этому. А как было бы здорово за те же две секунды узнать, что это действительно бриллиант! Покупатели расставались бы с деньгами гораздо охотнее. Но оказалось, сами ювелиры не вполне уверены в том, что продают — и не по причине злого умысла. Закупка бриллиантов до сих пор зависит, так сказать, от опытного человека с моноклем, который смотрит на камень. Все зависит от квалификации этого человека. У него есть инструмент, но довольно примитивный. Конечно, серьезные, дорогие камни

везут в специальную лабораторию. Там есть приборы, которые стоят в сто раз дороже нашего, но примерно с такими же возможностями.

Но когда человек едет закупать мелкие камни на биржу в Бангкок, у него нет с собой микроскопа, нет никаких приборов. Этот человек в ряде случаев ошибается, торговцы это знают, и им наш прибор пока не нужен.

С. Недорослев:

Вы можете его установить на выходе из магазина. Этот человек тут же купит прибор. Вы ведь инвестируете в венчурный бизнес: проинвестируйте вот это направление.

А. Стеблев:

Мы с Вами еще обсудим бизнес-модель.

Возвращаюсь к вопросу о формальдегидах и прочих мелких включениях. Если вы внимательно посмотрите, то с обоих боков увидите слово SERS. Есть вещества, которые испускают рамановский сигнал, но очень слабый, и тогда возникает необходимость этот сигнал усилить. Не мы изобрели инструмент, с помощью которого это делается: есть так называемая SERS-подложка, которая дает сверхувеличение рамановского сигнала. Это приспособление небольшого размера, 5x5 миллиметров, на которое напылен один слой молекул металла. Попадая на металл, вещество оседает — тоже в один слой — и усиливает сигнал многократно, от ста миллионов до десяти миллиардов раз. Такие подложки выпускают полторы фирмы в мире, одна подложка стоит на рынке сто евро. К тому же она одноразовая. Мы разработали технологию производства таких подложек, и если бы сейчас начали их продавать, они бы стоили по пять долларов за штуку вместо ста евро. Конечно, при массовом производстве стоимость их будет ничтожной.

Отдельное направление деятельности нашей компании — это секвенирование молекул ДНК. Наши ученые создают механизм, который позволяет пропускать молекулы через мембрану. Сейчас молекулу предварительно режут на куски, считывают короткие последовательности и

математически их соединяют. Мы близки к тому, чтобы секвенировать молекулы ДНК, не разрезая их — именно с помощью этой SERS-технологии. В том месте, где через мембрану с контролируемой нами скоростью пролезает молекула ДНК, находятся SERS-подложки. Благодаря им мы можем спокойно читать последовательность «букв» в молекуле ДНК. Расскажу еще об одном направлении нашей деятельности. Через год мы рассчитываем иметь прибор, который будет, по крайней мере, в два раза меньше этого и которому не потребуется компьютер. У прибора будет экранчик, будет одна кнопка. Работники наркоконтроля и таможни, кладовщики на складах фармацевтической продукции будут подносить наш прибор к предметам, нажимать на кнопку и получать результат. Вы видите спектр героина: этот наркотик также можно будет видеть с помощью прибора.

Коль скоро мы заговорили о безопасности, то еще одна область применения прибора — защита от подделок. Именно эту цель мы преследовали изначально, потому что рынок контрафакта в мире необычайно велик и несопоставим с рынком средств защиты от контрафакта. Как это реализуется с помощью нашей технологии? Еще одна уникальная особенность этого прибора заключается в том, что это не просто рамановский анализатор, а рамено-люминесцентный анализатор: за один цикл опроса CCD-матрицы он видит информацию и в рамановской составляющей, и в люминесценции. Что нам это дает? Мы берем люминесцентные маркеры и в очень низкой концентрации — примерно 10^{-7} — добавляем их куда угодно: в топливо, в спирт, в духи, в воду. 10^{-7} — это концентрация, которая вообще не влияет на потребительские свойства раствора. Зато мы сможем определить сразу две вещи. Первое: из какого вещества это сделано. Второе: та ли самая это жидкость, которая была разлита на нефтеперерабатывающем комбинате или на фармацевтическом предприятии.

Таблетки подделывают иной раз при помощи контрафактных препаратов, которые по своей эффективности ничем не отличаются от оригинальных, но только деньги за них получает не тот, кто обладает патентом. При помощи

простого рамановского прибора мы увидим ту же самую оригинальную таблетку и ничего не узнаем. А при помощи спектральных маркеров мы узнаем это.

Другой пример: самолеты не раз терпели аварию из-за неправильного топлива: контрафактного, разбавленного и так далее. Теперь представьте, что топливо заливается через такое устройство. Вещество, как вы видели, определяется мгновенно, маркеры видны, компьютер все время следит, что именно льется. Как только перестает литься нужное топливо, срабатывает заслонка, и в самолет не попадает то, что в него попасть не должно.

Еще один пример: предметы искусства. Понятно, что в предметах искусства мы ничего не размещаем. Но нынешний уровень подделки предметов искусства настолько высок, что даже ведущие музеи с самыми компетентными сотрудниками, отправляя картины на выставку, очень беспокоятся. Они вполне готовы допустить, что обратно приедет нечто сильно похожее, но не то. У нас есть совместные проекты — в частности, с Эрмитажем, — по маркировке картин так называемыми «умными чернилами», которые идеально считываются нашим прибором. Я уже не говорю про ценные бумаги и тому подобное.

И последнее — о нашей главной мечте. Я буду счастлив, если она осуществится в 2015 году, но не удивлюсь, если это случится позже. Прибор, которому не нужен компьютер, стоит примерно столько же, сколько айфон — в районе 1000 долларов. Мы надеемся, что 140 миллионов человек, купивших айфоны, обратят внимание и на наши разработки. Идея заключается в следующем: человек покупает в аптеке SERS-подложки — пять штук за сто рублей, — а дома наносит на подложку какую-либо из своих биологических жидкостей. Прислонив подложку к этому прибору, он в течение минуты получает результат, который заставляет его беспокоиться состоянием своего здоровья или наоборот, позволяет расслабиться.

Связь с клиентом можно наладить при помощи удаленного сервера: так, скорее всего, и произойдет. Тогда мы будем иметь постоянный отклик, ну и, конечно, cash flow. Вот это наша мечта, потому что как бы ни был полезен

наш прибор для таможи, настоящий успех придет лишь тогда, когда начнется его массовое использование.

С. Недорослев:

Спасибо, Алексей, за живое представление — не сухое, не техническое. Может быть, есть вопросы? Микрофон дайте, пожалуйста, пусть Алексей ответит.

Из зала:

Здравствуйте! Меня зовут Руслан, я управляющий партнер компании, которая является официальным поставщиком воды для Форума. Меня очень интересует эта тема, в том числе применение прибора для обеспечения безопасности. Скажите, пожалуйста, закупают ли ваше оборудование ФСО и другие подобные организации?

А. Стеблев:

Пока что не закупают. Мы совсем недавно начали продажи, а наладить поставки ФСО и прочим подобным организациям, если бизнес существует всего полгода, нельзя. Для нас огромный прорыв — то, что мы продаем приборы таможенной службе через интеграторов. Мы не можем напрямую осуществлять продажи.

Скоро в нашей стране, как вы знаете, будут проходить Универсиада и Олимпиада, а кроме того, ослабляется контроль за жидкостями в аэропортах. Мы общались с людьми, которые занимаются безопасностью на Олимпиаде. Когда к ним для проверки приезжали представители Международного олимпийского комитета, выяснилось, что те и другие по-разному представляют себе необходимый уровень безопасности. Наши органы обеспечения безопасности хотели все запретить. Представители МОК объяснили, что вообще-то это праздник, а не прогулка заключенных в тюрьме, и надо все разрешить по максимуму — а вы, будьте добры, обеспечьте безопасность. И, конечно, возник вопрос: как ее обеспечивать?

Люди несут что-то в бутылках: раньше службы безопасности все это отнимали, а что делать теперь?

Мы им показывали наш прибор. Но дело в том, что это очень инертная система. Может быть, мы пытаемся продавать наш прибор неправильно, неумело. И поэтому мы будем рады сотрудничать с Вами, если Вы умеете это делать.

Из зала:

Приведу в качестве примера этот Форум. Здесь есть президентская зона, где стоят кулеры: там вчера президент пил нашу воду. Наверняка воду как-то проверяли, но без вашего прибора сделать это гораздо сложнее. Мы часто обеспечиваем высокопоставленных лиц питьевой водой и хотим быть уверены, что какой-нибудь террорист не подменит воду, что все идет нормально.

А. Стеблев:

Понимаете, здесь не та ситуация, когда товар стоит в супермаркете, в инструкции написано, что он умеет это и это, и Вы его берете.

Из зала:

Могу сказать, что нам нужно. Наша тема называется: «Как узнать содержимое бутылки, не открывая ее». В кулере стоит бутылка. Вы можете убедиться, что в ней нет вредных веществ? Это реально или все работает только теоретически?

А. Стеблев:

То, что это вода, мы можем определить. Это мы уже показали.

Из зала:

А может, у Вас там подготовленная вода стоит. Давайте проверим, что в той большой бутылке.

А. Стеблев:

Я могу. Только нужно отнести все оборудование, тут у меня есть розетка. Прибор подключен к сети.

С. Недорослев:

Мы из этой бутылки наливали.

А. Стеблев:

Нет, концентрацию Вы не определите.

Из зала:

Есть вредные вещества или нет? Я могу принести воды.

А. Стеблев:

Вы налейте, я сейчас определяю, нет проблем. Но, как я понимаю, вопрос звучит так: если там есть синильная кислота, обнаружим ли мы ее? Какая разница, открывать бутылку или нет? Я же через стакан буду исследовать, я не буду наливать воду в прибор. Или Вы считаете, что синильная кислота испарится немедленно, если вынуть бутылку из кулера?

Из зала:

А если я Вам принесу бутылку, Вы тоже сможете ее проверить? В закрытом виде.

С. Недорослев:

Простая логика подсказывает, что да. Какая разница?

А. Стеблев:

Сейчас мы запустим нашу программу. Кстати, ребята еще определяют уровень радиации в вашем кулере. Давайте его сюда.

Из зала:

Это очень важно. Вода из глубоких скважин может содержать радон, и не только радон: на глубине, как известно, уровень радиации выше. Поэтому проверка радиоактивности — очень важный элемент обеспечения безопасности, когда дело касается воды. Особенно если пить ее постоянно.

А. Стеблев:

Что это плавает в кулере?

Из зала:

Это пробочка.

А. Стеблев:

Сюда со всех сторон попадает много люминесцентного света. А когда я демонстрировал, у меня все было закрыто. Ядов прибор не показывает. Вот он показывает, что люминесценция зашкаливает. Мы сейчас не очень корректно его применяем.

Из зала:

Осадочек-то остался!

А. Стеблев:

Не должно быть такой поразительной засветки. Свет выключали? Посмотрите, все равно светится.

Из зала:

А причем здесь поразительная засветка, если речь идет о рамановском облучении?

А. Стеблев:

Я уже объяснял, что это рамено-люминесцентный прибор: он анализирует сразу и люминесценцию, и рамановское излучение. Люминесценция, когда зашкаливает, подавляет сигнал.

Если тут есть вредные вещества в небольшой концентрации, то система их обнаружения скорее связана с SERS-подложками, о которых я говорил. Вы капаете воду на подложку, и через небольшой промежуток времени получаете результат. Люди спрашивают так, как будто никто в школе не учился. Все думают, что это вроде вечного двигателя или астролябии, что это работает само. Но прибор распознает те вещества, которые знает. Введите в него список вредных веществ, и если он их увидит, то сообщит об этом. Неизвестные вещества, он, разумеется, не распознает, потому что сравнивает спектры с данными из загруженной в него библиотеки.

С. Недорослев:

Есть специально обученные люди, которые все внесут.

Из зала:

А нельзя ли сделать приборы, которые будут проводить проверку на самые известные вредные вещества?

А. Стеблев:

Если Вы дадите их перечень, я внесу их туда. У нас имеется база из 10 тысяч рамановских спектров, но в ней есть далеко не все вещества. Купить в магазине или даже заказать по Интернету запрещенные вещества довольно сложно, хотя, наверное, можно: мы не пробовали. Это должно быть в рамках сотрудничества с той же самой ФСО. Если Вы их заинтересуете, обеспечивая водой всевозможных высоких гостей, то мы с удовольствием посотрудничаем с ними. Мы измерим спектры вредных веществ, внесем их в библиотеку, и убеждать всех нам будет гораздо проще.

С. Недорослев:

ФСО выдаст техническое задание производителю воды и будет сертифицировать воду на предмет безвредности. Тогда уже представители ФСО придут к Вам с техническим заданием, Вы создадите рабочую группу.

Есть еще вопросы?

Из зала:

Есть ли функция обнаружения неизвестных веществ? Ясно, что все вещества невозможно перечислить. Но неизвестное вещество, которого нет в библиотеке, должно насторожить.

А. Стеблев:

Тут опять же чистая логика. Я показывал водку. Прибор определил, что там столько-то спирта и столько-то воды. Чтобы узнать процентное соотношение веществ в смеси, мы должны дать калибровочные данные. Сначала мы объясняем компьютеру, что в этом сегменте соотношение 50:50, половина чистого спирта, половина чистой воды. После этого прибор анализирует контрольную смесь и говорит: здесь такое-то соотношение, это водка. Мы даем калибровочные значения, данные о соотношении компонентов. Прибор отвечает, если задать ему эталонные величины.

Из зала:

Значит, прибор проводит сравнение с имеющимися данными?

А. Стеблев:

Ну а как же иначе? Это и есть анализ: сравнение с шаблоном. Как градусник калибруется по температуре, так калибруется и любой измерительный прибор, а потом его раз в год надо проверять.

Еще по поводу воды, в связи с ослаблением контроля в аэропортах. Недавно в Интернете появилась информация о том, что есть дешевый отечественный прибор, определяющий, что именно содержится в бутылках, и он полностью удовлетворил силовые структуры. Теперь не будет, как раньше, ограничения на пронос жидкости в самолет — до 50 миллилитров. Так вот, этот прибор позволяет отличить воду от бензина, но не позволяет отличить ее, например, от серной кислоты. Хороший прибор, отличный и недорогой. Если кто-то хочет пронести бензин, смысл в его использовании

есть. А если кто-то хочет пронести серную кислоту, тогда нужен наш прибор. В силовых структурах об этом пока не знают. Может быть, Вы знаете, как им рассказать?

С. Недорослев:

Наше время уже истекло, но зато впереди 45 минут перерыва, в течение которого можно задавать новые вопросы Алексею. Пожелаем ему успехов в дальнейших научных разработках. Понятно, что мы не готовы сразу же заказывать этот прибор, но интерес к нему, наверное, уже есть.

Спасибо большое всем за внимание.