

Anisimow Andrej Borisovich

Department of common surgery. Rostov State Medical University (Rost-GMU)

E-mail: boch19.04@rambler.ru

19, Vorfolomeeva St., Rostov-on-Dony, 358127, Russia, Ph.: +7(863)2321625

УДК 621.371

В. Э. Чекрыгин

ТЕРАГЕРЦОВЫЙ ДИАПАЗОН НА СТРАЖЕ ЗДОРОВЬЯ

Приводится аналитический обзор современного состояния внедрения терагерцового диапазона в медицинскую технику. Обосновывается безвредность использования данных частот для человеческого организма.

Терагерцовый диапазон; терагерцовый лазер; быстродействующие полупроводниковые фотопроводящие кристаллы; нелинейные электрооптические кристаллы; излучатель и детектор Т-волн; биомедицина; ТГц томографии.

V. E. Chekrigin

TERAHERTZ A RANGE ON THE GUARD OF HEALTH

To adduce analytical survey of modern condition of application of terahertz range into current technology. To substantiate innocence of using of these frequency for human organism. Terahertz therapy, Terahertz diagnostics, Terahertz ecology - technology of 21st century.

Terahertz range; Terahertz laser; fast-acting; semi-conductor photoconductive crystals; nonlinear electro-optical crystals; oscillator and detector of T-waves; biomedicine; Terahertz tomography.

Наука и вслед за нею бизнес осваивали спектр электромагнитного излучения постепенно и неравномерно. Радио, рентген, сверхвысокие частоты, оптика, гамма-излучение – все это превращалось в стройные теории, приборы и массовые продукты и услуги порой в считанные годы, порой – в течение десятилетий. К концу XX века все диапазоны оказались более или менее изучены, исключая три частотных декады, расположенных между СВЧ- и инфракрасным диапазонами – от 100 ПГц (3 мм) до 100 ТГц (3 мкм). **Физики даже прозвали этот терагерцовый диапазон (ТГц) черной дырой.**

Судя по гигантскому развороту работ по исследованию возможности использования ТГц-излучения в разнообразнейших и весьма важных применениях, можно сказать, что в настоящее время этот диапазон оказался на переднем крае исследований и разработок.

Естественно, возникает вопрос: **какие особенности ТГц-диапазона привлекли к нему такое пристальное внимание?**

1. Глубинная физическая основа здесь лежит в сильной реакции многих веществ на ТГц-излучение. Это связано с тем, что именно ТГц-диапазону соответствуют колебательные и вращательные спектры, фазовые переходы, характеристические энергии большого числа окружающих нас веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях: газов, жидкостей, плазмы, кристаллов, полупроводников, сверхпроводящих материалов и др.

2. Огромный диапазон частот, присущий ТГц-диапазону, весьма привлекателен для систем связи и передачи информации.

3. Важной особенностью ТГц-излучения является прозрачность многих тел для этого диапазона.

4. ТГц-излучение может давать изображение. Это важное свойство лежит в основе большого числа приложений, связанных с получением изображений объектов различной природы.

5. Каждое вещество имеет в ТГц-диапазоне свой, присущий только ему, спектральный «портрет». Этот «портрет» является своеобразным аналогом отпечатков пальцев, что позволяет определять и идентифицировать различные вредные химические и биологические вещества.

6. В отличие от рентгеновских лучей ТГц-излучение не ионизирует среду и позволяет получать высококачественное (контрастное) изображение. Использование ТГц-излучения малой интенсивности не наносит вред организму человека.

Терагерцовые лазеры – новая волна

Лазер – поистине уникальное изобретение человечества. Все больше и больше лазеры находят применение в самых разных областях сферы деятельности человека – медицине, науке, коммуникациях, искусстве. Казалось бы, что весь спектр электромагнитных волн уже перекрыт лазерами, но это было не так до сравнительно недавнего времени.

Первый такой терагерцовый лазер был создан ещё в 1994 г. Федерико Капассо из компании Bell Labs, Джером Фэйст. Но до начала 2002 г. одна немаловажная проблема так и не была решена. Многослойный кристалл, который излучал терагерцовое излучение, его же и поглощал. И только сравнительно недавно Александро Тредикучи вместе с коллегами предложили модель отвода излучения. Учёные внедрились в многослойный кристалл множество волноводов, которые выводят излучение из кристалла. Им впервые удалось создать терагерцовый лазер, работающий на частоте 4,4 ТГц, а в дальнейшем они смогли достичь частоты 20 ТГц.

Не так давно появились первые образцы перестраиваемых лазеров, которые позволяют излучать в диапазоне 1 – 60 ТГц. Работа таких так называемых лазеров на свободных электронах (Free Electron Laser – FEL) основана совсем на другом принципе.

Большие значения мощности во всём ТГц-диапазоне, как в непрерывном, так и в импульсном режимах, были получены при использовании новых принципов генерации – лазеры на свободных электронах, релятивистские генераторы различных типов, гиротроны и дифракционные генераторы – оротроны, синхротронное излучение электронных пучков, получаемых на ускорителях.

Были разработаны уникальные конструкции спектрометров, практически перекрывающие весь ТГц-диапазон. Они успешно использовались в радиоастрономических исследованиях отдалённых галактик, с их помощью были проведены детальные исследования внутримолекулярных движений больших молекул (в том числе полимеров), спектры колебаний кристаллов [1], составлены подробные атласы спектральных линий.

Наиболее распространённым методом получения ТГц-излучения в этих работах является использование для предварительной накачки полупроводникового кристалла ИК- импульсом ультрабыстрого титан-сапфирового твердотельного лазера со средней мощностью единиц ватт, очень короткой длительностью импульса (~100 фс) и длиной волны ~800 нм. Преобразование этого ИК-излучения в терагерц происходит двумя методами:

1. Быстродействующие полупроводниковые фотопроводящие кристаллы являются переходными источниками токов и используются как излучающая антенна [2–3]. Поверхность полупроводника работает как динамическая фотопроводящая антенна, излучающая импульсы широкополосного электромагнитного излучения.

2. Нелинейные электрооптические кристаллы используются как выпрямительные элементы, причём весь спектр огибающей исходного ИК-импульса попадает в ТГц-диапазон.

Использование фотопроводимости обеспечивает получение Т-лучей более высокой мощности, чем использование оптического выпрямления.

Для передачи микроволнового излучения обычно используют коаксиальные кабели, для инфракрасного излучения – оптические световоды. Однако для передачи Т-излучения ни тот, ни другой методы не годятся – оно быстро поглощается металлическим экраном коаксиального кабеля и совершенно не проходит через световод. Американским разработчикам удалось реализовать волновод на основе неизолированного провода. Теперь можно будет передавать энергию этих волн в точно заданный участок. Они сконструировали излучатель и детектор Т-волн, которые после отражения от объекта также могут быть переданы на значительное расстояние. Эта система позволила создать прототип эндоскопа – устройства для дистанционного наблюдения внутренней поверхности объекта. Эндоскопы широко применяются в технике и в медицинской диагностике, и новая разработка для Т-лучей значительно расширит диагностические возможности, особенно для выявления онкологических заболеваний.

Применение терагерцовых волн

В самое ближайшее время терагерцовые аппараты с безвредным ЭМИ войдут в практику медицинской диагностики и смогут заменить в ряде случаев рентгеновские аппараты. Но самые большие надежды медицинских специалистов связаны с лечением онкологических больных. Поскольку ТГц-волны хорошо проникают в верхние слои кожи (вплоть до мышечных тканей), появляется возможность контролировать развитие недоброкачественных процессов на самых ранних стадиях. Вообще в этом диапазоне открываются новые возможности изучения интимных процессов даже на уровне живой клетки. Наконец, в медицинскую практику начинают внедряться новые методы терапии с использованием ТГц-волн – НО-терапия [4], КВЧ-акустотерапия [5].

Ценность и преимущества ТГц- диагностических приборов по сравнению с инфракрасными, видимыми, рентгеновскими и ультразвуковыми приборами определяется тем, что в ТГц-диапазон длин волн попадают характерные особенности различных органических и неорганических сред. Поэтому ТГц-системы должны обладать избирательностью и химической специфичностью и, как следствие, значительно большей чувствительностью, разрешением, быстродействием и надежностью, чем их аналоги.

Основными приборами являются диагностические ТГц томографы различного применения и ТГц-микроскопы.

Уникальная особенность терагерцового анализа заключается в том, что с его помощью мы можем одновременно проводить измерения амплитуды и фазы. В отличие от обычной спектроскопии, которая позволяет измерять только интенсивность излучения на определенных частотах, терагерцевые эксперименты часто включают в себя измерения временных характеристик электромагнитного поля терагерцевых импульсов, которые взаимодействовали с образцом (т.е. отразились или прошли через него).

Преобразование Фурье, примененное к этим данным временной области, позволяет получить информацию о фазе и амплитуде импульса, а также множество дополнительной информации об образце, с которым взаимодействовал терагерцовый импульс. Например, мы можем получить очень точные измерения коэффициентов преломления и поглощения исследуемого образца. Молекулы различных веществ имеют свои уникальные резонансные линии в терагерцовом спектре, которые можно использовать для точной идентификации.

Приборы, использующие терагерцовое излучение, позволяют заглядывать вглубь самых разных предметов и материалов. Принцип действия таких систем заключается в применении Т-лучей. При воздействии терагерцевых волн на молекулы последние начинают колебаться, причем частота колебаний сильно зависит от природы вещества. Таким образом, становится возможным анализ содержимого закрытых упаковок, пакетов, конвертов и так далее. Метод также может стать альтернативой УЗИ и рентгену, поскольку позволяет получать изображения высокого качества за малый промежуток времени без необходимости облучения пациента вредными волнами.

Самый большой потенциал использования ТГц-волн находится в биомедицине. Может быть, в отдаленном будущем будет создано устройство для получения *in vivo* Т-изображений внутренних органов человека наподобие рентгеновских снимков.

Гораздо раньше будет создана некая эндоскопическая система, представляющая собой Т-изображение с высоким пространственным разрешением, получаемое от некоего зонда, который может вводиться внутрь организма, с возможностью в реальном времени производить необходимый спектроскопический анализ. Создание такого инструмента обеспечивало бы для врача возможность более раннего обнаружения и характеристик многих болезней, понимания их биологии и оценки проводимого лечения. Врачи в настоящее время слишком грубо оценивают параметры болезни.

Диагностика болезни может быть значительно улучшена, если удастся обнаружить отклонения от нормы на молекулярном уровне, кинетику роста опухоли, клеточные маркеры опухоли или генетические изменения, провоцирующие её развитие.

Такое Т-изображение живой ткани позволяло бы проводить изучение патогенеза в окружении неповрежденных живых микросистем, окружающих больное место.

Новые методы могут заменить существующий метод биопсии, позволят не только обнаруживать, но и следить за развитием и распространением раковых клеток. Картина опухоли уже была получена, при использовании многократных снимков под различными углами. Этот метод создает биологически точное трехмерное изображение, которое дает исследователю картину поражения ткани. Методы ТГц-диагностики уменьшат число ненужных хирургических биопсий и ускорят быстроту постановки диагноза – с часов до минут.

Система ТГц томографии, включая компьютерную томографию, дифракционную томографию и томографию с двойными линзами - являются новыми видами томографии основанными на свойствах ТГц-волн. С помощью пульсирующего ТГц-излучения исследуются диэлектрические свойства трехмерных структур и получаются двумерные секционные (покадровые) изображения объектов, подобно обычным методам компьютерной томографии рентгеновского типа. Измерительная ТГц-система, сопоставляя переданную амплитуду и фазу широкополосного ТГц-сигнала при различных углах падения, получает полную информацию об объ-

екте и, соединяя секционные двумерные изображения, программно получает 3-мерное.

ТГц-волны проникают через сухие поверхности, такие как бумага, пластмассы, керамика, бетон и т.д. Эти вещества практически не поглощают ТГц-волны. Многие, не прозрачные в оптическом диапазоне и имеющие низкоконтрастные изображения при использовании рентгена, материалы могут быть легко обнаружены на основе анализа их коэффициентов отражения и преломления в ТГц-диапазоне.

Способность ТГц-волн проходить через стены позволяет использовать их для обнаружения людей при стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях в разрушенных зданиях, при завалах и т.п..

Заключение

ТГц-диапазон частот найдет широкое применение в медицинских технологиях – физиотерапии, диагностике и экологии, которые можно назвать: терагерцовая терапия, терагерцовая диагностика, терагерцовая экология.

Одно из направлений таких технологий - спектрально-молекулярная диагностика в широком диапазоне частот (включая терагерцовый) существования молекулярных спектров излучения и поглощения живых объектов. В этом случае патология может выявляться в изменениях энергетических, временных, частотных и пространственных структур молекулярных спектров излучения и поглощения биологических сред [3, 5].

Исследования в терагерцовом диапазоне длин волн излучения содержат обширную информацию о свойствах материалов и структур. Европейское космическое агентство планирует начать многообещающие исследования звезд в терагерцовом диапазоне. Многие специалисты видят в терагерцовом диапазоне новые возможности для применения в телекоммуникациях. Сегодня уже можно сказать, что человечество вполне освоило этот необычный диапазон волн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Катин А.* Фоль-метод 2 плюс: акупунктура, синдром хронической усталости, КВЧ в медицине, гомеопатия. М.: ООО «Издательство Деан», 2001. – С. 116.
2. *Алавердян С.А., Алавердян Л.Е., Майбородин А.В., Креницкий А.П.* Установка для расшифровки нуклеотидных последовательностей фрагментов ДНК на основе капиллярного электрофореза // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. №2. С. 25–28.
3. *Креницкий А.П., Майбородин А.В.* КВЧ-аэротерапия - новый, природный, естественный, экологически чистый метод лечения // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2002. № 4(28). С. 63-64.
4. *Киричук В.Ф., Креницкий А.Н., Майбородин А.В. и др.* Оксид азота и электромагнитное излучение КВЧ // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 10-11. С. 95-108-92.
5. *Майбородин А.В., Креницкий А.П., Бецкий О.В.* Молекулярная КВЧ-акустотерапия // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2003. № 4.

Чекрыгин Владимир Эдуардович

ООО Галеника, г. Таганрог

E-mail: vovavova70@mail.ru

3477900, Россия, г. Таганрог, ул. Фрунзе 59, кв. 8, тел.: 8 (8634) 365-033

Chekrigin Vladimir Eduardovich

ООО Galenika, Taganrog

E-mail: vovavova70@mail.ru

8, 59, Frunze Str., Naganrog, 347900, Russia, Ph.: +7(8634) 365-033

УДК 617.55+616.94.-89

Д. В. Мареев

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ АБДОМИНАЛЬНОГО СЕПСИСА

В работе проведен анализ клинического течения абдоминального сепсиса у 129 больных. Выявлено 18 различных клинических проявлений. Из них 12 проявлений встречались у больных от 61 до 100 %. Эти проявления приняты за основные клинические проявления абдоминального сепсиса.

Абдоминальный сепсис; клиника; диагностика.

D.V. Mareev

CLINICAL CRITERIA OF ABDOMINAL SEPSIS

Clinical records of 129 patients with abdominal sepsis were analyzed. 18 different criteria were revealed, 12 out of which were revealed in 61 to 100 % of the patients. These criteria were shown to be the main clinical pictures of abdominal sepsis.

Abdominal sepsis; clinical pictures; diagnosis.

Актуальность темы

Абдоминальный сепсис является одной из основных причин летальности хирургических больных и является результатом широкого спектра инфекционно-воспалительных заболеваний органов брюшной полости. Важным характерным моментом в его развитии является воздействие микроорганизмов, колонизирующих желудочно-кишечный тракт и проникающих в различные области брюшной полости. До настоящего времени абдоминальный сепсис является одной из наиболее сложных проблем медицины критических состояний в силу трудности лечения, значительной распространенности и чрезмерных экономических затрат, которые несёт общество (В.А. Руднов, Д.А. Вишневецкий, 2000; М.В. Гринёв и соавт., 2001; И.А. Ерюхин, А.М. Светухин, С.А. Шляпников, 2002).

Наиболее часто абдоминальный сепсис развивается при перитоните различного происхождения и гнойно-воспалительных осложнениях панкреонекроза (Е.Б. Гельфанд, В.А. Гологорский, Б.Р. Гельфанд, 1997, 2000, В.Н. Чернов, А.И. Маслов, Д.В. Мареев, 2008).

Радикальные изменения во взглядах на патогенез абдоминального сепсиса, произошедшие в конце XX века, привели к созданию новых и изменению существующих методов комплексного лечения этого заболевания (Б.Р. Гельфанд, В.А. Гологорский, С.З. Бурневич и соавт., 1997; Н.В. Завада, Ю.М. Гаин, С.А. Алексеев, 2002; Г.В. Илюкевич, 2001; В.Н. Чернов, Б.М. Белик, Д.В. Мареев, 2005; R.C. Bone, 1997). Вместе с тем, сохраняющийся стабильно высокий уровень летальности при абдоминальном сепсисе даёт основание утверждать, что и в настоящее время отсутствует однозначный патогенетически верный под-