

УДК 534 Г962

Кравчук Д. А., Вторушин А. С., Мякинин В. А.

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И
ПРИБОРОВ В БИОМЕДИЦИНЕ**

Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Южного Федерального Университета

г. Таганрог, ул. Шевченко 2, 347928

Kravchuk D.A., Vtorushin A. S., Myakinin V. A.

**TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF OPTOACOUSTIC METHODS
AND DEVICES IN BIOMEDICINE**

College Of Electronics And Electronic Equipment Engineering

Southern Federal University

Taganrog, Shevchenko St. 2, 347928

В работе рассмотрены методы диагностических исследований биологических структур с помощью оптоакустических методов. обзор литературных источников и анализ современных методов диагностики крови, рассмотрены их основные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: оптоакустика

In work methods of diagnostic testings of biological structures by means of optoacoustic methods are considered. the review of references and the analysis of modern methods of diagnostics of blood, are considered their main merits and demerits.

Key words: optoacoustic

Вступление.

Оптоакустика – область научных знаний, охватывающая эффекты возбуждения звука лазерным импульсом или модулированным по интенсивности световым пучком. Методику с использованием

оптоакустического (ОА) эффекта для исследования крови можно называть «оптоакустической цитометрией потока крови», потому что она позволяет подсчитывать и классифицировать клетки в кровотоке, подобно обычной цитометрии, основанной на флуоресцентном изучении потока крови, в которой клетки управляемо протекают через стеклянные капилляры [3, 10].

Возбуждение акустических волн при воздействии лазерного излучения на вещество происходит за счет квадратично-нелинейных по амплитуде электромагнитного поля механизмов: электро- и магнитострикции, теплового эффекта, давления света, концентрационно-деформационного механизма. При этом колебания возбуждаются на частоте модуляции интенсивности света, попадающей в акустический диапазон [3].

Обзор литературы.

Тепловой механизм связан с неоднородным локальным нагревом и расширением среды при поглощении в ней лазерного излучения. В широком диапазоне значений коэффициентов поглощения света и частот модуляции интенсивности лазерного излучения тепловой механизм возбуждения звука является основным. Параметры термооптически возбуждаемого акустического сигнала зависят от оптических, теплофизических и акустических параметров поглощающей среды. Поэтому термооптическое возбуждение звука широко применяется в задачах диагностики указанных параметров газов, жидкостей и твердых тел.

Впервые оптоакустический (ОА) эффект наблюдал А. Белл в 1881 г., заметивший пульсации давления в замкнутом объеме газа, поглощавшего модулированное по интенсивности инфракрасное излучение. Белл предложил использовать этот эффект для исследования спектральной зависимости поглощения света газами и парами. Однако в то время исследование и применение ОА эффекта не получили широкого распространения из-за отсутствия достаточно мощных световых источников и надежных измерительных средств акустических сигналов.

Систематические исследования фундаментальных вопросов оптоакустики в нашей стране были начаты в 1973 г. коллективами под руководством профессоров Л. М. Лямшева и К. А. Наугольных (Акустический институт имени академика Н. Н. Андреева), профессора Ф. В. Бункина (Физический институт имени П. Н. Лебедева), профессоров С. А. Ахманова и О. В. Руденко (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова).

Лазерная оптоакустика – это возбуждение акустических колебаний под воздействием лазерного излучения. Оптоакустические сигналы возбуждаются в результате температурного расширения нагретого объема при поглощении импульсного лазерного излучения. Условие мгновенного нагрева: длительность лазерных импульсов много меньше, чем время распространения акустической волны по облучаемому объему. Схема генерации и детектирования ОА сигнала.

Лазерное излучение ближней инфракрасной области может распространяться глубоко в биологические ткани и обычно индуцирует акустические волны на ультразвуковых частотах в несколько МГц или ниже. Эти ультразвуковые частоты способны распространяться на сантиметровые расстояния с минимальным затуханием и потерями. Комбинация импульсного ближнего инфракрасного излучения с низкими ультразвуковыми частотами позволяет детектировать изображения на глубине ~ 5 см в тканях. Видимые лазерные импульсы могут проникать в биологические ткани на глубину 1-2 мм и индуцировать акустические волны на частотах 10 - 100 МГц. Эти высокочастотные акустические волны позволяют точно воспроизводить структуру оптических слоев ткани. Высокочастотное ультразвуковое детектирование может быть использовано для построения изображений слоистых структур тканей с высоким разрешением [10].

Основной текст.

Достоинства методов оптоакустики:

- в сравнении с диагностикой методами стандартной спектрофотометрии и когерентной оптической томографии, чувствительность фотоакустической (оптоакустической) спектроскопии оказывается выше

- при реализации оптоакустической томографии, достигается более высокая разрешающая способность по сравнению с чисто оптическими методами

- более перспективны в сравнении с методами чисто УЗИ

Принцип работы тепловых оптоакустических антенн основан на явлении теплового изменения объема воды, поглотившего энергию пучка электромагнитных волн. Модулированная по интенсивности электромагнитная волна (например, световая) падает из прозрачной среды (воздух) на границу раздела с поглощающей средой (вода). Эта волна теряет свою энергию в слое воды с характерной толщиной и вызывает попеременное во времени изменение ее температуры. Из-за нагревания происходит изменение объема слоя, который расширяясь, возбуждает в воде звуковую волну подобно обычному электроакустическому преобразователю [5].

В работе [6] представлены результаты экспериментальных исследований оптоакустического эффекта в плотных слоях ориентированных углеродных нанотрубок для измерения толщин пленок и коэффициента поглощения света. Установка состояла из пьезоприемника, на который помещалась плоская пластиковая кювета с черными чернилами толщиной 9 мм – демпфер (поглотитель). На кювету помещался образец (подложка с нанесенным на нее плотным слоем ориентированных углеродных нанотрубок). На образец помещалась кварцевая пластинка толщиной 7,5 мм. Луч лазера на АИГ: Nd^{+3} с каскадным умножением частоты во вторую гармонику падал нормально на образец, пройдя через плоскопараллельную пластину и стеклянную призму. Незначительная часть света, отраженная от плоскопараллельной пластины, направлялась на фотодиод. Электрический импульс от фотодиода запускал цифровой осциллограф, осуществляя синхронизацию. Энергия светового импульса не превышала 0,5 мДж и была порядка этого значения. Большие энергии могут приводить, к повреждению образца. В то время как малые энергии не позволяют надежно выделить сигнал на фоне шума [4, 10]. Проведенная оптимизация привела к вышеуказанному значению энергии.

Заключение и выводы.

В настоящее время оптоакустика является быстро развивающейся областью научных знаний и привлекающей большое число специалистов во всем мире. Совместное междисциплинарное использование оптоакустических методов и нанотехнологий позволит получить качественно новые результаты в области диагностики биологических структур [23].

Литература:

1. Shapiro, H.M. The evolution of cytometers [Текст] / H.M. Shapiro // *Cytometry*. -2004. – №58A. – P.13–20.
2. Shapiro, H.M. Practical flow cytometry [Текст] / H.M. Shapiro // NJ: Wiley and Sons. 4th ed. Hoboken.- 2003. – P.565-566.
3. Гусев, В.Э. Лазерная оптоакустика [Текст] / В.Э. Гусев, А.А.Карабуттов // -М.: Наука, 1991. – 304 с.
4. Voas, G. Photoacoustic Imaging Gets Dynamic [Текст] / G. Voas // *Biophotonic International*. -2008. – P. 26-29.
5. Новиков, Б.К. Нелинейная гидроакустика [Текст] / Б.К. Новиков, О.В. Руденко, В.И. Тимошенко // *Судостроение*, 1981. – 264 с.
6. Грудзинская, И.С. Оптоакустический эффект в плотных слоях ориентированных углеродных нанотрубок: Использование его для измерения коэффициента поглощения света и толщин пленок [Текст] / И.С. Грудзинская, З.Я. Косаковская, О.Б. Овчинников, И.А. Чабан // *Акустический журнал*. -2006. – Т. 52, – №3. – С.330-334.
7. Джуплина, Г.Ю. Теоретическая модель оптикоакустического эффекта в среде с наноразмерными рассеивателями [Текст] / Г.Ю. Джуплина, И.Б. Старченко // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. -2009. – № 10. – С.189-192.
8. Джуплина, Г.Ю. Оптоакустический метод диагностики тканей организма с использованием наноразмерных частиц и объектов [Текст] / Г.Ю. Джуплина // *Сборник трудов XXI Всероссийской научно-технической*

конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы». –Рязань. -2008. –С. 243-244.

9. Zharov, V.P. Photothermal image flow cytometry in vivo [Текст] / V. P. Zharov, E. I. Galanzha, and V.V. Tuchin // Opt. Lett. -2005. - № 30. –Р. 628–630.

10. Джуплина Г.Ю. Автореферат диссертации .Исследование оптоакустического эффекта в средах с углеродными наноматериалами и разработка системы диагностики клеток в кровотоке. Таганрог 2011г.