

УДК 534 Г962

Кравчук Д. А., Кириченко И.А., Орда-Жигулина Д.В.

**ОБЗОР МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ
В БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Южного Федерального Университета

г. Таганрог, ул. Шевченко 2, 347928

Kravchuk D.A., Kirichenko I.A., Orda-Ghigulina D. V.

**THE REVIEW OF METHODS OF USE OF NANODIMENSIONAL OBJECTS
IN BIOMEDICAL RESEARCHES**

College Of Electronics And Electronic Equipment Engineering

Southern Federal University

Taganrog, Shevchenko St. 2, 347928

В работе рассмотрены методы использования углеродных наноматериалов для диагностических исследований биологических структур с помощью оптоакустических методов.

Ключевые слова: оптоакустика

In work methods of use of carbon nanomaterials for diagnostic testings of biological structures by means of optoacoustic methods are considered.

Key words: optoacoustic, nanomaterial

Вступление.

Под наноматериалами (нанокристаллическими, нанокompозитными, нанофазными, нановолокнистыми, нанопористыми и т.д.) принято понимать материалы, основные структурные элементы (кристаллиты, волокна, слои, поры) которых не превышают т. н. нанотехнологической границы – 100 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), по крайней мере, в одном направлении. Одной из важных составляющих приоритетных исследований в области нанотехнология и

нанонауки является развитие биомедицинского направления, включающего как создание новых лекарственных препаратов и устройств мониторинга, так и применение новых микродиагностических средств, необходимых для своевременной диагностики переходных физиологических процессов и подбора адекватной терапии.

Обзор литературы.

К настоящему времени в качестве наноматериалов, применяемых в биомедицинском направлении используются металлические, полупроводниковые, углеродные и органические наночастицы с размерами от единиц до сотен нанометров, с различными физико-химическими свойствами, в ряде случаев модифицированные биологическими маркерами [1-4, 11].

Среди углеродных наноматериалов (УНМ), образованных только атомами углерода, наиболее широко распространены фуллерены, нанотрубки и нановолокна, которые можно получить с помощью разнообразных химических или физико-химических методов [1-3, 8, 12].

УНМ (углеродные нановолокна УНВ) - нитевидные наноразмерные углеродные частицы, не имеющие ярко выраженной цилиндрической ориентации графеновых слоев, а также внутренней полости. Углеродные нановолокна (УНВ) – углеродные цилиндрические наноструктуры, представляющие собой [11] класс таких материалов, в которых изогнутые графеновые слои или наноконусы сложены в форме квазиодномерной нити, чья внутренняя структура может быть охарактеризована углом α между слоями графена и осью волокна. Одно из распространенных различий отмечается между двумя основными типами волокон: «Елочка», с плотно уложенными коническими графеновыми слоями и большими α , и «Бамбук», с цилиндрическими чашеподобными графеновыми слоями и малыми α , которые больше похожи на многослойные углеродные нанотрубки. Однако, в случае настоящих УНТ α равен нулю.

К классу нановолокон относят такие нанообъекты, как нанотрубки, нанопроволоки, нановискеры и наностержни. Нановолокна могут быть

жесткими (наностержни) или гибкими, проводящими или не проводящими электрический ток. Углеродные нановолокна имеют диаметр 20–60 нм и длину от долей микрона до нескольких микрон, содержат внутреннюю полость с перегородками, состоят из вложенных друг в друга искаженных конусов с графеновыми (сетки, подобные слоям в графите) стенками. Плотность $\sim 2 \text{ г/см}^3$, удельная поверхность $\sim 100 \text{ м}^2/\text{г}$, проводят электрический ток. Содержат $\sim 2\%$ золы и могут быть очищены до зольности менее 0,5 %.

В работах [1-4, 9, 10] для решения диагностических задач предлагается использовать метод проточной цитометрии *in vivo*, который основывается на принципах фототепловой и фотоакустической спектроскопии с использованием наноразмерных контрастных агентов. Углеродные нанотрубки сильно поглощают лазерное излучение [6, 7] и, вследствие оптоакустического эффекта, звук обнаруживается ультразвуковым преобразователем. Так как углеродные нанотрубки имеют сильную адгезию к бактериальным клеткам, а не к собственным клеткам живого организма, то наличие сигнала на приемном ультразвуковом преобразователе говорит о присутствии бактерий в кровотоке.

Заключение и выводы.

Эту методику можно называть «*in vivo* оптоакустической цитометрией потока крови», потому что она подсчитывает и классифицирует клетки в кровеносных сосудах, подобно обычной цитометрии, основанной на флуоресцентном изучении потока крови, в которой клетки направленно протекают через стеклянные капилляры.

В работе [10] представлены результаты исследований крови. В эксперименте использовались как одностенные, так и многостенные углеродные нанотрубки для обнаружения в реальном времени единичных бактериальных клеток, циркулирующих в организме живых мышей. Инфракрасным лазером ближнего диапазона облучали кровеносные сосуды в ухе или живой коже обезболенных мышей в течение короткого времени. В ответ на лазерный импульс углеродные нанотрубки, находящиеся на бактериях, генерировали ультразвук достаточной интенсивности для регистрации

ультразвуковым преобразователем. Поэтому, характеристики акустического сигнала могут рассматриваться как диагностический признак.

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. Boas, G. Photoacoustic Imaging Gets Dynamic [Текст] / G. Boas // *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.

11. Гречихин, Л.И. Наночастицы и нанотехнологии [Текст] / Л.И. Гречихин // Нано- и микросистемная техника. -2008. –№5, –С.1-25.

12. Елецкий, А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства [Текст] / А.В. Елецкий // УФН, 2002. – Т. 172, – № 4. – 401 с.

13. 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.