

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В СУСПЕНЗИЯХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

© 2010 г. А. Д. Мансфельд, А. Г. Санин, О. А. Санина, Б. С. Каверин*,
А. М. Объедков*, В. А. Егоров*

*Институт прикладной физики РАН
603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова 46. Тел.: (831)4365660*

E-mail: mansfeld@appl.sci-nnov.ru

**Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН
603950 Нижний Новгород, ул. Тропинина 49*

Поступила в редакцию 8.04.09 г.

Приведены экспериментальные результаты по измерению поглощения ультразвука в суспензиях многостенных углеродных нанотрубок. Измеренные величины коэффициентов поглощения существенно превышают соответствующие значения для мелких углеродных частиц, имеющих форму, близкую к сферической.

В последнее время большой интерес проявляется к уникальным свойствам наночастиц и нанотрубок. Углеродные нанотрубки стоят в ряду наиболее перспективных наноматериалов благодаря своим замечательным электрическим и механическим свойствам, обеспечивающим возможность их применения в различных областях науки и техники [1].

В настоящей работе приведены измерения коэффициентов поглощения для суспензии, содержащей многостенные углеродные нанотрубки, помещенные в этиленгликоль.

В экспериментах использовались многостенные углеродные трубки с характерным диаметром 20–80 нм и длиной несколько микрон. Осаждение многостенных углеродных нанотрубок проводили на установке и по методике, приведенной в [2].

В качестве жидкой среды использовался этиленгликоль. Выбор этиленгликоля в качестве жидкой среды определялся тем, что коэффициент поглощения ультразвука в нем невелик, а плотность его позволяет производить долговременные эксперименты с наночастицами углерода практически без оседания последних. После смешивания нанотрубок с этиленгликолем производилось размешивание суспензии с помощью мощного ультразвука. Отметим, что при концентрации более 12 мг нанотрубок на грамм жидкой фазы, вязкость суспензии оказывается настолько большой, что перемешивание становится практически невозможным.

Эксперименты по измерению коэффициента поглощения ультразвука производились на установке, схема которой приведена на рис. 1.

Ультразвуковые импульсы длительностью 2 мкс с частотой заполнения 3 и 9 МГц излучались пьезокерамическим излучателем с основной резонансной частотой 3 МГц. При излучении импульсов с частотой 9 МГц использовалась третья гармоника пьезопреобразователя. Прошедшие через суспензию сигналы принимались пленочным пьезопреобразователем. Через полосовой фильтр, настроенный на частоту 3 или 9 МГц, сигнал подавался на осциллограф, на котором регистрировалась амплитуда принятого импульса. Расстояние между приемным и излучающим преобразователя-



Рис. 1. Блок-схема установки для измерения коэффициента поглощения.



Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения ультразвука (1/м) в суспензии нанотрубок на частоте 9 МГц от их массовой концентрации (в процентах). Крестиком помечено значение коэффициента поглощения для суспензии мелкодисперсной сажи.



Рис. 3. Зависимость коэффициента поглощения ультразвука (1/м) в суспензии нанотрубок на частоте 3 МГц от их массовой концентрации (в процентах). Крестиком помечено значение коэффициента поглощения для суспензии мелкодисперсной сажи.

ми изменялось с помощью микрометрической подачи.

Результаты измерения коэффициентов поглощения в зависимости от концентрации нанотрубок показаны на рис. 2 и 3. Для сравнения произведены измерения коэффициентов поглощения мелкодисперсных углеродных частиц сажи, форма которых близка к сферической. Видно, что коэффициент поглощения суспензии, содержащей нанотрубки, существенно превосходит коэффициент поглощения суспензии, содержащей сажу, даже при существенно большей ее концентрации.

По-видимому, такой существенный рост поглощения можно объяснить в рамках модели, предложенной в [3]. Как показывают наблюдения с помощью электронного микроскопа, нанотрубки асимметричны. Например, их форма отличается от цилиндрической, и концы одной и той же трубки имеют разную толщину. В результате, при прохождении акустической волны возникает вращающий момент, в результате чего на частицу начинает действовать сдвиговая вязкость, причем вязкие потери могут существенно превышать вязкие потери для симметричной частицы.

Таким образом, экспериментально показано, что суспензия углеродных нанотрубок имеют существенно больший коэффициент поглощения ультразвука, чем суспензии углеродных частиц, имеющих форму, близкую к сферической.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 09-02 00726-а и программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tans S.J., Verschueren A.R.M., Dekker C. // Nature. 1998. V. 393. P. 49–52.
2. Корнеева Ю.В., Новакова А.А., Объедков А.М., Зайцев А.А., Домрачев Г.А. Исследование углеродных наноструктур, полученных методом пиролизного синтеза // Поверхность. 2007. № 7. С. 5–9.
3. Диденкулов И.Н., Езерский А.Б., Селивановский Д.А. Распространение звука в среде, содержащей частицы со смещенным центром масс // Акуст. журн. 2003. Т. 49. № 3. С. 425–426.