

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ 8–12 ГГц С ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Н. А. Савкин, И. Д. Парфимович

*Белорусский государственный университет, г. Минск
paraan23@gmail.com; irongrivus@mail.ru
науч. рук. – Ф. Ф. Комаров, доктор физ.-мат. наук, профессор,
Е. С. Григорчук, старший преподаватель*

Исследована возможность использования углеродных нанотрубок в качестве наполнителя в полимерных материалах, применяемых для защиты от СВЧ излучения. Разработана методика изготовления эмульсии, содержащей углеродные нанотрубки, изготовлены экспериментальные образцы (элемент безэховой камеры) и проведены исследования прохождения электромагнитного излучения в диапазоне 8–12 ГГц. Установлено, что полимер с углеродными нанотрубками является хорошим поглотителем излучения в заданном диапазоне, однако результаты сильно зависят от типа трубок и их концентрации.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; композитный материал; безэховая камера; диспергирование; электромагнитное излучение.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве добавок к полимерам, которые являются хорошими электроизоляторами, позволяет придать композитным материалам на их основе электропроводящие свойства. Поэтому открывается возможность создания прозрачных и проводящих покрытий, электростатических красок, покрытий для экранирования электропомех и поглощения СВЧ излучения. Поскольку для создания композитов на основе УНТ и полимеров весьма важно добиться равномерного распределения УНТ в объеме матрицы, этому вопросу посвящен ряд публикаций [1, 2, 3]. Плохая растворимость УНТ в воде и органических растворителях также создает значительные проблемы для их применения [4]. Таким образом, оптимальное взаимодействие УНТ с полимером является ключевым фактором для реализации высокого потенциала нанокompозитов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Методика изготовления композитных образцов с требуемыми параметрами включала в себя следующие этапы:

1. расчет и взвешивание массовой выборки углеродных нанотрубок;

2. изготовление композитной суспензии, состоящей из УНТ, воды, акриловой грунтовки и поверхностно-активных веществ;
3. пропитка полимера (элемента безэховой камеры) приготовленным раствором;
4. сушка образца в течение двух часов при температуре 60 °С.

В качестве наполнителя выступали многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) производства ООО «Наноцентр» (г. Тамбов). Для сравнения нами были выбраны два типа МУНТ с торговым названием «Таунит-М» и «Таунит-МД», имеющие различные геометрические параметры, которые должны оказывать влияние на процессы диспергирования в полимерной матрице и характеристики получаемых композитов. В таблице представлены размерные характеристики использованных МУНТ, заявленные производителем.

Таблица

Параметры многостенных углеродных нанотрубок с торговыми названиями «Таунит-М» и «Таунит-МД»

Характеристика	Таунит-М	Таунит-МД
Внешний диаметр, нм	10–30	8–30
Внутренний диаметр, нм	5–15	5–15
Длина, мкм	≥2	≥20
Общее количество примесей, %		
	начальное	≤5
после очистки	≤1	≤1
Удельная поверхность, м ² /г	≥270	≥270
Насыпная плотность, г/см ³	0,025–0,06	0,025–0,06



Рис. 1. Ультразвуковой диспергатор

На этапе изготовления пропитки возникли определенные трудности, так как углеродные нанотрубки сильно сплетены, а необходимо добиться их

равномерного распределения в составе суспензии. Для этой цели применялся ультразвуковой диспергатор, представленный на рис. 1. При отработке режимов изготовления суспензии было установлено, что время перемешивания должно составлять не менее 30 минут, а температура поддерживаться на уровне 60 °С. Качество суспензии получилось весьма приемлемое, т. к. даже спустя трое суток не наблюдалось выпадение осадка. Пропитка образцов проводилась механическим способом (при помощи кисточки) или погружением в специальную емкость с выдерживанием порядка двух часов в зависимости размера образца. Установлено, что погружение в суспензию дает лучшее качество пропитки.

Были изготовлены четыре композитных образца с различным типом трубок и содержанием весовых процентов МУНТ.

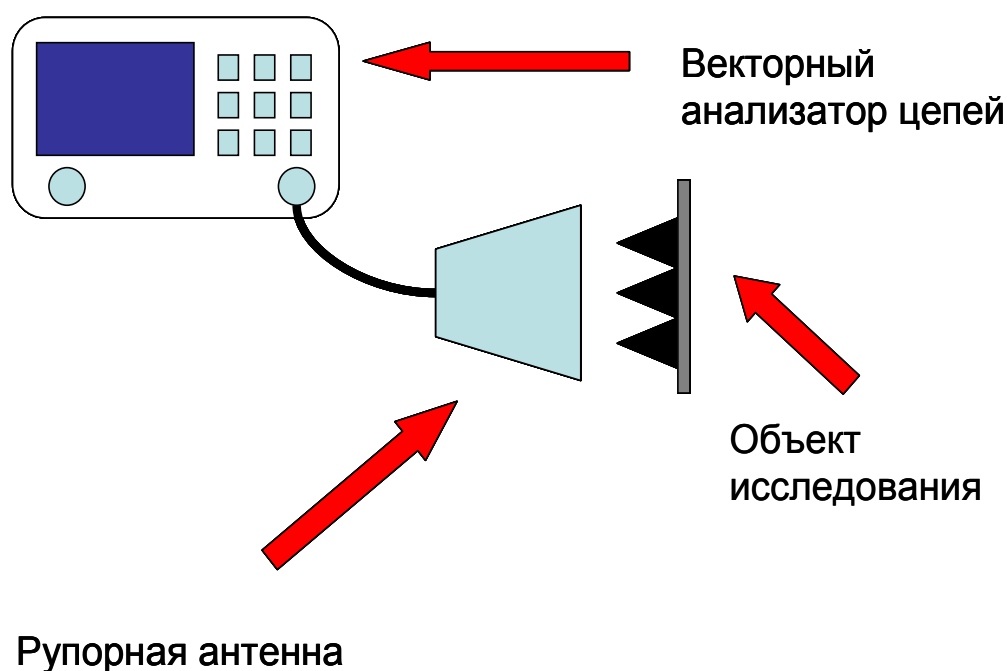


Рис. 2. Схема измерительной установки

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения коэффициента отражения проводились антенно–рупорным методом на установке, представленной на рис. 2. Перед проведением исследования образцов осуществлялась калибровка коэффициента отражения по металлу. Приемник регистрирует сигнал, прошедший через образец, отразившийся от металлической пластины, размещенной за образцом, и прошедший повторно через объект исследования.

В данном разделе описаны результаты измерений коэффициента отражения композитных образцов с различным типом и содержанием весовых процентов (вес.%) МУНТ: «Таунит–М» с 4 вес.% и «Таунит–МД» с 2, 4, 5 вес.%. Режимы изготовления композитных материалов с различным содержанием добавок УНТ были одинаковыми (температура, длительность и скорость диспергирования, механический тип пропитки, время сушки).

Результаты измерений представлены на рис. 3, а. Как видно, тип и концентрация трубок оказывают сильное влияние на поглотительную способность образцов, а оптимальной является концентрация нанотрубок типа «Таунит–МД» с 5 вес. % в суспензии.

Однако, как было сказано ранее, механический способ нанесения дает низкое качество пропитки. Также обнаружено, что площадь образца меньше площади антенны, что создает дополнительную засветку. В связи с этим было принято решение провести повторные исследования образца, показавшего наилучший результат. При изготовлении использовался другой тип пропитки (метод погружения) и увеличена площадь образца. Остальные характеристики режима изготовления образца остались без изменения. Результаты измерений представлены на рис. 3, б.

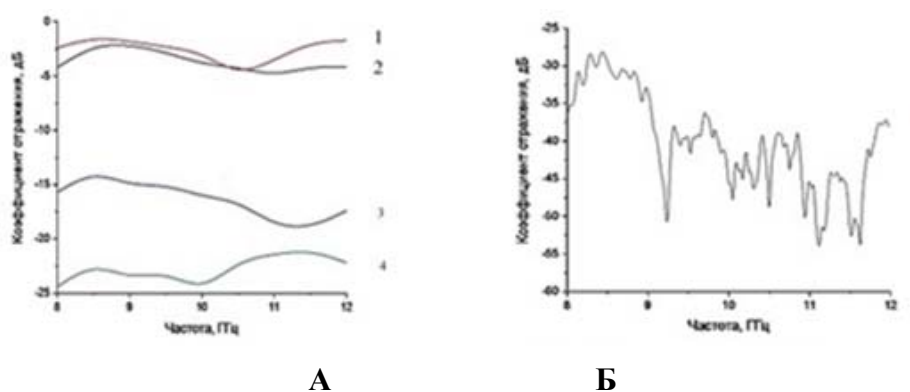


Рис. 3. Зависимость коэффициента отражения электромагнитного излучения композитными материалами: 1 – 2 вес.% Таунит-МД; 2 – 4 вес.% Таунит-М; 3 – 4 вес.% Таунит-МД; 4 – 5 вес.% Таунит-МД

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя представленные результаты, можно сделать ряд выводов.

1. Углеродные нанотрубки в составе суспензии могут быть использованы для пропитки элементов безэховых камер. Изготовленные полимеры с такими наполнителями способны эффективно поглощать электромагнитное излучение в требуемом диапазоне.

2. Тип и концентрация трубок оказывают сильное влияние на поглощательную способность образцов.

3. Оптимальной является концентрация нанотрубок типа «Таунит–МД» с 5 вес.% в суспензии. Изготовленные образцы способны поглощать до 100 % электромагнитного излучения в диапазоне от 8 до 12 ГГц.

Работа выполнена в лаборатории элионики и лаборатории прикладной электродинамики Научно–исследовательского института прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко.

Библиографические ссылки

1. *Thiebaud F.* Characterization of rheological behaviors of polypropylene/carbon nanotubes composites and modeling their flow in a twin–screw mixer / F. Thiebaud, J.C. Gelin // *Composites Science and Technology*. 2010. Vol. 70. P. 647 – 656.
2. *Huanzhen Shao.* One pot synthesis of multiwalled carbon nanotubes reinforced polybenzimidazole hybrids: Preparation, characterization and properties / Huanzhen Shao, Zixing Shi, Jianhua Fang, Jie Yin // *Polymer*. 2009. Vol. 50. P. 5987 – 5995
3. *Sohel R.* Development of carbon nanofibre incorporated three phase carbon/epoxy composites with enhanced mechanical, electrical and thermal properties / R. Sohel, R. Alagirusamy, J. Mangala // *Composites: Part A*. 2011. Vol. 42. P. 439 – 445.
4. *Chandra Kishore S.* Electrophoretic deposition of cobalt catalyst layer over stainless steel for the high yield synthesis of carbon nanotubes / S. Chandra Kishore, A. andurangan // *Applied Surface Science*. 2012. Vol. 258. P. 7936 – 7942.