

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета.
Минск, Республика Беларусь, xxmeatxx@mail.ru

Исследовано влияние добавок многостенных углеродных нанотрубок в композитах на основе полимерных матриц на процессы отражения, прохождения и поглощения электромагнитного излучения (в диапазоне частот 26 ГГц – 38 ГГц) данными материалами. Установлено, что при содержании в композите многостенных углеродных нанотрубок марки «Таунит-М» в 8 вес.% коэффициент поглощения достигает 60% на частоте 37,5 ГГц при толщинах образцов, составляющих менее 0,2 длины волны электромагнитного излучения.

Использование углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве добавок к другим материалам, в частности полимерам, является, в настоящее время, перспективным направлением научных исследований. Данный подход уже успешно используется для создания качественно новых материалов в различных отраслях промышленности. Открывается возможность создания прозрачных и проводящих покрытий, электростатической защиты [1,2], покрытий для экранирования электропомех и поглощения СВЧ излучений [3]. Но при создании новых перспективных, с точки зрения промышленного использования, композитных материалов необходимо решить ряд проблем. С одной стороны, необходимо обеспечить их требуемые оптические свойства. С другой стороны, технология изготовления данных композитов должна быть дешевой, легко воспроизводимая, а также гибкая – с целью быстрой модификацией свойств получаемых материалов. Поэтому для создания композитов с УНТ целесообразнее использовать не дорогие наноразмерные углеродные материалы – доступные в больших количествах.

В данной работе, для получения композитных образцов, в качестве исходной полимерной матрицы был выбран оптически прозрачный безвсадочный двухкомпонентный полимер SpesiFix - 20 (эпоксидная смола + отвердитель). В качестве наполнителя выступали многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) двух типов: «Таунит» и «Таунит-М». Данные МУНТ имеют достаточно большой разброс по толщинам, регистрируются многочисленные места излома, изгиба, переплетений (Рисунок 1 и Таблица 1). Диаметры УНТ в материале «Таунит-М» существенно меньше, чем в материале «Таунит». Процесс диспергирования включал «быстрое» гидромеханическое перемешивание (до 2000 об/мин) и одновременно ультразвуковое воздействие на образцы при частоте 35 кГц. Композитные образцы были изготовлены с различным содержанием УНТ. Максимальные значения добавок УНТ в матрицу SpesiFix-20 для «Таунит» составило 16 вес.%, а для «Таунит-М» - 8 вес.%.

Для определения оптических характеристик композитных материалов (эффектов пропускания, отражения и поглощения электромагнитного излучения) использовался скалярный анализатор цепей R2-408R. Измерения проводились в диапазоне частот 26 ГГц – 38 ГГц. На рисунке 2 представлены зависимости коэффициента поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ) в зависимости от концентрации добавок МУНТ в композитах. Наблюдается существенное увеличение данного параметра при максимальных концентрациях добавок – вплоть до значений 50-60% (Рисунок 2А и 2Б). При этом заметно, что имеется «размерный эффект» влияния типа добавки на характеристики композитов. Для УНТ с меньшим диаметром («Таунит-М») требуется меньшее количество добавки для достижения сравнимых показателей коэффициента поглощения. На рисунке 3 представлены более подробные результаты измерений электромагнитного отклика от композитных материалов с максимальными концентрациями добавок. Для композитных образцов с массовыми концентрациями нанотрубок

материала «Таунит» 8 вес.% характерным является монотонное убывание функции отражения и возрастание функции пропускания (Рисунок 3 В). В то время как у образца с массовой долей нанотрубок в 16 вес.% функция пропускания возрастает до значения частоты 34 ГГц, а далее убывает (Рисунок 3 А). Для данного образца (16 вес.%) наблюдается более резкий спад функции отражения на частотах 33-38 ГГц – вплоть до величин менее 10%. Вследствие этих факторов, коэффициент поглощения у композитного материала с 16 вес.% «Таунит» имеет более высокое значение. Следует отметить, что коэффициент поглощения в этом образце сильно изменяет свое значение в исследуемом диапазоне частот. Он монотонно увеличивается от 20% на частоте 26,5 ГГц до 53% на частоте 37,5 ГГц. На Рисунке 3 (Б, Г) представлены аналогичные зависимости для композитов с наноматериалом «Таунит-М».

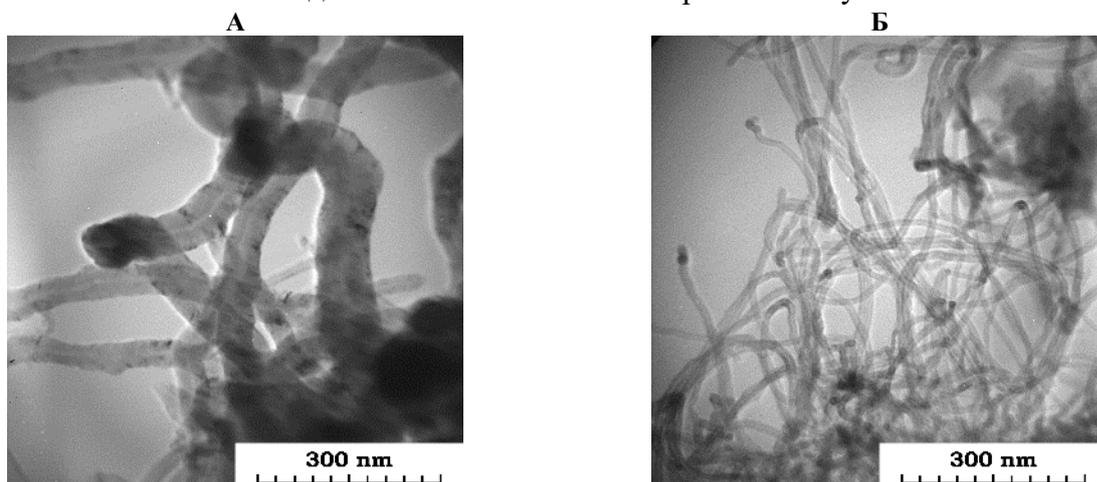


Рисунок 1 – Светлопольные микрофотографии просвечивающей электронной микроскопии от материалов «Таунит» (А) и «Таунит-М» (Б)

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Параметры/Материалы	«Таунит»	«Таунит-М»
Внешний диаметр, нм	20 – 70	8 – 15
Внутренний диаметр, нм	5-10	4 – 8
Длина, мкм	>2	>2
Общее количество примесей в материале, %	<5	<5
Объемная плотность, г/см ³	0,4 – 0,6	0,03 – 0,05
Удельная площадь поверхности, м ² /г	>120 – 130	>300 – 320

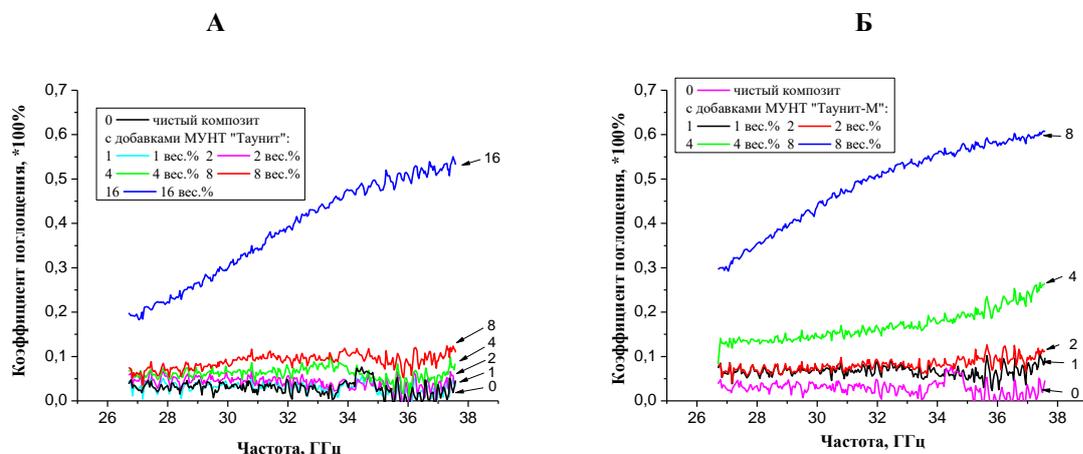


Рисунок 2 – Зависимости коэффициентов поглощения ЭМИ композитами (толщина образцов 1,5 мм)

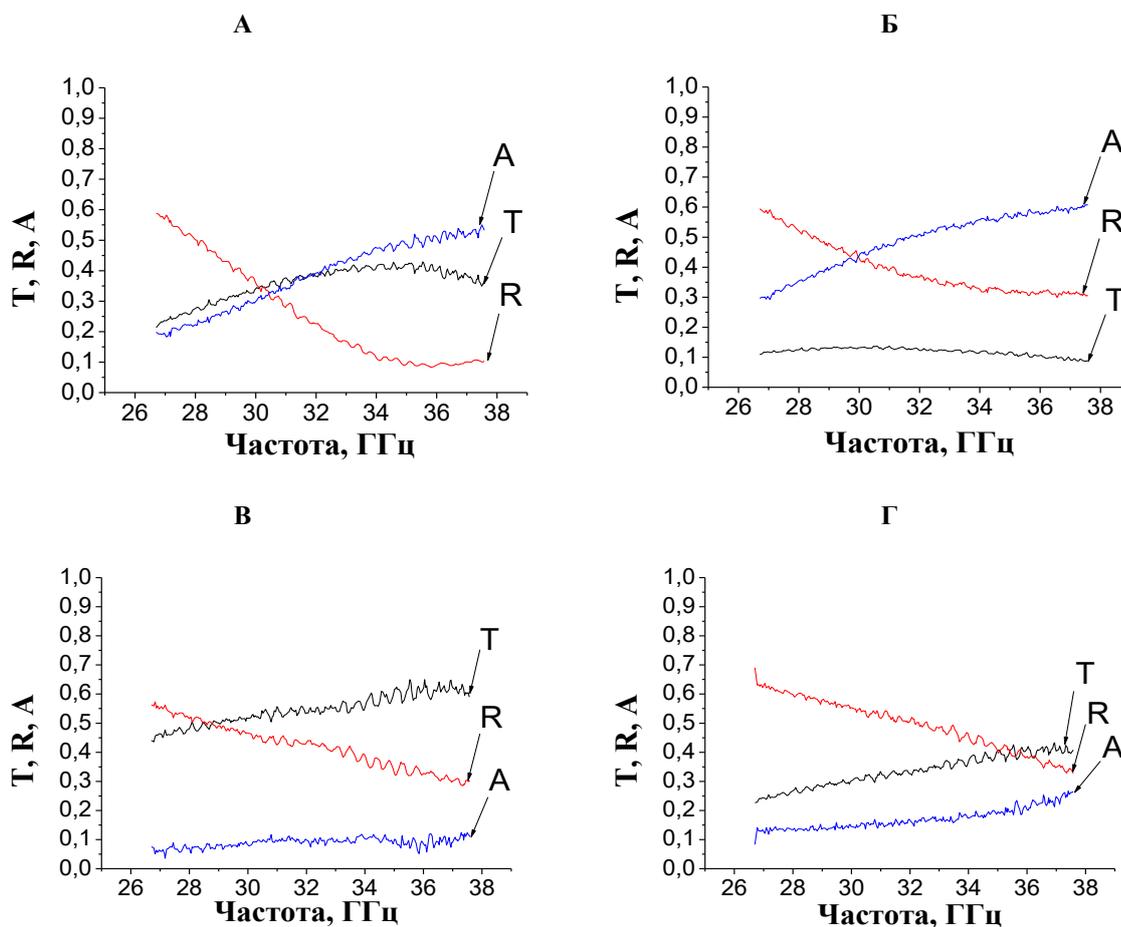


Рисунок 3 – Частотные зависимости коэффициентов прохождения (Т), отражения (R), и поглощения (А) образцов (толщина 1,5 мм) композитных материалов с массовой долей МУНТ: А -16 вес. % «Таунит», Б – 8 вес. % «Таунит – М», В - 8 вес. % «Таунит», Г – 4 вес. % «Таунит – М»

Коэффициенты пропускания, в этом случае, монотонно уменьшаются с увеличением концентрации добавок МУНТ. Поведение самих кривых коэффициентов пропускания и поглощения, как и в случае добавок материала «Таунит» аналогично – пропускание с увеличением частоты монотонно увеличиваются, а отражение падает. У образца композита с массовой долей добавок 8 вес.% «Таунит-М», отмечается сильное ослабление пропускания (порядка 10% по всему диапазону частот). Коэффициенты поглощения композитов увеличиваются с увеличением концентрации добавок материала «Таунит-М». Максимальные значения коэффициента поглощения регистрируется для композита с 8 вес.% добавки «Таунит-М». Как и для образца композита с 16 вес.% «Таунит», в этом случае коэффициент поглощения меняется от 30% на частоте 26,5 ГГц до 60% на частоте 37,5 ГГц.

Список литературы

1. Дьячков, П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применение / П.Н. Дьячков // Москва: Издательство Бином, Лаборатория знаний. - 2006. – 293 с.
2. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза углеродных наноструктур: монография / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин // Москва: Издательство Машиностроение-1. - 2007. – 316 с.
3. Roberts, J.A. Electromagnetic wave properties of polymer blends of single wall carbon nanotubes using a resonant microwave cavity as a probe / J.A. Roberts [et al.] // Journal of Applied Physics. – 2004. – Vol. 95, №8. – P. 4352-4356.