

ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩЕГО СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Е.С. БЕЛОУСОВА, М.С.Х. АЛЬ-МАХДАВИ,
Л.М. ЛЫНЬКОВ, Т.В. БОРБОТЬКО

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь*

Уже многие годы ведутся исследования и разработки экранов электромагнитного излучения широкого спектра применения. На сегодняшний день существуют материалы для защиты человека от негативного влияния электромагнитного излучения сверхвысоких частот, для скрытия военной техники от радиолокационной разведки, для защиты оборудования от побочных электромагнитных излучений и наводок. При этом у многих экранов существует ряд недостатков, таких как, неустойчивость к высоким температурам, к механической деформации, большие массогабаритные параметры. Поэтому актуальным являются исследования в области создания экранов электромагнитного излучения, обладающих гибкостью и легкостью.

В [1, 2] представлены результаты исследования процесса получения гибких экранов электромагнитного излучения методом инкорпорирования частиц технического углерода в состав волокнистой или вспененной основы посредством пропитки углеродосодержащими составами. На основе данных исследований было получено, что частицы углерода поникли внутрь синтетического материала и закрепились с помощью связующего материала на волокнах в виде агломератов.

Анализ частотных характеристик коэффициента отражения и передачи полученных углеродосодержащих материалов показал, что наименьший коэффициент отражения получен для образца синтетического волокнистого материала, пропитанного водным щелочным раствором силикатов натрия с добавлением технического углерода, его значения изменяются в пределах $-13,5 \dots -15,7$ дБ в диапазоне частот 8–12 ГГц, при этом коэффициент передачи составляет -9 дБ.

Представленные в данной работе результаты исследований являются продолжением серии экспериментов по созданию гибких углеродосодержащих экранов электромагнитного излучения.

Целью работы является исследование характеристик экранов электромагнитного излучения на основе введения частиц технического углерода в состав волокнистых материалов с помощью водных составов и

их закрепление в структуре материала посредством термической обработки.

В качестве основного материала было выбрано синтетическое нетканое полотно, которое на 70 % состоит из полиэфирных волокон и на 20 % – из полипропиленовых волокон. Данный материал обладает следующими свойствами: высокая плотность (от 100 до 1000 г/м²), формоустойчивость, теплоизолирующие и шумоизолирующие свойства, высокая прочность, гибкость, упругость. Толщина полотна изменяется от 4,7 мм до 6 мм.

Предложено использовать водный раствор, для лучшего проникновения частиц углерода в структуру синтетического нетканого материала (рисунок 1). При поверхностном нанесении водного раствора с содержанием углерода установлено, что частицы углерода не проникают в структуру материала, а находятся на поверхности, при механической деформации материала частицы углерода не закрепляются в материале. Поэтому использовалась методика полного погружения материала в водный раствор с содержанием частиц углерода на 48 часов. Далее пропитанное полотно извлекалось и просушивалось в течение 24 часов при комнатной температуре. Для закрепления частиц углерода в структуре материала использовался термический пресс с установленной температурой 100 °С (в течение 5 мин) и 150 °С (в течение 30 мин). Измерение коэффициента отражения и передачи производилось в диапазоне частот 0,7–17 ГГц с помощью панорамного измерителя SNA 0,01–18, работающего по принципу отдельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. В состав панорамного измерителя входят генератор качающейся частоты, блок обработки измерительных сигналов, передающая и приемная антенны, блоки направленных ответвителей, предназначенные для выделения и детектирования падающей, отраженной и прошедшей электромагнитных волн и соединяющиеся с каналами блока обработки измерительных сигналов и антеннами. Относительная погрешность проводимых измерений составляет ± 1 %.

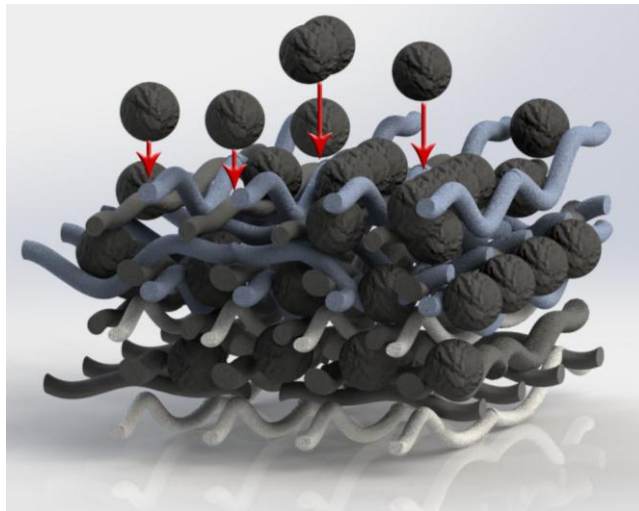


Рисунок 1. Моделирование процесса инкорпорирования частицам углерода в структуру синтетического нетканого полотна

На рисунке 2 представлены частотные зависимости коэффициента передачи и отражения, полученные в результате измерений прохождения электромагнитной волны через углеродосодержащее нетканое полотно, не подверженное термическому воздействию (кривая 1), после термообработки при температуре 100 °С в течение 5 мин (кривая 3) и 150 °С в течение 30 минут (кривая 2). Коэффициент отражения, измеренный в режиме согласованной нагрузки и короткого замыкания в диапазоне частот 0,7–17 ГГц, для углеродосодержащего нетканого полотна, не подверженного термическому воздействию, составляет –3... –10 дБ и –1... –14 дБ соответственно, что говорит о высокой проводимости и о нахождении углеродных частиц в структуре материала. Коэффициент передачи при этом составляет –2... –9 дБ. При термообработке углеродосодержащего нетканого полотна при температуре 100 °С в течение 5 мин коэффициент отражения незначительно уменьшается и также составляет –1... –14 дБ при измерениях в режиме короткого замыкания. При повышении температуры до 150 °С и времени до 30 минут происходит снижение коэффициента отражения до значений –1... –7 дБ (в режиме согласованной нагрузки) и –1... –8 дБ (в режиме короткого замыкания). Коэффициент передачи не изменяется, составляет –3... –9 дБ.

В результате проведенных измерений можно сделать вывод, что термообработка нетканого углеродосодержащего волокна при температуре 100 °С в течение 5 мин не ухудшает свойств экранирования электромагнитного излучения. При добавлении металлосодержащего слоя на основе оксида алюминия толщиной 0,2 мкм можно получить конструкцию экрана с низким коэффициентом передачи (до –40 дБ) и коэффициентом отражения (до –14 дБ).

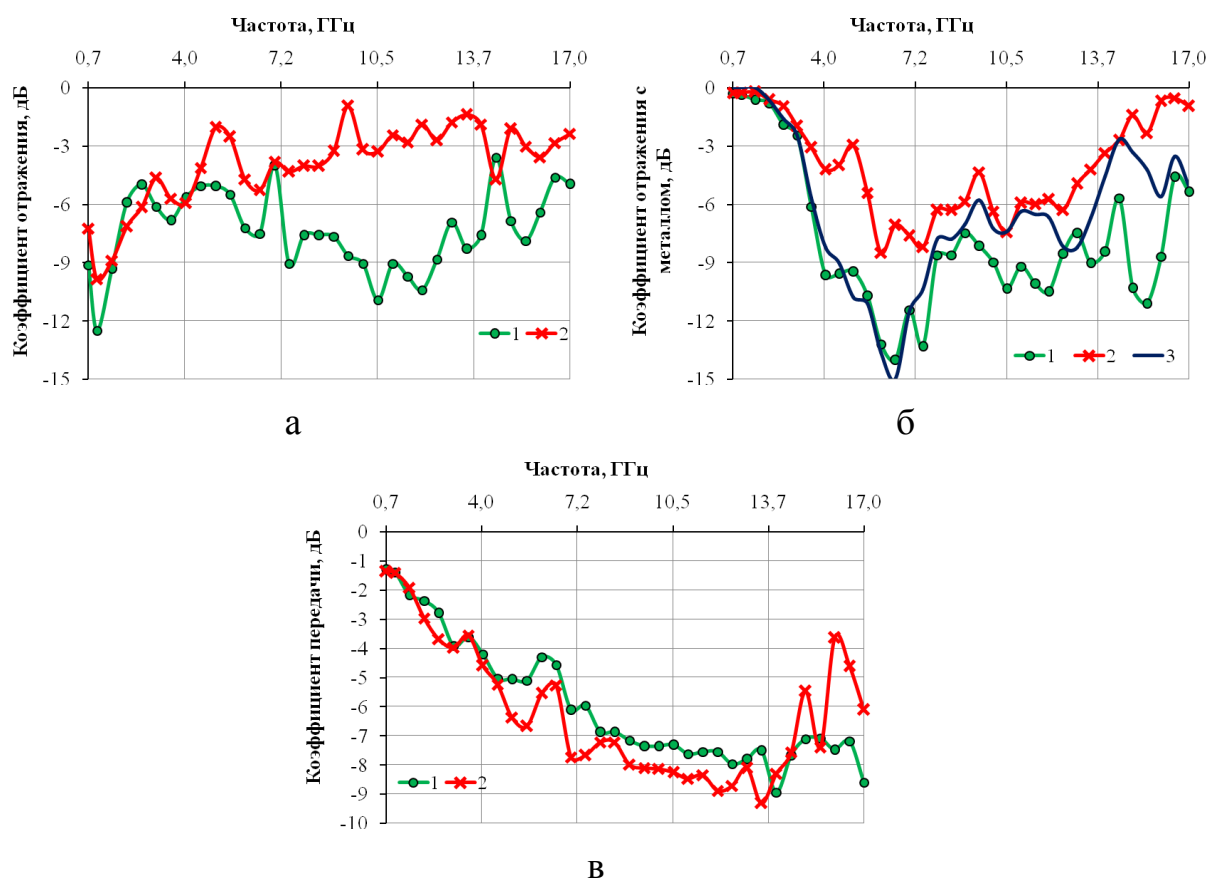


Рисунок 2. Частотные зависимости коэффициента отражения, измеренного в режиме согласованной нагрузки (а) и короткого замыкания (б), коэффициента передачи в диапазоне частот 0,7–17 ГГц

Таким образом, на основе предложенной методики можно создавать экраны электромагнитного излучения с металлическим основанием, обладающие свойствами электропроводности, легкости и гибкости, устойчивости к высоким температурам, низким коэффициентом отражения (до -14 дБ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц) и коэффициентом передачи (до -40 дБ).

Список литературы

1. Белоусова, Е.С. Гибкие экраны электромагнитного излучения на основе углеродосодержащих клеевых составов / Е.С. Белоусова, А.М.А. Мохамед, М.С.Х. Аль-Махдави, А.М. Прудник // Доклады БГУИР. – 2017. – № 8 (110). – С. 73–78.
2. Белоусова Е.С. Гибкие экраны электромагнитного излучения на основе клеевых растворов / Е.С. Белоусова, Л.М. Лыньков, Абдулсалам Муфтах Абулькасем Мохамед // Комплексная защита информации : материалы XX научно-практическая конференция, 19–21 мая 2015 г. Минск – С. 127–130.

Сведения об авторах

Белоусова Елена Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры «Защита информации» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Аль-Махдави Мустаф Сабах Халил, аспирант кафедры «Защита информации» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Лыньков Леонид Михайлович, д.т.н., профессор, профессор «Защита информации» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Борботько Тимофей Валентинович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Защита информации» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(017) 2932209
e-mail: Elena1belousova@gmail.com
Белоусова Елена Сергеевна