

УДК 681.7.063.7: 544.778.4

ГИБКИЕ ПОГЛОТИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТИЧНОГО ПОЛИМЕРА С ДОБАВЛЕНИЕМ СОРБИРУЮЩИХ ПОРОШКОВ

Г.А. ПУХИР, М.Ш. МАХМУД, Л.М. ЛЫНЬКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 17 ноября 2011

Предложена методика создания гибких поглотителей электромагнитного излучения (ЭМИ) для оптимизации экранирующих конструкций и расширения возможностей их эксплуатации. Проведены исследования экранирующих характеристик ослабления и отражения электромагнитного излучения образцов гибких поглотителей электромагнитного излучения в диапазоне частот 8–12 ГГц. Предложено использование эластичного пенополиуретана в качестве матрицы для нанесения поглощающих порошковых компонентов.

Ключевые слова: полимеры, экранирующие свойства, углеродные порошки, диэлектрические порошки.

Введение

Для создания конструкций экранов ЭМИ применяются различные материалы и методы их компоновки. Выбор метода и элементов конструкции в большинстве случаев основывается на необходимости обеспечения требуемого уровня ослабления ЭМИ при достаточно высокой технологичности экрана и удобстве эксплуатации. Активно ведутся разработки в данной области, но по-прежнему остается актуальным вопрос повышения эффективности существующих поглотителей путем оптимизации их структурных особенностей, также с целью снижения массогабаритных параметров и затрат на их создание.

Использование порошковых наполнителей в различных экранирующих конструкциях и покрытиях позволяет смоделировать оптимальный состав поглощающего композиционного материала и варьировать гибкостью экранирующей конструкцией путем выбора несущей матрицы и типа связующего вещества в композите [1]. Как показывают исследования, порошковые сорбенты обеспечивают дополнительное поглощение ЭМИ в СВЧ-диапазоне частот при их насыщении жидкими включениями на основе различных растворов за счет диэлектрических и поляризационных свойств воды [2, 3]. Вспененные материалы с различными водосодержащими наполнителями также обладают свойством поглощать ЭМИ в диапазоне частот 8–11,5 ГГц [4].

Целью настоящей работы является исследование экранирующих свойств композиционных материалов на основе гибких эластичных полимеров с жидкостными и порошковыми наполнителями в диапазоне частот 8–12 ГГц.

Эксперимент

Гибкие поглотители электромагнитного излучения требуют наличия в своей структуре эластичного основания и достаточного количества связующего полимера. Водно-нерастворимые проводящие и диэлектрические порошки с диаметром частиц порядка 10 мкм практически не влияют на гибкость экранирующей конструкции, однако с увеличением размера частиц это качество снижается. Поэтому в данной работе были использованы мелкодисперсные порошковые

сорбенты на основе диоксида кремния и углеродосодержащих материалов с размером частиц не более 10 – 15 мкм. Как известно, вышеназванные порошковые компоненты обеспечивают достаточно высокое ослабление ЭМИ в СВЧ-диапазоне частот [5]. В качестве основания для создания экранирующей конструкции была выбрана мягкая полиуретановая пена, которая может использоваться как смягчающий и как опорный материал, а также для придания упругости изделиям и изоляции. Благодаря мелкоячеистой структуре, данный полимер обладает хорошими показателями эластичности и воздухопроницаемости, является испытанным и безопасным материалом. Кроме того, использование пенополимеров значительно снижает вес конструкции на единицу площади композита. Дополнительное ослабление электромагнитного излучения вносит наличие в составе поглотителя водосодержащих компонентов [6].

В работе в качестве сорбирующих диэлектрических порошковых компонентов были использованы шунгит, состоящий на 68% из силикатов в форме оксида кремния и 29% глобулярного графитоподобного углерода, и диоксид кремния. Для фиксации порошкообразной структуры на пенополиуретановой матрице использовалось связующее вещество, в качестве которого был взят акриловый полимер. Толщина образцов составляла порядка 5 см.

Измерение экранирующих характеристик образцов производилось после полного высыхания связующего.

Для измерения экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель ослабления и КСВН. Для исследуемых образцов экспериментально были получены значения коэффициента передачи, который по абсолютной величине равен ослаблению ЭМИ, и коэффициента стоячей волны по напряжению, переведенного в коэффициент отражения в диапазоне частот 8–12 ГГц. Относительная погрешность установки составляет 5%.

Результаты и их обсуждение

Покрытие гибких пенополимеров связующим веществом с добавлением таких сорбирующих порошковых наполнителей как шунгит и диоксид кремния позволяет получить композит, способный вносить ослабление ЭМИ до 20 дБ в диапазоне частот 8–12 ГГц (рис. 1,а). При этом установлено, что наибольшее ослабление характерно для образцов №1, 3, в составе которых отдельные порошки шунгита и диоксида кремния соответственно. Данные образцы также характеризуются сходными значениями коэффициента отражения в исследуемом частотном диапазоне (рис. 1,б). Коэффициент отражения ЭМИ вышеназванными образцами составляет порядка –4 дБ. Образец, в составе которого гибкий пенополимер, покрытый смесью сорбирующих порошков в равных пропорциях, обеспечивает ослабление ЭМИ от 5 до 8 дБ (рис. 1,а). Снижение ослабления можно объяснить возможным неравномерным распределением покрытия по поверхности гибкого пористого основания. В то же время соотношение различных порошковых наполнителей позволяет снижать коэффициент отражения от поверхности материала до –13 дБ в исследуемом частотном диапазоне (рис. 1,б). Коэффициент отражения для каждого из образцов был получен также при наличии металлического отражателя за образцом (рис. 1,в). Как показывают результаты, при наличии металла за исследуемым поглотителем коэффициент отражения составляет порядка –3 ..–5 дБ. Наименьшим значением коэффициента отражения также характеризуется образец №3.

Проведенные исследования измеренных экранирующих характеристик позволяют сделать вывод о том, что покрытие гибких полимеров на примере пенополиуретана диэлектрическими порошками, обладающими сорбционными свойствами, способствует появлению поглощающих ЭМИ свойств даже при толщине поглощающего покрытия порядка 1 мм. Установлено незначительное снижение коэффициента отражения для образцов с покрытием из смеси порошков в равных пропорциях. Исследуемые образцы материалов показывают относительную стабильность характеристики во всем измеряемом частотном диапазоне.

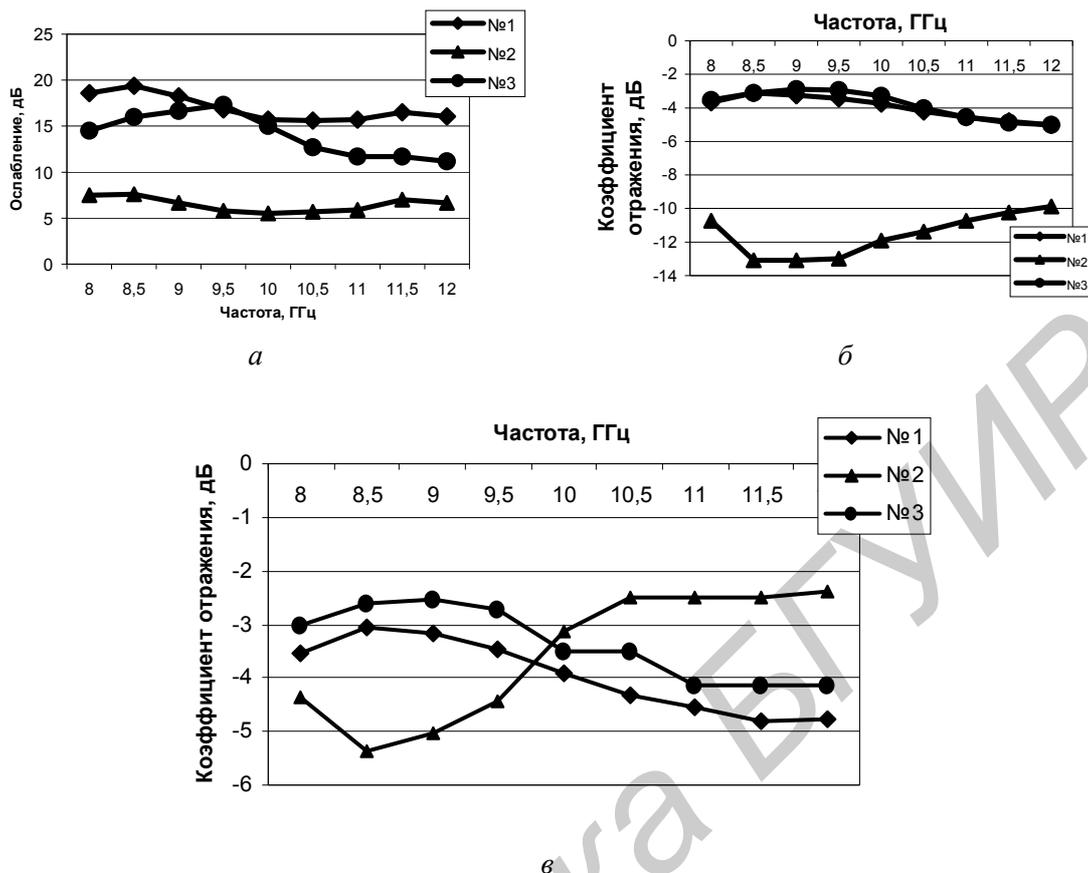


Рис. 1. Экранирующие характеристики образцов защитных экранов ЭМИ в диапазоне 8–11,5 ГГц: ослабление (а), коэффициент отражения (б) и коэффициент отражения при наличии металлического отражателя за образцом (в), на основе гибкого полимера и диэлектрических порошков: №1 – шунгита; №2 – шунгита и диоксида кремния в равных пропорциях; №3 – диоксида кремния.

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что создание гибких поглотителей ЭМИ возможно с использованием простой технологии нанесения поглощающего покрытия на эластичную полимерную матрицу. При этом ослабление ЭМИ до 20 дБ достигается даже при толщине поглощающего слоя покрытия порядка 1 мм. Возможно варьирование гибкостью конструкции в пользу увеличения эффективности экранирования, так как при увеличении толщины поглощающего слоя усиливается поглощающий ЭМИ эффект и повышается жесткость конструкции. Подобную проблему можно решить путем подбора дополнительных компонентов, не приводящих к значительному снижению гибкости конструкции, ее утяжелению. Например, дополнительное ослабление за счет поглощения электромагнитного излучения композиционным материалом может достигаться путем введения водосодержащих компонентов. Исследования диэлектрических свойств компонентов поглотителей электромагнитного излучения на основе порошкового шунгита и диоксида кремния позволяют моделировать экранирующие конструкции с требуемыми значениями параметров ослабления и отражения, а также выбирать оптимальный состав наполнителя экрана электромагнитного излучения исходя из требуемых условий эксплуатации такого экрана.

Таким образом, использование эластичного пенополиуретана возможно для построения гибких защитных экранов ЭМИ, обладающих небольшим весом и высокой эффективностью экранирования. Кроме того, данный композиционный материал может использоваться с целью комбинированной защиты как от ЭМИ, так и с целью повышения упругости отдельных элементов конструкций, звукоизоляции помещений.

FLEXIBLE ELECTROMAGNETIC RADIATION ABSORBERS ON THE BASE OF ELASTIC POLYMERS WITH THE ADDITION OF SORBENT POWDERS

H.A. PUKHIR, M.SH. MAHMOUD, L.M. LYNKOV

Abstract

The technique of creating flexible absorbers of electromagnetic radiation (EMR) to optimize the shielding structures and empower of their operation is shown. Shielding characteristics: attenuation and reflection of electromagnetic radiation patterns of flexible absorbers of electromagnetic radiation in the frequency range 8–12 GHz are investigated. Using of flexible polyurethane foam as a template for the application of absorbing powder components is proposed.

Литература

1. Пухир Г.А. // Современные средства связи. Материалы XV Международной научно-технической конференции. Минск. 2010. С. 109.
2. Колбун Н.В., Лыньков Л.М., Борботько Т.В. и др. // Вестник ПГУ, Сер. В. Прикладные науки. 2004. №12. С. 30–34.
3. Бозуш В.А., Зубаревич О.И., Колбун Н.В. и др. // Материалы 15-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2005). Севастополь. 2005. С. 637–639.
4. Колбун Н.В., Альлябад Х.М., Лыньков Л.М. // Докл. БГУИР. 2008. №1. С. 87–91.
5. Пухир Г.А., Махмуд М.Ш., Насонова Н.В. и др. // Докл. БГУИР. 2011. №6 (60). С. 94–97.
6. Украинец Е.А., Колбун Н.В. // Докл. БГУИР. 2003. №4. С. 115–118.