

УДК 666.1.056. 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭФИРНОЙ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ТКАНИ С ВЛОЖЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО МИКРОПРОВОДА, СОДЕРЖАЩЕЙ КЛАСТЕРЫ МЕДИ

О.В. БОЙПРАВ, А.А.А. АХМЕД, Л.М. ЛЫНЬКОВ

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

Поступила в редакцию 15 февраля 2015

Получены характеристики отражения и передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 8...12 ГГц полиэфирной экранирующей ткани с вложением наноструктурного ферромагнитного микропровода, содержащей кластеры меди, осажденной из водных растворов. Составлены рекомендации по практическому применению такой ткани.

Ключевые слова: коэффициенты отражения и передачи электромагнитного излучения, медь, химическое осаждение.

Введение

Снижение энергии электромагнитного излучения (ЭМИ), воздействующего на радиоэлектронную аппаратуру и биологические объекты, обеспечивается путем его экранирования. Для формирования электромагнитных экранов, характеризующихся низкой массой и свойством гибкости, перспективным представляется использование тканей и трикотажных полотен, содержащих компоненты, свойства которых (относительная диэлектрическая и магнитная проницаемости, электропроводность) обеспечивают снижение плотности потока энергии ЭМИ. Увеличение эффективности электромагнитного экранирования рассматриваемых материалов обеспечивается, как правило, путем увеличения содержания в них указанных компонентов. В частности, в работе [1] предложено для повышения эффективности электромагнитного экранирования полиэфирной экранирующей ткани с вложением наноструктурного ферромагнитного микропровода (ПЭТВНФМ) осажждать из водных растворов на поверхность ее волокон кластеры никеля. Это позволяет уменьшать значения ее коэффициента передачи ЭМИ в среднем на 2 дБ. Основным недостатком использования предложенного в [1] метода – протекание реакции восстановления никеля при высокой температуре водного раствора (85...90 °С).

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния химического осаждения меди из водного раствора на характеристики отражения и передачи ЭМИ ПЭТВНФМ. Преимущество реакции меднения по сравнению с реакцией никелирования состоит в том, что она может протекать в условиях комнатных температур [2].

Методика проведения эксперимента

В [1] показано, что основными компонентами исследуемой ткани являются оксиды кремния (SiO_2 , Si_5O_{10}), бруциты ($\text{D}_{1,988}\text{MgO}_2$, MgH_2O_2), а также ниобат железа (F_6FeNb), характеризующийся магнитными свойствами.

Химическое осаждение меди на поверхность волокон ПЭТВНФМ проводилось из водного раствора, который содержал калия натрия тартрат, сульфат меди (кристаллогидрат), едкий натр. В качестве восстановителя применялся формалин, концентрация которого составляет 40 %. Ткань помещалась в указанный раствор, выдерживалась в нем, после чего выполнялись ее промывка, сушка и стабилизация на ее поверхности кластеров осажденной меди [2].

На рис. 1 представлена рентгенограмма ПЭТВНФМ после проведения химического осаждения меди из водного раствора на поверхность ее волокон. Установлено, что в результате такого процесса на поверхности ткани образуются кластеры меди.

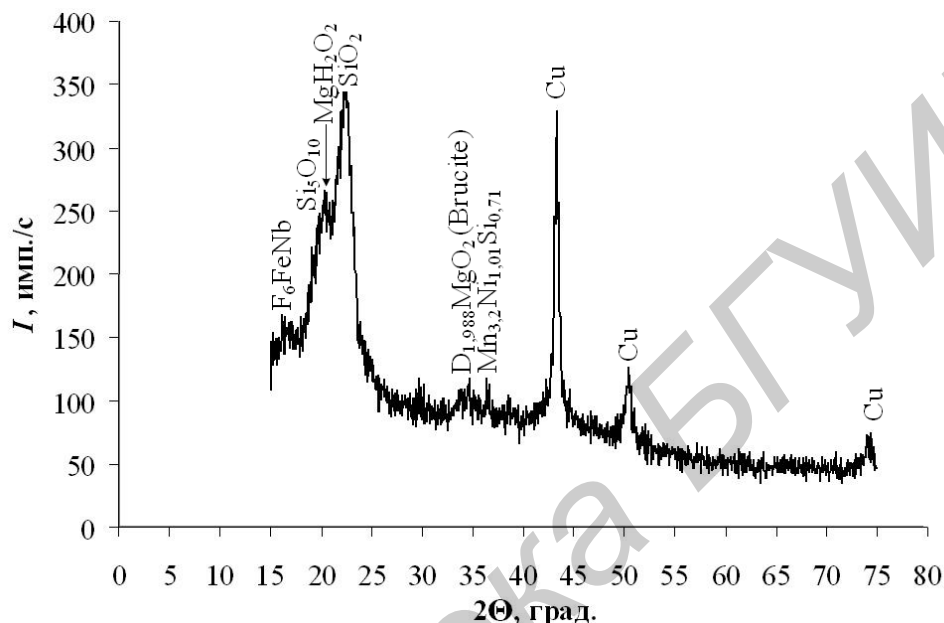
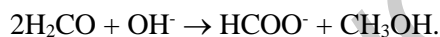


Рис. 1. Рентгенограмма ПЭТВНФМ, содержащей кластеры меди

Реакция восстановителя меди на поверхности ПЭТВНФМ может быть выражена следующими уравнениями:



В результате протекания таких реакций в используемом для осаждения меди водном растворе уменьшается содержание C^{2+} , формальдегида и OH^- , накапливаются Na_2SO_4 , CH_3OH и HCOONa (серноокислый натрий, метиловый спирт и формиат натрия – муравьино-кислый натрий) [2, 3].

Измерения значений коэффициентов отражения и передачи ЭМИ ПЭТВНФМ проводились в диапазоне частот 8...12 ГГц с использованием панорамного измерителя КСВН и отражения Я2Р-67, согласно методике [4].

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 и 3 представлены частотные зависимости коэффициентов отражения (S_{11}) и передачи (S_{21}) ЭМИ ПЭТВНФМ в диапазоне частот (f) 8...12 ГГц. Показано, что значения коэффициента отражения ЭМИ ПЭТВНФМ составляют -5...-6,5 дБ при значениях коэффициента передачи ЭМИ -5,5...-7 дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Химическое осаждение меди из водного раствора на поверхность волокон такой ткани приводит к уменьшению значений ее коэффициента отражения ЭМИ на 0,1...1,1 дБ в диапазоне 8...12 ГГц, уменьшению на 0,2...1,6 дБ значений ее коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 8...10 ГГц и увеличению указанного параметра на 0,1...0,8 дБ в диапазоне 10...12 ГГц.

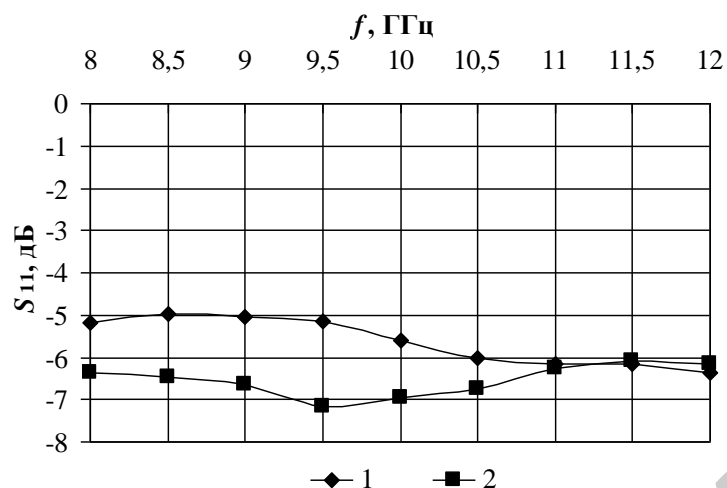


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ: 1 – ПЭТВНФМ; 2 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон меди

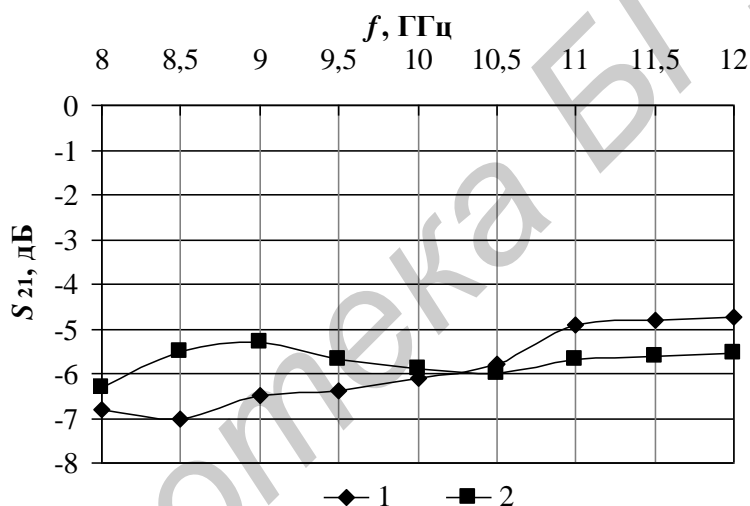


Рис. 3. Частотные зависимости ослабления ЭМИ: 1 – ПЭТВНФМ; 2 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее меди

На рис. 4 представлены частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ ПЭТВНФМ, закрепленной на металлической подложке. Показано, что значения коэффициентов отражения ЭМИ закрепленной на металлической подложке ПЭТВНФМ составляют $-0,4 \dots -1,2$ дБ в диапазоне частот $8 \dots 12$ ГГц. Значения коэффициентов отражения ЭМИ закрепленной на металлической подложке ткани после химического осаждения меди из водных растворов на поверхность ее волокон уменьшаются на $4 \dots 6$ дБ. Уменьшение значений указанного параметра может быть обусловлено, так же, как и в [1], эффектом интерференционного гашения находящихся в противофазе электромагнитных волн, отраженных от поверхностей ПЭТВНФМ и металлической подложки.

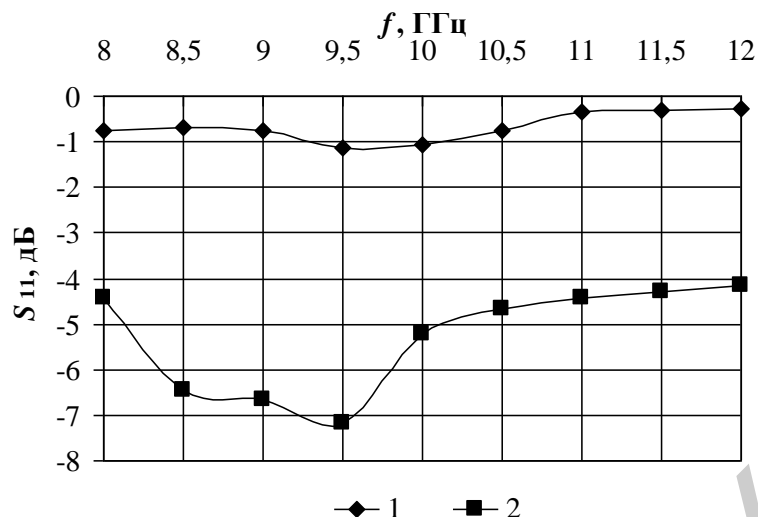


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ закрепленных на металлических подложках ПЭТВНФМ (1), ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее меди (2)

Заключение

Химическое осаждение меди из водного раствора на поверхность ПЭТВНФМ обуславливает уменьшение в среднем на 1 дБ значения ее коэффициента отражения ЭМИ и изменение в среднем на 0,6 дБ значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование исследованной ткани для формирования многослойных конструкций электромагнитных экранов, один из слоев которых будет содержать металлическую фольгу. Такие экраны будут характеризоваться значением коэффициента передачи ЭМИ до -40 дБ при значениях коэффициента отражения ЭМИ до -7 дБ.

ELECTROMAGNETIC RADIATION REFLECTION AND TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF SHIELDING POLYESTER FABRIC WITH NANOSTRUCTURED FERROMAGNETIC MICROWIRE, CONTAINING COPPER CLUSTERS

O.V. BOIPRAV, A.A.A. AHMED, L.M. LYNKOU

Abstract

It's obtained the change regularities of electromagnetic radiation reflection and transmission characteristics of shielding polyester fabric with nanostructured ferromagnetic microwire when copper deposited on its fibers surface from water solutions. Recommendations for the practical application of such fabric are proposed.

Список литературы

1. *Бойправ О.В., Ахмед А.А.А., Лыньков Л.М.* // Докл. БГУИР. 2014. № 7 (85). С. 44–47.
2. *Мелащенко Н.Ф.* Гальванические покрытия диэлектриков: справочник. Минск, 1987.
3. *Криштопова Е.А.* Углеродсодержащие порошкообразные материалы на основе шунгита и таурита для экранов электромагнитного излучения: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Минск, 2009.
4. *Бойправ О.В., Борботько Т.В., Пухир Г.А.* // Электроника инфо. 2013. № 6. С. 99–101.