

## МОДИФИКАЦИЯ ХЛОПКОПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ФЕРРОМАГНИТНЫМ МИКРОПРОВОДОМ

А.А.А. Ахмед<sup>1)</sup>, Я.Т.А. Аль-Адеми<sup>2)</sup>, О.В. Бойправ<sup>3)</sup>, Л.М. Лыньков<sup>4)</sup>, Е.А.А. Аль-Машатт<sup>5)</sup>

<sup>1-5)</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки 6, 220013 Минск, Беларусь,

<sup>1, 2, 5)</sup>kafzi@bsuir.by, <sup>3)</sup>boiprav@bsuir.by, <sup>4)</sup>leonid@bsuir.by

В целях модификации хлопкополиэфирной ткани с наноструктурированным ферромагнитным микропроводом (НФМП) предложено выполнять химическое осаждение на ее поверхность никель- и медьсодержащих кластеров. Выбор никеля обусловлен его коррозионной устойчивостью к различным средам. Кроме того, он характеризуется ферромагнитными свойствами, что придает дополнительный интерес к практическому использованию таких модифицированных полотен в целях электромагнитного экранирования. Выбор меди в качестве материала, осаждаемого на поверхность ткани с НФМ, обусловлен тем, что при такой обработке возможен синтез дополнительных проводящих наночастиц в составе такой ткани и, следовательно, возможно изменение ее характеристик отражения и передачи ЭМИ. При этом процесс осаждения несущественно зависит от условий окружающей среды и проводится при комнатной температуре. Установлено, что в результате формирования на поверхности ткани с НФМП никельсодержащих кластеров значение ее коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8-12 ГГц (при использовании металлической подложки) снижается с -1 до -3.5 дБ, а при формировании медьсодержащих кластеров – с -1 до -7 дБ. Значения коэффициента передачи ЭМИ в указанном диапазоне частот при этом изменяются на 10-15 %. Предложено применять полотна модифицированной ткани с НФМП для изготовления изделий, предназначенных для электромагнитного экранирования оконных проемов помещений. Такие изделия должны представлять собой двухслойные конструкции электромагнитных экранов, первый слой которых сформирован на основе ткани с НФМП, содержащей кластеры никеля или меди, а второй – на основе гибкого фольгированного материала.

### Введение

Использование трикотажных материалов для создания электромагнитных экранов представляет большой практический интерес ввиду того, что такие изделия характеризуются гибкостью, малыми толщиной и массой, что обуславливает их улучшенные эксплуатационные свойства по сравнению с экранами на основе композитов. Для регулирования свойств (состава, характеристик отражения и передачи ЭМИ) экранирующих трикотажных материалов рациональным представляется использование метода химического осаждения металлов на их поверхность. Цель настоящей работы – исследование влияния никелирования и меднения хлопкополиэфирной ткани с НФМП на ее состав и характеристики отражения и передачи ЭМИ.

### Основная часть

Химическое осаждение никеля на поверхность волокон ткани проводилось из растворов двух типов. Раствор первого типа включал в себя гипофосфит натрия и хлористый аммоний (восстановитель – сульфат никеля (кристаллогидрат)), раствор второго типа – гипофосфит натрия и лимонно-кислый натрий (восстановитель – хлорид никеля (кристаллогидрат)). Образцы ткани помещались в указанные растворы, выдерживались в них, после чего выполнялись ее промывка, сушка и стабилизация кластеров осажденного никеля на ее поверхности [1]. В результате такой химической обработки образовалось соединение  $Mg_2Ni$ , которое характеризуется ферромагнитными свойствами [2]. На основе результатов рентгеноспектрального анализа модифицированной ткани с НФМП определено, что указанное соединение расположено не на поверхности ее волокон.

Измерения значений коэффициентов отражения и передачи ЭМИ ткани проводились в диапазоне частот 8-12 ГГц с использованием панорам-

ного измерителя КСВН и отражения Я2Р-67. Установлено, что значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8-12 ГГц полиэфирной ткани с НФМП составляют (-5)-(-6) дБ ((-0.6)-(-1.2) дБ, если такая ткань закреплена на металлической подложке) при значениях коэффициента передачи ЭМИ 7.2-10 дБ.

Химическое осаждение никеля из раствора на основе сульфата никеля на поверхность волокон такой ткани привело к увеличению значений ее коэффициента отражения ЭМИ на 1.2-3 дБ, а осаждение из раствора на основе хлорида никеля – к увеличению значений указанного параметра на 1.2-3.5 дБ. Величины коэффициента передачи ЭМИ ткани при этом увеличились на 4 дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора на основе сульфата никеля) и уменьшились на 3 дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора на основе хлорида никеля).

Значения коэффициентов отражения ЭМИ закрепленных на металлической подложке образцов ткани после химического осаждения никеля из водных растворов на поверхность волокон последней уменьшились на 1-2 дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора на основе сульфата никеля) и на 1.5-3 дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора на основе хлорида никеля). Уменьшение значений указанного параметра может быть обусловлено эффектом интерференционного гашения находящихся в противофазе электромагнитных волн, отраженных от поверхностей ткани и металлической подложки.

Химическое осаждение меди на поверхность волокон ткани проводилось из водного раствора, который содержал калия натрия тартрат, сульфат меди (кристаллогидрат), едкий натр. В качестве восстановителя применялся формалин, концентрация которого составляла 40 %.

На рисунках 1 и 2 представлены изображения внешнего вида поверхности ткани.

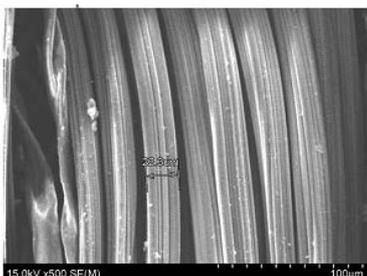


Рис. 1. Внешний вид хлопкополиэфирной ткани с НФМП

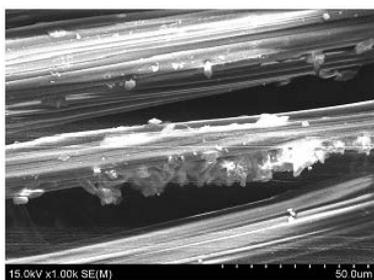


Рис. 2. Внешний вид хлопкополиэфирной ткани с НФМП после проведения химического осаждения на ее поверхность меди

Для определения внешнего вида поверхности ткани был использован растровый электронный микроскоп Hitachi S4800. Исходя из сравнительного анализа изображений, представленных на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод о том, что после процесса осаждения меди на поверхности от-

дельных волокон ткани с НФМП появляются осадки меди толщиной 5-10 мкм и длиной до 50 мкм. Такие результаты могут быть объяснены тем, что при реализации выбранного метода осаждения происходит неравномерная по площади активация поверхности ткани.

Химическое осаждение меди из водного раствора на поверхность волокон исследованной ткани привело к уменьшению на 0.1-1.1 дБ значений ее коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8-12 ГГц и уменьшению на 0.2-1.6 дБ значений ее коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 8-10 ГГц и увеличению на 0.1-0.8 дБ указанного параметра в диапазоне 10-12 ГГц. Значения коэффициента отражения ЭМИ закрепленной на металлической подложке ткани после химического осаждения меди из водных растворов на поверхность ее волокон уменьшились на 4-6 дБ.

### Заключение

Модифицированную хлопкополиэфирную ткань с НФМП наиболее рационально применять для создания изделий типа «штора», предназначенных для электромагнитного экранирования оконных проемов помещений. Такие изделия должны представлять собой совокупность исследованной ткани и гибкого фольгированного материала.

### Список литературы

1. Криштолова Е.А. Углеродсодержащие порошкообразные материалы на основе шунгита и таурита для экранов электромагнитного излучения: автореф. ... дис. канд. техн. наук.
2. Buschow K.H.J. // Solid State Communications. 1975. V. 17. Iss. 1. P. 891–893.

## MODIFICATION OF THE COTTON-POLYESTER FABRIC WITH NANOSTRUCTURED FERROMAGNETIC MICROWAVE

A.A.A. Ahmed<sup>1</sup>, Y.T.A. Al-Ademi<sup>2</sup>, O.V. Boiprav<sup>3</sup>, L.M. Lynkou<sup>4</sup>, E.A.A. Al-Mashatt<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,

6 P. Brouki str., 220013 Minsk, Belarus, <sup>1, 2, 5</sup>kafzi@bsuir.by, <sup>3</sup>boiprav@bsuir.by, <sup>4</sup>leonid@bsuir.by

In order to modify of the cotton-polyester fabric with a nanostructured ferromagnetic microwire (NFMW), it is proposed to perform chemical deposition of nickel and copper-containing clusters onto its surface. The choice of nickel is due to its corrosion resistance to various media. In addition, it is characterized by ferromagnetic properties, which gives additional interest to the practical use of such modified fabrics for the purpose of electromagnetic shielding. The choice of copper as a material deposited on the surface of a fabric with an NFMW is due to the fact that it is possible to synthesize additional conducting nanoparticles in the composition of such a fabric and, therefore, it is possible to change its reflection and transmission characteristics. In this case, the deposition process does not depend significantly on the environmental conditions and is carried out at room temperature. It is established that as a result of formation of nickel-containing clusters on the surface of a fabric with NFMW, the value of its EMR reflection coefficient in the frequency range 8-12 GHz (with the use of a metal substrate) decreases from -1 to -3.5 dB, and in the formation of copper – from -1 to -7 dB. The values of the transmission coefficient in this frequency range vary by 10-15 %. It is suggested to use modified fabrics with NFMW for manufacturing products intended for electromagnetic shielding of windows. Such products should be two-layered electromagnetic shields, the first layer of which is formed on the basis of a fabric with NFMW containing clusters of nickel or copper, and the second layer is based on a flexible foil material.