

УДК 666.1.056. 2

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕНИЯ И ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭФИРНОЙ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ТКАНИ С ВЛОЖЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО МИКРОПРОВОДА

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 1 августа 2014*

Получены закономерности изменения характеристик отражения и передачи электромагнитного излучения полиэфирной экранирующей ткани с вложением наноструктурного ферромагнитного микропровода при химическом осаждении на поверхность ее волокон никеля из водных растворов. Составлены рекомендации по практическому применению такой ткани.

*Ключевые слова:* коэффициенты отражения и передачи электромагнитного излучения, никель, полиэфирная экранирующая ткань с вложением наноструктурного ферромагнитного микропровода, химическое осаждение.

### Введение

Для защиты оборудования и биологических объектов от воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) могут использоваться конструкции электромагнитных экранов. Материалы для изготовления таких конструкций выбираются, исходя из требований, предъявляемых к их рабочему диапазону частот, характеристикам отражения и ослабления ЭМИ, а также механическим свойствам и массогабаритным параметрам. В частности, если необходимо, чтобы конструкция электромагнитного экрана характеризовалась свойством гибкости и толщиной в единицы миллиметров, то для ее формирования приемлемо использовать ткани и трикотажные полотна. Такие материалы должны содержать компоненты, свойства которых обеспечивают ослабление энергии взаимодействующих с ними электромагнитных волн за счет диэлектрических, магнитных и/или резистивных потерь. Одним из способов управляемого изменения значений коэффициентов отражения и ослабления ЭМИ конструкций электромагнитных экранов на основе таких материалов является включение в их волокна частиц металла.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния химического осаждения никеля из водных растворов различных типов на характеристики отражения и ослабления ЭМИ полиэфирной экранирующей ткани с вложением наноструктурного ферромагнитного микропровода (ПЭТВНФМ).

### Методика проведения эксперимента

На рис. 1 представлена рентгенограмма ПЭТВНФМ, полученная с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 по методике, представленной в [1].

Установлено, что основными компонентами ПЭТВНФМ являются оксиды кремния ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_5\text{O}_{10}$ ), бруциты ( $\text{D}_{1,988}\text{MgO}_2$ ,  $\text{MgH}_2\text{O}_2$ ), а также ниобат железа ( $\text{F}_6\text{FeNb}$ ), характеризующийся магнитными свойствами [2].

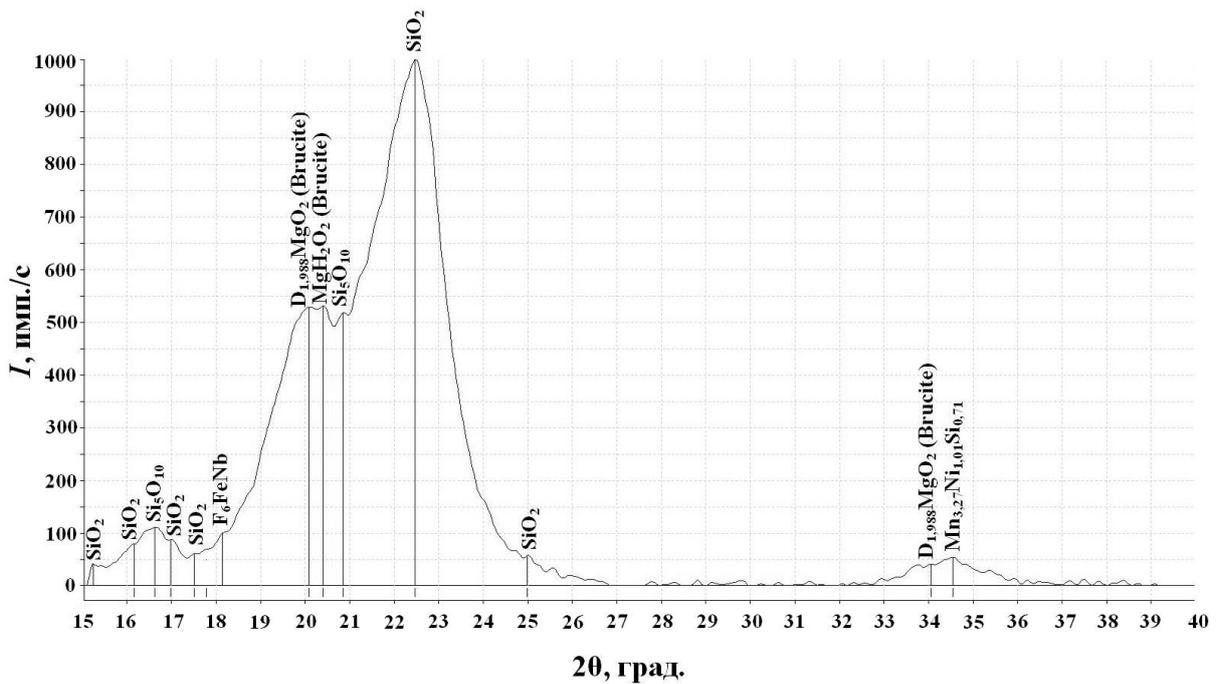


Рис. 1. Рентгенограмма ткани с ферромагнитным микропроводом

Химическое осаждение никеля на поверхность волокон ПЭТВНФМ 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 лимоннокислый натрий (восстановитель – хлорид никеля (кристаллогидрат)). Образцы ткани помещались в указанные растворы, выдерживались в них, после чего выполнялись ее промывка, сушка и стабилизация на ее поверхности кластеров осажденного никеля [3].

На рис. 2 представлена рентгенограмма исследуемых образцов после проведения химического осаждения никеля из водных растворов на поверхность ее волокон. Установлено, что в результате данного процесса на поверхности волокон образуется  $Mg_2Ni$ . Данное вещество представляет собой проводящий парамагнетик (т.е. характеризуется парамагнитной намагниченностью Паули) [4].

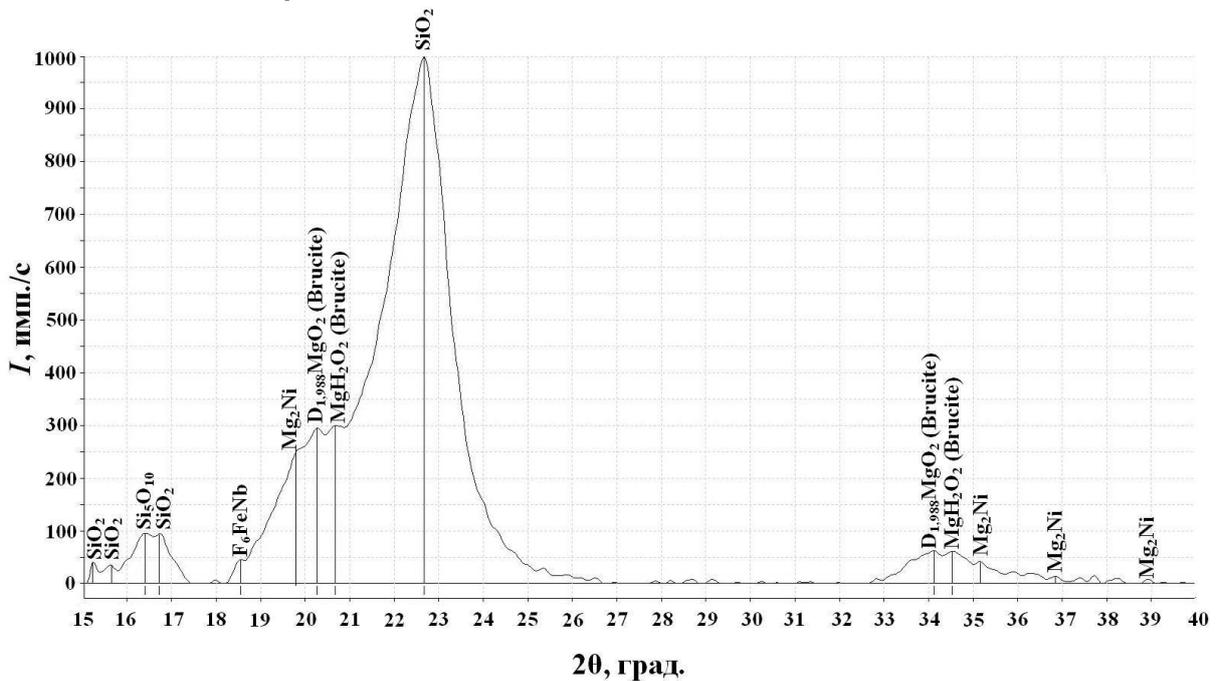


Рис. 2. Рентгенограмма ткани с ферромагнитным микропроводом, содержащей кластеры никеля

Измерения характеристик отражения и ослабления ЭМИ ПЭТВНФМ проводились в диапазоне частот 8...12 ГГц с использованием панорамного измерителя КСВН и отражения Я2Р-67, согласно методике, представленной в [5].

### Результаты и их обсуждение

На рис. 3 и 4 представлены частотные зависимости коэффициентов отражения ( $S_{11}$ ) и ослабления ( $|S_{21}|$ ) ЭМИ ПЭТВНФМ в диапазоне частот ( $f$ ) 8...12 ГГц.

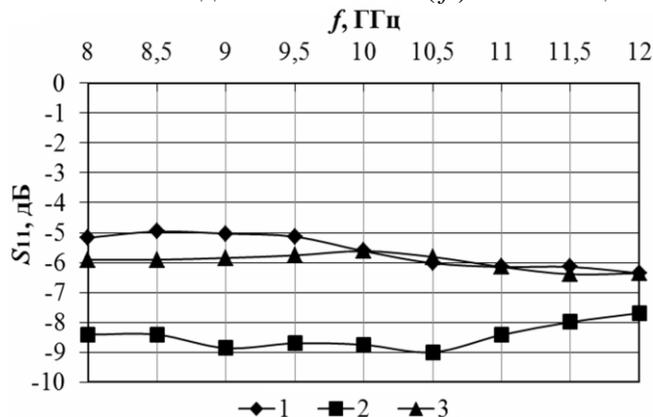


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ: 1 – ПЭТВНФМ; 2 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора первого типа; 3 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора второго типа

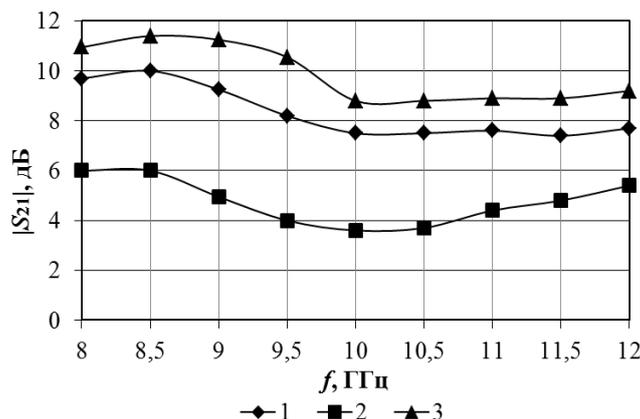


Рис. 4. Частотные зависимости ослабления ЭМИ: 1 – ПЭТВНФМ; 2 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора первого типа; 3 – ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора второго типа

Показано, что значения коэффициентов отражения ЭМИ ПЭТВНФМ составляют  $-5...-6$  дБ при значениях ослабления ЭМИ  $7,2...10$  дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Химическое осаждение никеля из раствора первого типа на поверхность волокон такой ткани приводит к увеличению значений ее коэффициентов отражения ЭМИ на  $1,2...3$  дБ, а осаждение из раствора второго типа – к увеличению значений указанного параметра на  $1,2...3,5$  дБ. Величины ослабления ЭМИ ПЭТВНФМ при этом уменьшаются с  $7,8...10$  дБ до  $3,8...6$  дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора первого типа) и возрастают до  $9,2...11,5$  дБ (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора второго типа).

На рис. 5 представлены частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ ПЭТВНФМ, закрепленной на металлической подложке.

Показано, что значения коэффициентов отражения ЭМИ закрепленной на металлической подложке ПЭТВНФМ составляют  $-0,6...-1,2$  дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Значения коэффициентов отражения ЭМИ закрепленных на металлической подложке образцов ткани после химического осаждения никеля из водных растворов на поверхность волокон последней уменьшаются на  $1...2$  дБ (при использовании для химического осаждения никеля

водного раствора первого типа) и на 1,5...3 (при использовании для химического осаждения никеля водного раствора второго типа). Уменьшение значений указанного параметра может быть обусловлено эффектом интерференционного гашения находящихся в противофазе электромагнитных волн, отраженных от поверхностей ПЭТВНФМ и металлической подложки.

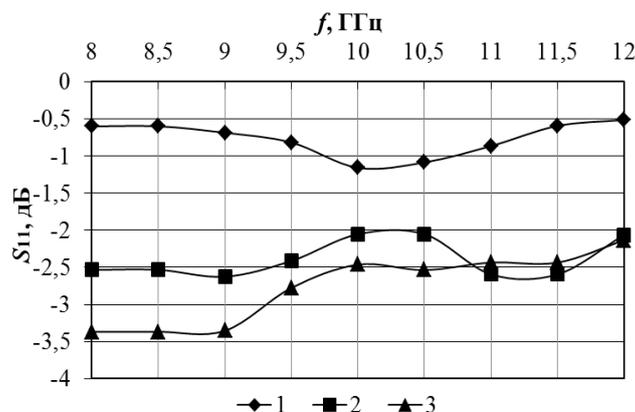


Рис. 5. Частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ закрепленных на металлических подложках ПЭТВНФМ (1), ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора первого типа (2), ПЭТВНФМ после осаждения на поверхность ее волокон никеля из раствора второго типа (3)

### Заключение

Химическое осаждение никеля из водных растворов на поверхность волокон трикотажных материалов может привести как к увеличению, так и к снижению значений ее коэффициентов отражения и ослабления ЭМИ (в зависимости от типа использованного раствора). В среднем, указанные параметры изменяются на 2 дБ.

Исследованная ткань может использоваться для формирования гибких конструкций (как одно-, так и многослойных) экранов, обеспечивающих ослабление энергии побочных ЭМИ радиоэлектронного оборудования. С использованием таких конструкций допустимо изготавливать устройства типа «штора» для экранирования окон помещений, внутри которых располагается радиоэлектронное оборудование, или спецодежду для персонала, обслуживающего это оборудование. С целью увеличения значений ослабления ЭМИ такими конструкциями в них дополнительно можно включать металлическую фольгу.

## INFLUENCE OF CHEMICAL NICKEL DEPOSITION FROM WATER SOLUTIONS ON THE ELECTROMAGNETIC RADIATION REFLECTION AND ATTENUATION CHARACTERISTICS OF SHIELDING POLYESTER FABRIC WITH NANOSTRUCTURED FERROMAGNETIC MICROWIRE

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 nickel deposited on its fibers surface from water solutions. Recommendations for the practical application of such fabric are proposed.

### Список литературы

1. Нахмансон М.С., Фекличев В.Г. Диагностика состава материалов рентгендифракционными и спектральными методами. Л., 1990.
2. Delobbe V., Chassaing J., Bizot D. et. al. // J. of magnetism and magnetic materials. 1988. № 74. P. 165–176.
3. Мелашенко Н.Ф. Гальванические покрытия диэлектриков: справочник. Минск, 1987.
4. Buschow K.H.J. // Solid State Communications. 1975. Vol. 17, Iss. 1. P. 891–893.
5. Бойправ О.В., Борботько Т.В., Пухир Г.А. // Электроника инфо. 2013. № 6. С. 99–101.