

## ОСЛАБЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

УДК 621.315.5

Л.М. Лыньков, В.А. Богуш, И.С. Терех,  
Т.В. Борботько, А.В. Хижняк, А.В. Рубаник

*В статье исследованы величины ослабления импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) многослойных экранирующих конструкций на основе волокнистых металлосодержащих композитов. Показано, что наиболее эффективными оказываются многослойные конструкции на основе никелированных волокон, позволяющие обеспечить ослабление ЭМИ, равное 57,5 дБ.*

На радиоэлектронную аппаратуру могут воздействовать непосредственно электромагнитное поле и импульсные электрические напряжения и токи, наводимые полем ЭМИ. При достаточной величине наводимых токов радиоэлектронная аппаратура перестает функционировать, в результате чего могут быть парализованы производственное электронное оборудование различного назначения, финансовые центры, базы данных, военные сооружения и т.д. [1].

Одним из методов снижения влияния электромагнитных полей на аппаратуру является использование экранов ЭМИ. При этом большинство из них имеют недостатки, связанные с ограниченным рабочим частотным диапазоном. Для повышения эффективности и расширения рабочего диапазона в конструкциях экранов применяются различные композиционные материалы, аналогичные по электромагнитным свойствам металлам, с одной стороны, и механическим характеристикам синтетических волокон, с другой. Одним из перспективных способов создания эффективных радиопоглощающих материалов является использование ультрадисперсных материалов (УДМ) и создание нанокристаллических структур в полимерной матрице, свойства которых зависят еще и от размера морфологических элементов – малых частиц или кристаллитов. Наиболее простыми и технологичными методами синтеза дисперсных частиц являются химические методы, позволяющие путем последовательных реакций получить материалы, проводимость, диэлектрическая и магнитная проницаемость которых зависят от технологии синтеза.

В настоящее время известно и широко используется несколько технологий химической металлизации диэлектриков, основанных на осаждении металла из водных растворов солей. При химическом осаждении металлов поверхность диэлектрической подложки должна быть подготовлена и каталитически активна, чтобы обеспечить протекание реакций разложения восстановителя и восстановления металла из комплекса. В качестве основы предложено использовать полиакрилонитрильные (ПАН) и целлюлозные волокна, отличающиеся доступностью, невысокой стоимостью и способностью подвергаться модифицированию.

Исследовались величины ослабления импульсного ЭМИ с длительностью импульсов 400 нс, периодом повторения 50 Гц, несущей частотой 37 ГГц и импульсной мощностью 20 кВт, образцов, представляющих собой металлосодержащее машинно-вязаное полотно, изготовленное с применением комбинированных переплетений "двойная гладь" из волокнистых материалов [2, 3].

Исследуемые образцы были получены методами химической сорбции кобальта (Co) или никеля (Ni №1), (Ni №2) с последующим восстановлением дитионитом натрия и магнетронного распыления (Ni) [4]. Концентрация металла в материалах составляет  $17 \text{ г/см}^2$  (Ni №1),  $5 \text{ г/см}^2$  (Ni №2) и  $5 \text{ г/см}^2$  (Co). Образец (Ni) был получен напылением в вакууме с толщиной пленки никеля 0,1 мм (рис. 1, 2). Результаты исследования представлены в табл. 1.

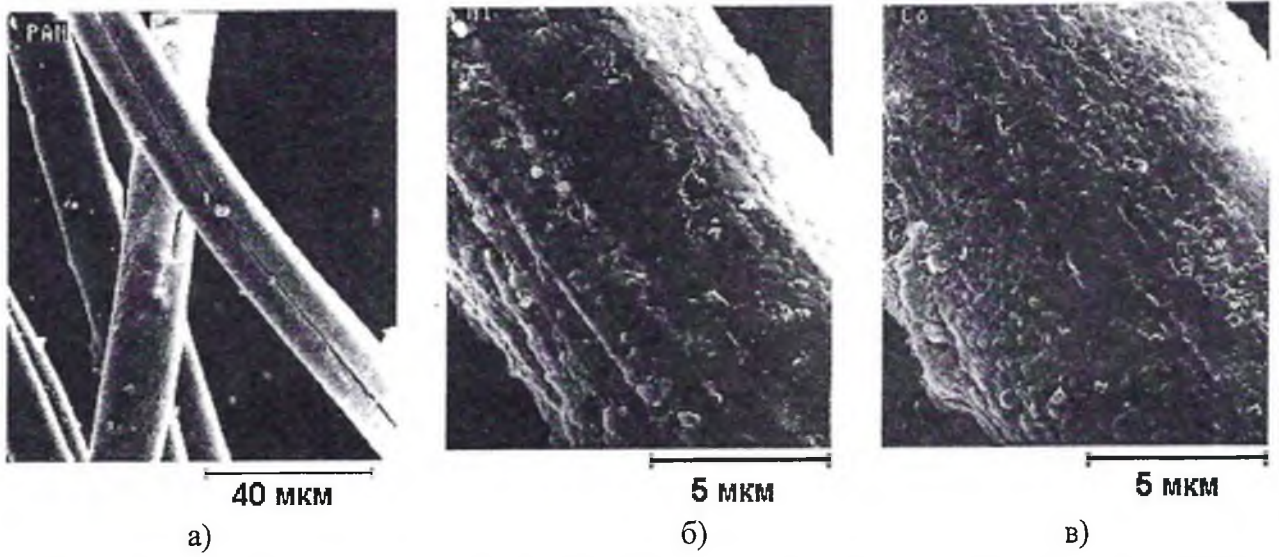


Рис. 1. Электронные микрофотографии исходных ПАН волокон (а) и волокон с наноразмерными кластерами из никеля (б) и кобальта (в), полученные методом сорбции ионов металлов с последующим восстановлением

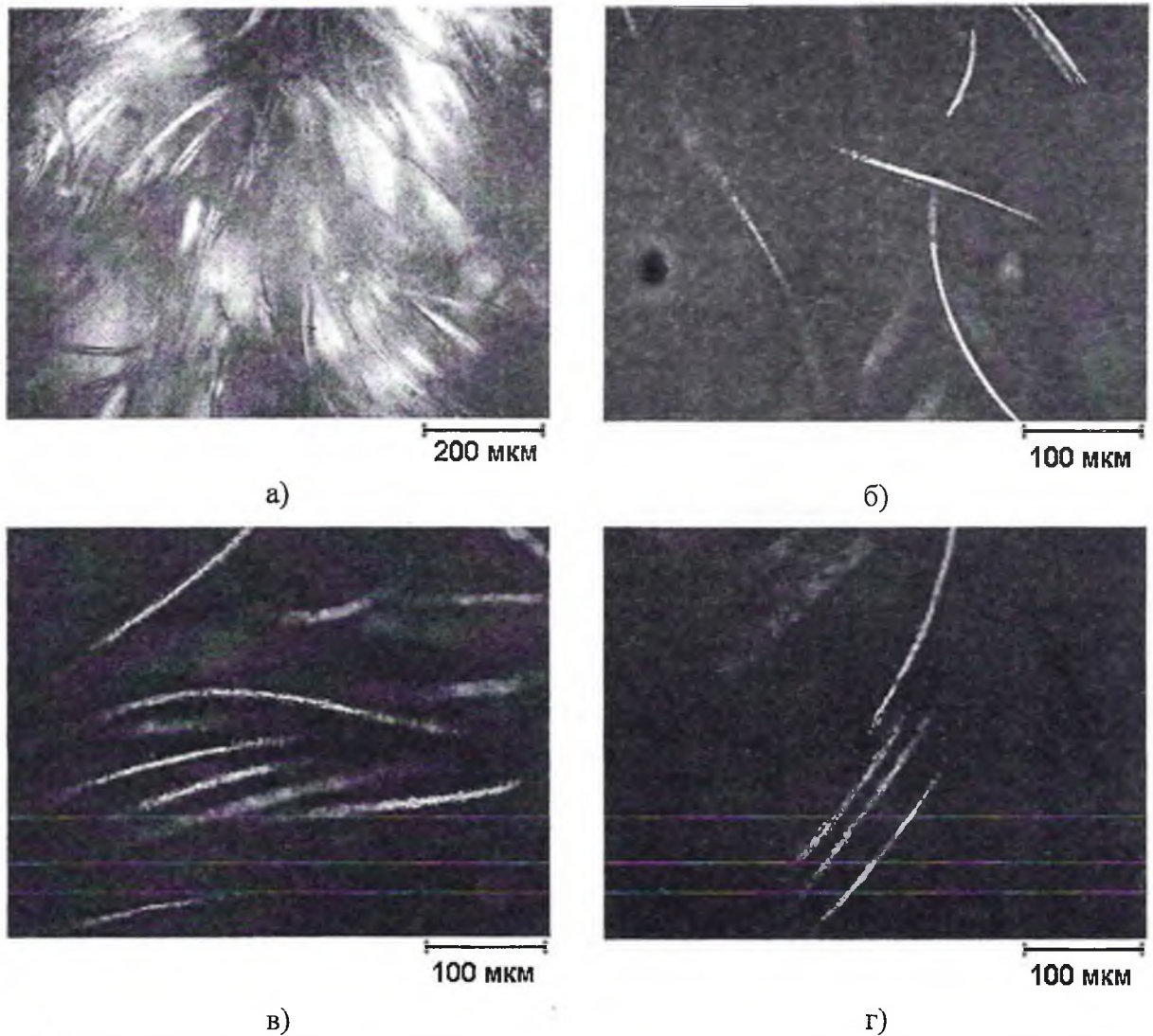


Рис. 2. Внешний вид исходных ПАН волокон (а), волокон с наноразмерными кластерами из никеля, полученного методом вакуумного напыления (б), кластерами никеля (в) и кобальта (г), полученными методом сорбции ионов металлов с последующим восстановлением

Ослабление ЭМИ полиакрилонитрильных материалов

Материал	Ослабление ЭМИ однослойного материала, дБ	Ослабление ЭМИ двухслойного материала, дБ
(Co)	1	1,5
(Ni №1)	19	57,5
(Ni)	4,5	10,5
(Ni №2)	6,5	11,5

Повышенное ослабление импульсного ЭМИ никельсодержащими образцами обусловливается увеличением удельной электропроводности композита при повышении концентрации металла в исходном диэлектрическом материале, что приводит к уменьшению волнового сопротивления образца и, следовательно, увеличению коэффициента отражения ЭМИ. Разница между кобальт- и никельсодержащими образцами объясняется различиями в структуре материалов, связанными с формированием металлоорганических кластеров и наличием металлической фазы в никельсодержащих материалах, что в конечном итоге приводит к изменению электрических характеристик полотен [4].

Ранее было установлено [5], что при воздействии низкоуровневого непрерывного излучения, значение ослабления для однослойного материала составляла (Co) – 5 дБ, для (Ni №1) – 33 дБ. Сравнивая эти результаты с полученными значениями для (Co) – 1 дБ и (Ni №1) – 19 дБ можно говорить о нелинейности характеристик поглощения ЭМИ исследуемых материалов по отношению к мощности излучения.

Изучение многослойных конструкций волокнистых металлосодержащих композитов показало, что увеличения ослабления можно добиться, используя многослойные структуры или увеличивая количество осаждаемого материала. Наиболее эффективными оказываются многослойные конструкции на основе никелированных волокон, позволяющие обеспечить ослабление ЭМИ, равное 57,5 дБ.

#### Литература

1. Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Терех И.С. Электромагнитное оружие массового поражения и защита информации // Известия Белорусской инженерной академии. – 2003. – № 1 (15)/2. – С. 218–221.
2. Лыньков Л.М., Глыбин В.П., Богущ В.А. Особенности структуры и электрофизических свойств частиц никеля и сульфидов меди, закрепленных в волокнистых комплексах // Доклады НАН РБ. – 1999. – Т. 43. – № 6. – С. 106–107.
3. Структура кобальтсодержащих материалов, полученных на основе модифицированного полиакрилонитрила / Л.М. Лыньков, В.П. Глыбин, В.А. Богущ, Т.В. Борботько // Доклады НАН РБ. – 2002. – Т. 46. – № 3. – С. 120–122.
4. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения // Под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: БГУИР, 2000. – 284 с.
5. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения / В.А. Богущ, Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько, Е.А. Украинец, Н.В. Колбун // Доклады БГУИР. – 2004. – Т.2. – № 3. – С. 73 - 84.