

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Тарасовой Оксаны Сергеевны «**Высокочастотные магнитные и электрические свойства пленок и функциональных структур на основе нанокompозита  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$** », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Защита информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) осуществляется методами энергетического скрывтия. Энергетическое скрывтие заключается в уменьшении отношения энергии (мощности) сигнала, т.е. носителя информации, и помехи (шума). Одним из методов энергетического скрывтия является применение средств пассивной защиты (ПЗ). Принцип работы таких средств основан на поглощении, отражении или рассеивании излучений от основных технических средств и систем объектов информатизации (ОТСС ОИ). Применение средств ПЗ обеспечивает ослабление информативного сигнала. В качестве средств ПЗ используются экранирующие и радиопоглощающие материалы (РПМ). К перспективным РПМ для создания средств ПЗ относят магнитные композитные структуры с наноразмерными наполнителями. Необходимостью создания новых типов радиопоглощающих материалов для решения задач ПЗ **определяется актуальность** диссертационного исследования Тарасовой О.С.

Целью работы являлось – изучение закономерностей взаимодействия СВЧ электромагнитного излучения с пленочными структурами  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  и  $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x} + \text{O}_2]\}_n$  в зависимости от: 1) соотношения диэлектрической и металлической фаз; 2) параметров формирования 2D неоднородностей в процессе синтеза; 3) структурных и пространственных особенностей фрагментации пленочного покрытия на подложке.

На основе экспериментальных исследований Тарасовой О.С. получен **ряд новых оригинальных результатов**. Наиболее важные из которых являются следующие:

1. Пленки многослойной структуры  $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/$

$[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]\}_n$ , полученные при циклическом добавлении кислорода, имеют большую величину волнового сопротивления –  $Z$  и большую толщину скин-слоя, чем наноккомпозит  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ . Для концентраций  $x$  от 22 ат.% до 70 ат.% значения  $Z$  гетерогенных структур ниже, чем волновое сопротивление воздушного пространства.

2. Пленки наноккомпозита  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$  и многослойных структур  $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]\}_n$ , синтезированные на стеклоткани имеют большую частоту естественного ферромагнитного резонанса и полуширину частотной зависимости мнимой части комплексной магнитной проницаемости по сравнению с образцами на гладкой поверхности. Это обстоятельство объясняется влиянием магнитной анизотропии формы фрагментов пленки на поверхности стеклонитей.

3. Поглощающие свойства образцов пленок  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$  и многослойных структур  $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]\}_n$  на стеклотекстолите хорошо описываются в диапазоне частот 1 – 10 ГГ в рамках собственного резистивного поглощения. При интерпретации зависимостей поглощения для квазифрактальных структур на лавсановой поверхности с функциональным покрытием на основе композитов  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  обнаружено значимое влияние интерференционного взаимодействия волн, отраженных от поверхности образца и металлического экрана.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что на основе сформулированных выводов могут быть разработаны рекомендации для синтеза широкополосных поглотителей электромагнитных волн СВЧ-диапазона на основе пленок гетерогенных систем с различными уровнями пространственной неоднородности.

В диссертационной работе автором изучено влияние магнитной структуры, удельного электрического сопротивления пленки и конфигурации поверхности подложек на частотные зависимости коэффициента поглощения образцов.

**Достоверность и обоснованность** основных положений и выводов диссертации обеспечивается использованием широкого арсенала методов исследования, поверенного аналитического оборудования и средств измерений.

Представленные в работе результаты исследования хорошо согласуются между собой и описываются адекватными моделями. В ряде случаев имеет место совпадением полученных в работе результатов с данными, представленными в работах других авторов.

Результаты диссертационного исследования прошли **апробацию** в процессе обсуждений и докладов на всероссийских и международных конференциях и школах. Научные положения и выводы, выносимые на защиту, хорошо отражены в публикациях автора.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В качестве **замечаний** можно отметить следующие:

1. На рис. 2.16 приведена РЭМ микрофотография сечения стеклоткани с пленкой нанокompозита  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$  которая показывает наличие металлических перемычек между функциональной пленкой на соседних стеклонитях, в диссертации основным модельным представлением выступает представление о фрагментированном характере пленки на поверхности стеклонитей и не учитывается вероятность их физического соприкосновения.

2. Для выявления наличия перпендикулярной магнитной анизотропий пленок композита желательно привести кривые намагничивания перпендикулярно поверхности подложек, что в диссертации не представлено.

3. Частотный диапазон естественного ферромагнитного резонанса не охарактеризован в сравнительных величинах, например, в полуширине резонансного максимума, что затрудняет процесс сопоставления приведенных кривых.

4. В работе присутствуют недостатки, связанные с оформлением диссертации.

Несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и является научной работой, которая имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты.

На основании изложенного считаю, что диссертация Тарасовой Оксаны Сергеевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная задача физики конденсированного состояния. По своей

актуальности, новизне, достоверности результатов и обоснованности выводов диссертация Тарасовой О.С. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе критериям II раздела Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук  
(специальность 01.04.03 - Радиофизика),  
доцент,  
старший научный сотрудник,  
ФГКВБОУ ВО «Краснодарское высшее военное орденов Жукова и  
Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии  
С.М.Штеменко» Министерства обороны Российской Федерации,  
научно-исследовательский центр,  
2 управление научно-исследовательское,  
22 отдел научно-исследовательский,  
221 лаборатория научно-исследовательская

С.А. Вызулин

08.06.2022 г.

ФГКВБОУ ВО «Краснодарское высшее военное орденов Жукова и  
Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии  
С.М.Штеменко» Министерства обороны Российской Федерации  
Почтовый адрес: 350063, ул. Красина, дом 4, г. Краснодар, Россия  
Тел.: 8 (861) 268-35-09  
Электронный адрес: vyzulin@mail.ru



ВЕРНО

ПОМОЩНИК НАЧАЛЬНИКА УЧИЛИЩА  
ПО СЛУЖБЕ ВОЙСК И БЕЗОПАСНОСТИ  
ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ-НСО

М. ПРОКОФЬЕВ

9.06.22