

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.

Композитные материалы, содержащие ферромагнитные или суперпарамагнитные частицы в твердой или жидкой матрице (ферромагнитные композиты, феррогели, ферроэласты, феррожидкости и др.), обладают спектром перспективных для применений магнитных, электрических, оптических и механических свойств. Высокочастотные магнитные свойства композитов являются фундаментальной основой создания радиопоглощающих покрытий, мета материалов, устройств СВЧ техники и др. Высокая резистивность магнитных однослойных и многослойных нанокompозитов “ферромагнитный металл-диэлектрик” позволяет полностью пренебречь потерями на вихревые токи вплоть до частот 10-20 ГГц и выше, даже для образцов толщиной в несколько микрометров. Кроме того, высокая намагниченность ферромагнитных металлов при их достаточно высокой объемной концентрации в нанокompозите, а также возможность управления магнитной анизотропией, а значит и частотой ферромагнитного резонанса (ФМР), делает эти материалы одними из самых перспективных для многочисленных высокочастотных применений. Таким образом, тема диссертации Тарасовой О.С., посвященной установлению закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с перспективными функциональными структурами на основе нанокompозита $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ является актуальной.

Для решения сформулированных в диссертационной работе задач используется комплекс экспериментальных методов: получение образцов на уникальной установке ионно-лучевого распыления, которая дает возможность

наносить пленку на различные поверхности (лавсан, стеклоткань, керамику и др.) и в одном технологическом цикле покрывать площадь 250×1200 см². Это делает возможным получать образцы для рупорного метода измерения коэффициентов отражения и поглощения. Исследованы магнитодинамические параметры (действительная и мнимая части комплексной магнитной проницаемости в диапазоне частот 20 МГц-10 ГГц резонансным методом, а коэффициенты отражения и поглощения рупорным методом в частотном диапазоне 1-10 ГГц).

В диссертации Тарасовой О.С. были сформированы модельные представления о процессах взаимодействия магнитной и электрической компонент электромагнитной волны с наногетероструктурами. Определены параметры слоев и прослоек для улучшения высокочастотных свойств за счет подавления перпендикулярной анизотропии. Так же было показано, что основной вклад во взаимодействии СВЧ излучения (1-10 ГГц) с пленкой функционального покрытия на основе нанокомпозитов $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ определяется электрической составляющей электромагнитной волны. Показано, что максимальное поглощение в квазифрактальных структурах функционального покрытия наблюдается при толщине пленки нанокомпозитов $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ 1.4 мкм, удельном электрическом сопротивлении 4.75 Ом·м, и при этом ограничено значением 0.5 из-за большого коэффициента отражения от поверхности образца.

Достоверность приведенных в диссертации результатов исследований обеспечивается использованием современного апробированного оборудования и методик для получения экспериментальных результатов, а также программ их обработки. Выводы, сделанные в диссертации, однозначно следуют из полученных результатов и не противоречат современным научным представлениям.

Представленные в диссертации результаты имеют не только научную, но и **практическую значимость**. Они могут найти применение в электронных

системах, где необходимо обеспечить радиозащитирование с помощью неотражающих (радиопоглощающих) экранов: в компьютерных системах, в системах мобильной связи и т.п.

Научная и практическая значимость полученных в диссертационной работе Тарасовой О.С. обусловлена тем, что впервые выявлен преобладающий вклад электрической составляющей электромагнитной волны во взаимодействие электромагнитного излучения с функциональным покрытием образцов на основе нанокompозитов $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ в диапазоне частот 1-10 ГГц, связанный с большим значением мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости пленок по сравнению с мнимой частью комплексной магнитной проницаемостью. Так же установлено, что фрагментация пленки композита приводит к увеличению частоты естественного ферромагнитного резонанса и полуширины на кривой частотной зависимости мнимой части комплексной магнитной проницаемости за счет формирования магнитной анизотропии формы, которая задается структурой стеклотканного полотна.

Текст автореферата в полной мере отражает содержание диссертации. Выносимые на защиту положения соответствуют основным результатам и выводам работы. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в том числе входящих в список изданий, рекомендованных ВАК. Содержание диссертации, приведенных результатов, сделанных выводов и выдвигаемых на защиту положений соответствует указанной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния. Тем не менее, к соискателю имеются некоторые **вопросы и замечания**:

1. Осаждение композита на лавсановую подложку проводилось без компенсатора, а гетерогенные пленки на ситалловых подложках формировались при работе компенсатора заряда ионов, сопоставимость данных объектов в работе не обсуждается.

2. Напыление многослойной структуры композит –окисленный композит на ситалловых образцах проведена на неподвижную подложку относительно источника распыления, а стеклоткань перемещалась со скоростью 1 оборот карусели за 10 часов в этом случае возникают краевые эффекты при уходе подложки из зоны осаждения. Влияние данных нюансов на свойства композита не обсуждаются.

3. Наличие физических соединений между крестообразными элементами (Рис. 2.17) топологии частотно-избирательной решетки не позволяет говорить о фиксированной длине набора полуволновых резонаторов, что усложняет интерпретацию представленных измерений.

Однако, перечисленные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации и часть из них носит характер пожеланий для будущей работы.

Заключение по диссертационной работе:

Диссертация Тарасовой Оксаны Сергеевны «Высокочастотные магнитные и электрические свойства пленок и функциональных структур на основе нанокompозита $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ » выполнена на высоком научном уровне и своей актуальностью, степенью обоснованности положений, результатов и выводов соответствует паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния в части пункта 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств металлов и их сплавов, неорганических соединений», в части пункта 2 «Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических систем, включая дисперсные системы», пункту 6 «Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами». Диссертационная работа соответствует всем критериям, установленным положением «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства

Российской Федерации №842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Подтверждается согласие на обработку персональных данных

23.05.2022

официальный

оппонент



Юрасов Алексей Николаевич

доктор физико-математических наук

(специальность 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные

компоненты, микро- и нанoeлектроника,

приборы на квантовых эффектах-

по физико-математическим наукам)

доцент

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»,

Институт перспективных технологий и индустриального программирования,

кафедра нанoeлектроники,

профессор

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»

Почтовый адрес: 119454, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Тел.: +79169141393

Электронный адрес: yurasov@mirea.ru

