

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента академии инженерных наук РФ, заведующего кафедрой технологии материалов электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Костишина Владимира Григорьевича на диссертационную работу **Каранского Виталия Владиславовича «Модификация изделий из Mn-Zn ферритов в слабоокислительной среде с помощью плазменного источника низкоэнергетических электронов»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника

Актуальность темы

Mn-Zn ферриты – керамические материалы, широко применяемые в технике, включая электронику и микроэлектронику.

В диссертационной работе Каранского Виталия Владиславовича проведены экспериментальные исследования по модификации изделий из Mn-Zn ферритов электронным пучком и изучению их свойств. Широкое применение токов высокой частоты в электронных приборах создает фон электромагнитного излучения, усиление которого в результате многократного переотражения от стен в помещениях оказывает отрицательное влияние на персонал и может привести к сбоям в работе оборудования. Поэтому создание покрытий из материалов, эффективно поглощающих электромагнитное излучение, является актуальным. Одним из методов создания покрытий является их модификация пучком низкоэнергетических электронов.

Основной целью диссертационной работы являлась разработка методики модификации изделий из Mn-Zn-ферритов с помощью плазменного источника электронов для создания высокопоглощающих ВЧ- и СВЧ-энергию элементов.

Для достижения данной цели диссертантом было успешно выполнено целый ряд задач.

Основное содержание и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников из 134 наименований, включая список публикаций по теме диссертации, приложения. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунка, 31 таблицу.

Во введении обосновывается актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, научные положения, выносимые на защиту, достоверность научных результатов и практическая значимость работы. Представлена информация об апробации работы, публикациях по теме диссертации, личном вкладе диссертанта, а также структуре и объеме диссертации.

В первой главе описаны методы модификации ферритов и изделий на их основе путем использования концентрированных энергетических пучков. Рассмотрены структуры и свойства ферритовых изделий.

Во второй главе рассмотрены применяемые экспериментальные методики и используемое экспериментальное и диагностическое оборудование для проведения исследований. В качестве объекта исследования были выбраны поликристаллические Mn-Zn-ферриты марки 2000НМ, имеющие химический состав $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$. Образцы изготовлены в виде ферритовых чашечек Р. Такие ферритовые изделия используются в качестве высокочастотных термостабильных индуктивностей для резонансных цепей, широкополосных сигнальных трансформаторов с высоким значением одновитковой индуктивности.

Представлены результаты исследования микроструктуры и качества поверхности используемых ферритовых чашечек.

Представлены схема, описание и принцип работы экспериментальной установки, используемой для обработки поверхности ферритов.

В третьей главе диссертации рассмотрены и проанализированы физико-химические процессы и структура Mn-Zn ферритов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Для анализа тепловых процессов при нагреве

поверхности Mn-Zn-феррита низкоэнергетическим потоком электронов использовано уравнением теплопроводности Фурье-Кирхгофа. Представлены результаты моделирования температурного поля на поверхности и в объеме Mn-Zn-феррита. Представлены, изучены и проанализированы данные по микроструктуре изученных Mn-Zn-ферритов в зависимости от режимов электронно-лучевого воздействия.

Представлены результаты рентгено-фазового анализа и ИК-спектроскопии объектов исследования. На основе результатов проведенных комплексных исследований сформулированы выводы о происходящих под воздействием электронно-лучевой обработки в приповерхностных слоях Mn-Zn-ферритов процессах.

В четвертой главе представлены результаты исследований электрофизических свойств Mn-Zn-ферритов. Установлено, что электронно-лучевая обработка поверхности ферритов 2000НМ, 700НМ и 1000НМЗ приводит к существенному росту электропроводности их приповерхностных слоев, что связано с изменением валентности ионов железа, а также с частичной потерей цинка.

В главе представлены также результаты изменения магнитной проницаемости Mn-Zn-ферритов в зависимости от температуры обработки. Уменьшение магнитной проницаемости образцов с ростом температуры обработки диссертант связывает с испарением цинка с приповерхностного слоя ферритов.

Пятая глава диссертации посвящена созданию и изучению градиентных структур на основе ферритов для защиты от электромагнитного излучения.

В разделе «Заключение» представлены общие выводы по диссертационной работе.

Научная новизна результатов

В диссертационной работе Каранского Виталия Владиславовича предложена методика модификации поверхности изделий из Mn-Zn ферритов в слабоокислительной среде низкоэнергетическими электронами с энергиями

до 7 кэВ. Электронно-лучевая обработка ферритовых изделий сопровождается процессами вторичной собирательной рекристаллизации, изменением катионного распределения в кристаллической решетки и потерей цинка в тонком приповерхностном слое. Изменение катионного распределения оказывает решающее влияние на изменение электрофизических характеристик в приповерхностном слое. Созданная градиентная структура «немагнитный проводник – феррит» позволяет управлять процессами поглощения и отражения электромагнитного излучения.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается использованием их при выполнении следующего научного проекта: научный проект «Теоретические и экспериментальные исследования сверхширокополосных оптоэлектронных устройств волоконно-оптических систем передачи информации и радиофотоники на основе фотонных интегральных схем собственной разработки», выполняемый коллективом научной лаборатории «Лаборатория интегральной оптики и радиофотоники» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

Диссертантом сформулированы четыре научных положения, выносимых на защиту, из которых хотелось бы отметить следующие:

1. При обработке изделий из Mn-Zn ферритов электронами с энергией 4 – 7 кэВ и плотностью мощности 113 – 198 Вт/см², в приповерхностном слое толщиной 50 – 100 мкм наблюдается уплотнение структуры, связанное с ростом зерен и уменьшением пористости, обусловленное процессами вторичной собирательной перекристаллизацией.
2. При электронной обработке пучками ферритовых изделий в слабоокислительной среде наблюдается увеличение электропроводности приповерхностного слоя не менее чем в 200 раз, связанное как с изменением валентности ионов железа с III до II, так и с увеличением концентрации кислородных вакансий и частичной потерей цинка.
3. При электронной обработке пучками с энергией 4 – 7 кэВ и плотностью мощности 113 – 198 Вт/см² в изделиях из Mn-Zn ферритов создается

градиентная структура, характеризующаяся нелинейным переходом от материала с высокой магнитной проницаемостью и высоким удельным сопротивлением к материалу с низкой магнитной проницаемостью и высокой электропроводностью, что обеспечивает получение высокоэффективные поглощающие ВЧ и СВЧ элементы.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Представленные в диссертационной работе результаты подтверждены их повторяемостью, проведенные экспериментальные исследования выполнены на современном аналитическом оборудовании, с использованием взаимодополняющих методов и методик, что подтверждает их достоверность.

Основные результаты работы опубликованы в отечественных и зарубежных журналах. Общее число публикаций, которые положены в основу диссертационной работы составляет – 20, из них: ВАК – 3, Web of Science – 1, свидетельств о регистрации программ для ЭВМ – 5. Основные результаты работы были представлены и получили одобрения на многочисленных международных и всероссийских конференциях, проводимых в Москве, Томске, Новосибирске и Иркутске.

Автореферат полностью соответствует диссертации.

Вместе с несомненными достоинствами, научной и практической значимостью работы, диссертация имеет и отдельные недостатки.

По работе имеются следующие замечания:

1. Не описана методика измерения магнитной проницаемости и коэффициента отражения объектов исследования. Не указаны значения действительной и мнимой части магнитной проницаемости.
2. При составлении уравнения энергетического баланса мало внимания уделяется эмиссионным процессам. При высоких температурах поверхности вклад термоэлектронной эмиссии в эффективный КПД обработки может быть весьма значительным.

3. Не рассмотрены процессы, происходящие при интерференции падающей и отраженной волн.
4. В автореферате и во введении диссертации отсутствует раздел «Степень проработанности темы диссертации», что затрудняет оценку научной новизны для ученых, технологов и конструкторов, не являющихся узкими специалистами в области ферритной тематики.

Высказанные замечания никоим образом не снижают ценности и значимости диссертационной работы Каранского В.В., которая выполнена на высоком научном и техническом уровне. Практическая реализация результатов работы, безусловно, позволит существенно повысить тактико-технические характеристики аппаратуры гражданского и военного назначений.

Заключение

Диссертационная работа Каранского Виталия Владиславовича представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по модификации изделий из Mn-Zn-ферритов и изучению их электрофизических свойств и соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней и паспорту научной специальности – физическая электроника по следующим пунктам: п. 4; п. 6, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации, Каранский Виталий Владиславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника.

Официальный оппонент

Костишин Владимир Григорьевич
доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент
Академии Инженерных Наук РФ,
заведующий кафедрой Технологии
Материалов Электроники
федерального государственного
автономного образовательного

учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
технологический университет
«МИСиС»
научная специальность: 01.04.10 –
Физика полупроводников

Адрес: 119049, Москва, В-49, Ленинский проспект, 4, НИТУ «МИСиС»

Телефон: +7 495 638 46 51

Электронная почта: kostishin@misis.ru

Подпись Костишина В.Г. заверяю:

ПОДПИСЬ _____ ЗАВЕРЯЮ
Проректор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ «МИСиС» _____ И.М. Исаев

