

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Каранского Виталия Владиславовича

«Модификация изделий из Mn-Zn ферритов в слабоокислительной среде с помощью плазменного источника низкоэнергетических электронов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.3.5 «Физическая электроника»

Актуальность темы диссертационной работы

Ферриты стратегически важные материалы, которые находят применение в электро- и радиотехнике, современном машиностроении, приборостроении и во многих других областях науки и техники. Особое внимание ферритам уделяется в медицине и экологии, как к устройствам, обеспечивающим защиту от электромагнитного излучения приемопередающей и диагностической аппаратуры. Из множества защитных материалов Mn-Zn ферриты-шпинели по совокупности электрических, магнитных и эксплуатационных свойств наиболее полно удовлетворяют предъявляемым требованиям к радиопоглощающим материалам. Для повышения эффективности устройств ферритовым материалам необходимо придавать новые свойства путем создания градиентных или текстурированных структур. Эффективным методом управления структурой и свойствами оксидных материалов является поверхностная обработка концентрированными потоками энергии, в частности, пучком ускоренных электронов. В работе Каранского В.В. предлагается получать ферритовые изделия с градиентной структурой обработкой их поверхности с помощью низкоэнергетического электронного пучка, генерируемого источником электронов с плазменным катодом. В силу простоты обработки, наличия эффективных устройств – ускорителей электронов такой подход может быть весьма эффективным для получения материалов с новыми свойствами, характерными для градиентных структур. Получение таких структур

даст возможность получать новые СВЧ материалы и изделия, расширяющие области применения, особенно Mn-Zn ферритов. Этой связи считаю диссертационную работу Каранского Виталия Владиславовича актуальной и соответствующей тенденциям развития современной науки о материалах и их применения в СВЧ технике.

Общая методология и методика исследования соответствуют современному уровню развития науки и техники, используемые подходы к решению поставленных задач научно обоснованы.

Диссертация содержит введение, 5 глав, заключение, список использованных источников, включая список публикаций по теме диссертации, приложения. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунка, 31 таблицу. Список использованных источников включает 134 наименования.

Цель диссертационной работы состояла в разработке методики модификации изделий из Mn-Zn ферритов с помощью плазменного источника электронов для создания высокопоглощающих ВЧ и СВЧ энергию элементов.

Успешному достижению заявленной цели работы способствовали грамотно поставленные задачи и последовательность в методологии исследования.

В литературном обзоре описаны методы модификации материалов и изделий с использованием концентрированных энергетических пучков. Рассмотрены структуры и свойства ферритовых изделий.

Вторая глава посвящена методам и технике проведения исследований. Представлено экспериментальное и диагностическое оборудование, а также методы исследования и анализа свойств и измерения параметров ферритовых изделий. Показано, что выбранный спектр электронно-лучевого и измерительного оборудования является достаточным для решения поставленных задач.

В третьей главе представлены оригинальные результаты изучения физико-химических процессов и структуры Mn-Zn ферритов при электронно-лучевом и лазерном воздействиях. Исходя из сравнительного анализа результатов, соискатель Каранский В.В. делает вывод о тепловом характере взаимодействия указанных видов обработки на поверхность ферритов.

В четвертой главе представлены результаты исследований электрофизических свойств Mn-Zn ферритов и влияние на их формирование поверхностной радиационной обработки. Проводится обоснование физико-химических процессов, приводящих к изменению функциональных свойств ферритов после обработки.

Пятая глава посвящена созданию градиентных структур на основе ферритов для защиты от электромагнитного излучения. Исследования показали, что коэффициент отражения данных структур уменьшается после радиационной обработки.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выносимые на защиту, основаны на корректном анализе результатов экспериментальных исследований и корректных математических расчетах, поэтому являются вполне обоснованными. Экспериментальные данные получены с использованием современного диагностического, технологического и измерительного оборудования. Выявленные закономерности подтверждены экспериментальными результатами. Полученные автором экспериментальные данные согласуются с основными теоретическими положениями, между собой и сопоставимы с данными других исследователей, где сопоставление возможно. Выводы и заключения являются логичными, последовательными и отражают суть проведенных исследований.

Научная новизна полученных результатов

1. Предложена методика модификации поверхности изделий из марганец-цинковых ферритов в слабоокислительной среде низкоэнергетическими электронами с энергиями до 7 кэВ.

2. Установлено, что электронно-лучевое воздействие носит тепловой характер и характеризуется следующими процессами: вторичная собирательная рекристаллизация, изменение катионного распределение в кристаллической решетке и потерей цинка в тонком слое.

3. Установлено, что все процессы протекают в тонком слое толщиной 150 мкм и приводят к увеличению электропроводности в 200–300 раз за счет восстановления железа с Fe^{3+} до Fe^{2+} .

4. Показано, что создание градиентной структуры «немагнитный проводник – феррит» позволяет управлять процессами поглощения и отражения электромагнитного излучения.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки и практики. По материалам диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 статья в журнале индексируемом WoS (Q2), 11 статей в сборниках Всероссийских и международных конференций, 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Основные результаты исследования опубликованы в рецензируемых российских научных журналах, сборниках трудов и тезисов докладов научных конференций. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на различных международных и всероссийских научных конференциях, хорошо известны широкому кругу исследователей.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается использованием их при выполнении научных проектов и в учебном процессе на факультете электронной техники ТУСУРа при чтении курса лекций и проведении лабораторных работ по дисциплине «Физика

конденсированного состояния» для подготовки бакалавров по направлениям 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Замечания по диссертации

По диссертационной работе и тексту автореферата диссертации Каранского В.В. следует высказать несколько критических замечаний:

1. В названии диссертации и в тексте используется термин «слабоокислительная среда», но нигде не встречается пояснение смысла данного термина.

2. В работе нет обоснования выбора объекта исследования в виде $Mn-Zn$ феррита, почему именно он выбран как основной объект исследования.

3. Очень мало внимания уделено проблеме контроля температуры объекта во время нагрева электронным пучком. Известно, что в экспериментах по обработке материалов пучками ионов и электронов этот вопрос имеет принципиальное значение. Работа сильно бы выиграла, если бы была проведена калибровка системы измерения температуры, например, по температурам плавления ряда известных материалов.

4. Отсутствуют данные о температуре нагрева поверхности при обработке феррита лазерным излучением.

5. В работе нет обоснования выбранному значению 10 минут изотермической выдержки во время температурной обработки феррита пучком электронов.

6. Интерпретация рисунков 3.8 z и δ диссертации может быть неоднозначной. По своему виду границы зерен можно принять за границу блоков, образованных в результате растрескивания поверхностного слоя, что, в общем, подтверждается данными проведенных соискателем расчетов. Эти расчеты показывают наличие больших до нескольких сотен градусов градиентов температуры во время нагрева электронным пучком. В этом случае было бы целесообразно привести данные электронно-

микроскопических исследований поверхности поперечного скола образцов. Это дало бы возможность проследить изменение микроструктуры образцов по глубине. К сожалению, такие исследования в диссертации не представлены.

7. В работе получено состояние поверхности феррита с повышенной по отношению к исходному значению электропроводностью после электронной и лазерной обработок. Условия внешней среды при электронной и лазерной обработках сильно отличались. Электронная обработка велась в вакууме, а лазерная – на воздухе. В этой связи для обсуждения результатов особенно электронной обработки было бы целесообразно провести исследование влияния температуры нагрева на воздухе в диапазоне 300-500 °С на восстановление высокоомного состояния. Результаты таких исследований в диссертации не представлены.

8. Соискателем показано, что электронная обработка приводит к формированию градиентной структуры феррита, что заметно влияет на его электрофизические свойства, в частности на способность поглощать СВЧ излучение. В то же время методом сравнения показано, что электронная и лазерная обработка приводят к примерно одинаковым результатам в изменении структуры и состава феррита. В этой связи важно было бы рассмотреть влияние лазерного излучения на поглощение феррита в СВЧ диапазоне и провести сравнение эффективности модификации электронным пучком и лазерным излучением. Такие работы в диссертации не представлены.

9. По результатам исследований соискатель делает вывод о том, что электроннолучевое и лазерное воздействия на ферриты «носят преимущественно тепловой характер». Для выявления вклада радиационных эффектов обычно проводят эксперимент по чисто тепловому воздействию, например, нагревом образцов резистивным методом до тех же температур в вакууме. Такой эксперимент дал бы возможность разделить тепловой и

радиационный вклады в изменение свойств. Хотелось бы, чтобы такие работы были проведены.

Заключение

Отмеченные недостатки не касаются основных результатов и выводов, не затрагивают принципиального существа диссертации и не снижают высокую оценку проведенного исследования. Указанные замечания не снижают ценности работы.

Автореферат полностью отражает содержание, основные результаты и выводы диссертационной работы, а публикации автора достаточно полно это представляют. Диссертация хорошо апробирована.

Представленные в работе результаты исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы. Работа выполнена на высоком теоретическом, экспериментальном и профессиональном уровне. В диссертации соблюдаются принципы соответствия поставленной цели, задачи исследования и полученных результатов исследования.

Считаю, что диссертационная работа Каранского Виталия Владиславовича «Модификация изделий из Mn-Zn ферритов в слабоокислительной среде с помощью плазменного источника низкоэнергетических электронов» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, имеющей важное научное и практическое значение, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. По своим целям, содержанию и методам исследования диссертация соответствует п.п. 2 и 4 паспорта специальности 1.3.5 «Физическая электроника».

Учитывая вышеизложенное, считаю, что Каранский Виталий Владиславович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.5 – Физическая электроника.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доктор технических наук (01.04.0.7 Физика конденсированного состояния), профессор отделения контроля и диагностики


Сергей Анатольевич Гынгазов

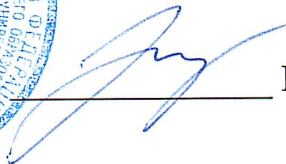
«29» ноября 2021 г.

тел: (+7 3822) 70-17-77 доп. 3495

e-mail: ghyngazov@tpu.ru

Подпись Гынгазова С.А. заверяю:





Кулинич Е.А.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, тел.: +7 (3822) 60-63-33, e-mail: tpu@tpu.ru, официальный сайт образовательной организации: <https://tpu.ru/>)