

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.13 на диссертацию **Петровой Анны** «Разработка неразрушающего метода контроля дефектности ферритовой керамики на основе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Актуальность темы диссертационной работы

Ферриты литиевой группы со шпинельной структурой представляют особый интерес для науки и техники, так как обладают рядом уникальных свойств, расширяющих сферу их применения вследствие частичного замещения лития другими металлами, такими как цинк, титан, марганец и т.д. При этом появляется возможность управлять электрическими и магнитными свойствами в соответствии с назначением использования ферритов. Литий-титан-цинковые ферриты широко применяются в различных устройствах современной СВЧ техники, в первую очередь в качестве дискретных быстродействующих фазовращателей.

Технологические процессы получения ферритов данной группы характеризуются большим временными и энергетическими затратами, так как включают проведение неоднократных процедур помолов и перемешиваний и высокотемпературных обжигов, что зачастую приводит к неконтролируемому ухудшению некоторых свойств ферритов, особенно структурочувствительных. Это является одной из причин высоко брака при получении ферритов сложного состава.

На сегодняшний день основными контролируемыми характеристиками при производстве ферритов являются намагниченность насыщения, параметры петли гистерезиса, а также электрические и диэлектрические параметры, то есть эксплуатационные свойства готовой продукции.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка дополнительных методов контроля параметров, связанных со структурой материала и направленных на повышение эффективности получения ферритов. На это и направлена диссертационная работа Петровой Анны.

Общая методология и методики исследования соответствуют современному уровню развития науки и техники, используемые подходы к решению поставленных задач научно обоснованы. В основу работы принята гипотеза о реализации метода контроля дефектности магнитомягких ферритов, основанного на анализе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости.

В работе были использованы современные методы исследования: рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия; магнитометрия.

Цель диссертационной работы состояла в разработке и апробирование нового неразрушающего метода контроля дефектного состояния ферритовой керамики на основе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости.

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

Анализ содержания диссертации.

Диссертационное исследование изложено на 129 страницах, включая 3 приложения на 3 страницах, 34 рисунка, 18 таблиц. Работа содержит введение, четыре основные главы с выводами, список сокращений и условных обозначений, заключение и список литературы, включающий 171 наименование.

Во введении описаны актуальность и степень разработанности темы исследования, поставлена цель работы и сформулированы задачи исследований, представлены методология исследований и практическая

значимость работы, сформулированы научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основе литературных данных приведен обзор о видах и способах получения ферритов, влияния дефектов структуры и механической нагрузки на электромагнитные свойства ферритов, моделей процессов перемагничивания в ферритах, а также о достижениях в области контроля дефектности ферритов. В конце главы приведены выводы.

Во второй главе дана характеристика объектов использования, экспериментального оборудования и методик исследования, включая методику измерения комплексной магнитной проницаемости, методику измерения температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости ферритовой керамики, методику измерения параметров петли гистерезиса и методику рентгенофазового анализа. В конце главы приведены выводы.

В третьей главе приводятся результаты по разработке метода оценки дефектного состояния литий-титан-цинковой ферритовой керамики с использованием температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости, включая аналитическое описание температурного хода начальной магнитной проницаемости и методику математической обработки температурных зависимостей. В конце главы приведены выводы.

В четвертой главе рассматриваются экспериментальные исследования влияния режимов спекания и диамагнитной добавки оксида алюминия на микроструктуру, магнитные свойства и дефектность литий-титан-цинковой ферритовой керамики, а также влияния внешней механической нагрузки на параметры температурной зависимости начальной магнитной проницаемости. В конце главы приведено сравнение результатов, полученных с помощью разработанного метода контроля с результатами рентгенофазового анализа, сформулированы выводы.

В заключении приведены выводы по осуществленному циклу экспериментальных работ, подтверждающие достижение цели и задач диссертационного исследования.

Результаты диссертационного исследования в значительной степени получены автором и отражены в опубликованных совместно с коллегами статьях.

Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Материалы диссертации и автореферата соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий:

1. Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.
2. Разработка и оптимизация методов расчета и проектирования элементов, средств, приборов и систем аналитического и неразрушающего контроля с учетом особенностей объектов контроля.
3. Разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, имеющих лучшие характеристики по сравнению с прототипами.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выносимые на защиту, основаны на корректном анализе результатов экспериментальных исследований, 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.

Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные автором наиболее важные результаты, отличающиеся научной новизной и определяющие ценность диссертации:

1. Получено аналитическое выражение температурной зависимости начальной магнитной проницаемости и показано, что наиболее чувствительными подгоночными параметрами феноменологического выражения для влияния на форму температурной зависимости начальной магнитной проницаемости и ее максимум являются размагничивающий фактор и дефектность (параметр β/α).

2. Экспериментально установлено, что дефектность ферритовой керамики характеризуется величиной максимума экспериментальной кривой температурной зависимости начальной магнитной проницаемости вблизи точки Кюри.

3. Показано, что диамагнитные добавки Al_2O_3 существенно влияют на форму экспериментальной кривой температурной зависимости начальной магнитной проницаемости образцов ферритовой керамики. При этом дефектность характеризует упругие напряжения в ферритовой керамике.

4. Установлены закономерности влияния внешней механической нагрузки на магнитные свойства ферритовой керамики: с увеличением механического напряжения происходит снижение максимума температурной зависимости начальной магнитной проницаемости (до 25 %) и его смещение к точке Кюри. Показано, что такие изменения формы кривой обусловлены ростом размагничивающего фактора и магнитоупругим эффектом. При этом значения магнитной проницаемости при комнатной температуре и точка Кюри существенно не изменяются.

5. Разработан неразрушающий метод контроля, основанный на анализе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости, позволяющий осуществлять контроль уровня интегральной дефектности ферритовой керамики. Согласованные данные рентгенофазового анализа, а также параметров петли магнитного гистерезиса модельных образцов

подтверждают высокую чувствительность и эффективность разработанного метода.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки и практики.

Практическая значимость заключается в том, что в работе предложен высокочувствительный и эффективный метод контроля дефектности ферритов, который можно использовать при производстве ферритовых изделий. Результаты диссертационной работы также используются в преподавании теоретических курсов и лабораторных работ по дисциплинам «Основы методов неразрушающего контроля» и «Магнитные методы контроля» отделения «Контроль и диагностика» Томского политехнического университета.

Замечания по диссертации.

1. В диссертации не представлены данные по режимам синтеза литий-титан-цинкового феррита.

2. На стр. 39 в разделе методика подготовки образцов приведены реакции образования литиевого, литий-цинкового и литий-титанового ферритов, хотя данные составы в работе не исследовались.

3. На стр. 58 при рассмотрении результатов исследования, представленных на рисунке 3.1, неправильно сделаны выводы об изменении значений магнитной проницаемости с изменением подгоночных параметров. То же самое на стр. 60 относительно рисунка 3.3б.

4. На рисунке 3.6 представлена температурная зависимость начальной магнитной проницаемости для образцов феррита, полученного в заводских условиях. Есть ли у автора данные по режимам получения данного феррита?

5. На стр. 63 автор указала пользовательские функции $Mu1$ $Mu1_PSDV1$ для математического анализа. На чем основываются данные функции?

6. В таблицах 3.3, 4.1 и 4.2 диссертации не приведены погрешности полученных значений характеристик ферритов. Отсутствие этих данных затрудняет сравнение результатов между собой.

7. На стр. 84 автор пишет «С увеличением концентрации добавки μ_{\max} падает почти на 70%». По моим расчетам только на 30%?

8. В списке литературы диссертации автор ссылается только на 3 своей работы из 17 опубликованных.

9. В диссертации имеются опечатки в виде неправильных ссылок на таблицы или указания рефлексов (в круглых или квадратных скобках). К тому же имеются ссылки на публикации [172, 173], которых в списке литературы нет.

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. В диссертации соблюдаются принципы соответствия поставленной цели, задачи исследования и полученных результатов исследования.

Считаю, что диссертационная работа Петровой А. отвечает требованиям п.п. 8-11 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 17 научных изданиях, в том числе в 2 статьях в журналах, рекомендованных ВАК, в 13 статьях в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, из которых 6 статей в журналах 1, 2 квартиля.

Основываясь на вышеизложенном, считаю, что диссертационная работа «Разработка неразрушающего метода контроля дефектности ферритовой керамики на основе температурных зависимостей начальной магнитной

проницаемости» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей значимые научные и практические результаты, а её автор Петрова Анна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.13, доктор технических наук, Заведующий Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники диэлектриков и полупроводников Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Лысенко Елена
Николаевна

Даю согласие на обработку своих персональных данных.

Подпись Лысенко Е.Н. заверяю:
Ученый секретарь Учёного совета ТПУ


О.А. Ананьева
02.03.2020г.

Сведения:

Полное наименование организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Юридический адрес: г. Томск, проспект Ленина, дом 30.

Телефон: +7 (3822) 701777 (доб. 3478)

Эл. адрес: lysenkoe@tpu.ru