

ОТЗЫВ

официального оппонента Сигова Александра Сергеевича на диссертацию Петровой Анны «Разработка неразрушающего метода контроля дефектности ферритовой керамики на основе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости», представленную 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 используются в технике уже более 70 лет, но и в настоящее время они сохраняют свое значение как перспективные магнитные материалы, применяющиеся в различных областях радиотехники, электроники и автоматики. Поскольку технология производства ферритовой керамики предполагает возможность возникновения различных производственных дефектов материала, существует необходимость в высокочувствительном и эффективном методе контроля. Автор диссертационной работы предполагает, что для разработки метода контроля может быть использован такой параметр ферритовой керамики, как начальная магнитная проницаемость. Данный параметр имеет высокую структурную чувствительность, хорошую теоретическую привязку к определенным параметрам дефектности исследуемого материала, поэтому может использоваться в качестве индикатора состояния дефектности и фазового состава ферритовых материалов.

Представленная диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи – разработке структурно-чувствительного метода неразрушающего контроля ферритовой керамики, основанного на математической обработке и анализе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа Петровой Анны состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы из 171 наименования. Полный объем диссертации составляет 129 страниц, в том числе 34 рисунка, 18 таблиц и 3 приложения.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы основные цели и задачи работы, обоснованы научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, сформулированы

основные положения, выносимые на защиту, описана структура диссертационной работы.

В первой главе приведен литературный обзор современных методов контроля магнитных характеристик ферритовой керамики, рассмотрены их достоинства и недостатки. На основе проведенного анализа обоснован выбор предмета исследования и сделаны выводы о целесообразности проведения исследования.

Во второй главе дана информация об объекте исследования и представлено описание основных экспериментальных методик. Достаточно подробно описаны методики: подготовки образцов, рентгенофазового анализа, измерения петель магнитного гистерезиса, измерений температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости. Приведены схемы экспериментальных установок.

В третьей главе представлены результаты разработки методики математической обработки температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости $\mu_i(T)$. Соискатель, основываясь на соотношении между температурной зависимостью начальной магнитной проницаемости $\mu_i(T)$, величиной упругих напряжений σ , намагниченностью насыщения M_s , константами магнитострикции λ_s и кристаллографической анизотропии K_1 , предлагает феноменологическое выражение для аналитического описания температурных кривых начальной магнитной проницаемости. На основе математического моделирования установлены зависимости формы кривой $\mu_i(T)$ от параметров феноменологического выражения. На основании полученных результатов предложена методика математической обработки кривых температурной зависимости начальной магнитной проницаемости.

В четвертой главе рассмотрены результаты исследования влияния температурно-временных режимов спекания ферритовой керамики на ее структурные и магнитные свойства. Установлено снижение значений начальной магнитной проницаемости с увеличением температуры спекания в диапазоне температур 1010 – 1150 °С.

На примере образцов с диамагнитной добавкой оксида алюминия проведено сравнение предложенного соискателем метода контроля с традиционными методами – рентгенофазовым и осциллографическим. Согласованные данные по измерению параметров петли магнитного гистерезиса образцов с диамагнитной добавкой, а также истинного физического уширения рефлекса методом рентгенофазового анализа подтвердили высокую чувствительность и эффективность предложенного в диссертационной работе метода.

Представлены результаты исследования влияния внешней механической нагрузки на параметры температурной зависимости начальной магнитной проницаемости. Полученные в диссертационной работе результаты подтвердили взаимосвязь напряженно-деформированного состояния ферритовой керамики с упругими напряжениями и дефектностью образцов. Установлено, что характер изменения формы кривой температурной зависимости начальной магнитной проницаемости позволяет осуществлять контроль немагнитных фаз или механических напряжений ферритовой керамики.

По каждой из глав сформулированы выводы, в конце диссертации представлено **заключение**.

В **приложениях** содержатся акты об использовании результатов диссертационной работы.

Содержание **автореферата** в полной мере отражает основные результаты работы.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна выполненных научных исследований и полученных результатов подтверждается, прежде всего, тем, что автором:

1. предложено аналитическое выражение для математического анализа и методика математической обработки температурных кривых начальной магнитной проницаемости ферритовой керамики, на основе которых разработан неразрушающий метод контроля дефектности ферритовой керамики, обладающий достаточно высокой по сравнению с традиционными магнитными методами чувствительностью;

2. показано существенное влияние диамагнитной добавки оксида алюминия и внешних механических нагрузок на форму кривых температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости магнитомягкой ферритовой керамики.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

По материалам диссертации опубликовано 17 работ, из них: 2 публикации в журналах, рекомендованных ВАК; 13 публикаций в журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science, из которых 6 статей в журналах, входящих в квантили Q1/Q2.

Вопросы, затронутые в диссертации, докладывались и обсуждались на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях.

В диссертации приведен акт о внедрении в учебный процесс Томского политехнического университета результатов диссертационной работы Петровой Анны.

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

Достоверность результатов, отраженных в диссертационной работе Петровой Анны подтверждается корректной постановкой задач диссертационных исследований, применением в исследованиях современных математических методов, достаточно большим объемом экспериментальных данных. Сформулированные в работе научные положения и выводы отражают суть проведенных исследований.

Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 4.1 диссертационной работы содержится предположение (гипотеза) о связи высокой концентрации пор в исследуемом материале со значениями начальной магнитной проницаемости. Чем может быть подтверждено данное предположение?

2. В разделе 4.2 диссертационной работы представлены результаты исследования влияния диамагнитных добавок оксида алюминия в концентрациях 0.1, 0.25 и 0.5 вес.%. Чем обусловлен выбор именно таких концентраций? Проводились ли исследования с другими значениями концентрации диамагнитной добавки?

3. В диссертационной работе недостаточно детально обоснован выбор рентгенофазового метода анализа для сравнения чувствительности с предложенным в работе методом контроля дефектности ферритовой керамики.

4. Несмотря на перспективность предложенного метода, отсутствуют рекомендации по его дальнейшему практическому использованию.

5. Формулировку «механический стресс», используемую в разделе 4.3 (страницы 91, 92, 95, 100), более корректно было бы заменить на «механическое напряжение».

6. Имеются отдельные опечатки и погрешности стиля изложения.

Отмеченные замечания не снижают высокий научный уровень проведенных исследований и не влияют на общее положительное впечатление о научной и практической ценности диссертационной работы.

Заключение

Считаю, что диссертационная работа «Разработка неразрушающего метода контроля дефектности ферритовой керамики на основе температурных зависимостей начальной магнитной проницаемости» по совокупности проведенных исследований, полученных результатов, их актуальности, новизне и достоверности, количеству публикаций соответствует требованиям п.п. 8-11 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете», а автор диссертации, Петрова Анна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Официальный оппонент:

Сигов Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, действительный член Российской Академии наук, Президент ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», заведующий кафедрой наноэлектроники (тел. +7 (495) 434-91-43, e-mail: sigov@mirea.ru).

Полное наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Юридический адрес и почтовый адрес:

119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78, тел.: +7 5050; e-mail: sigov@mjrea.ru. юб.

Сигов Александр Сергеевич

Х/У
«26» августа 2020 года

Подпись А.С. Сигова заверяю



решение Ученого совета РТУ МИРЭА
И.В. Милованова