

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию *Бардина Алексея Алексеевича «Метод оценивания распределения медленно меняющейся намагниченности в цилиндрических ферромагнетиках, находящихся в слабых магнитных полях, холловским магнитометром»*, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01, «Приборы и методы экспериментальной физики».

Диссертация Бардина Алексея Алексеевича «Метод оценивания распределения медленно меняющейся намагниченности в цилиндрических ферромагнетиках, находящихся в слабых магнитных полях, холловским магнитометром» написана на актуальную тему развития методов решения обратной магнитостатической задачи, применяемых в системах контроля изменения физических параметров ферромагнитных объектов.

Контроль физических параметров ферромагнитных объектов, используемых в ответственных узлах конструкций различного назначения, тензометрических датчиков и фундаментальных исследованиях спиновой поляризации, являются одними из приоритетных направлений современных исследований. Поэтому широкий круг исследователей занимается вопросами развития методов измерения и оценки физических величин для построения алгоритмов и применения их в различном измерительном оборудовании. Ключевым измеряемым параметром таких исследований является градиент магнитного поля, индуцированного исследуемым объектом, позволяющим контролировать и управлять ход эксперимента. В этом направлении проводятся работы различными исследовательскими группами. Используются такие подходы, как перемагничивание исследуемых образцов или намагничивание их до насыщения, однако эти методы имеют существенные ограничения. Более перспективным и наиболее значимым является исследование изменения магнитной картины исследуемого образца. Таким образом, заявленная цель работы, а именно разработка методов оценивания распределения медленно меняющейся намагниченности в цилиндрических ферромагнитных образцах, находящихся в слабых магнитных полях, по измеренному распределению нормальных компонент магнитного поля на их поверхности является актуальной.

Научная новизна работы определяется её вкладом в достижение поставленной цели. Наиболее значимым представляется предложение и реализация идеи определения медленно меняющейся намагниченности по распределению нормальных к поверхности исследуемого образца компонент магнитного поля. Это дает возможность детектировать напряжённо-

деформированные участки протяжённых цилиндрических ферромагнитных объектов без внешних повреждений. Для решения обозначенных задач в работе был создан инструментарий, позволивший экспериментально проверить соотношения взаимности для нелинейного нестационарного гальваномагнитного элемента в неоднородном магнитном поле. Также предложен и реализован оригинальный метод повышения точности и быстродействия измерений холловского магнитометра в режиме реального времени.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, не вызывают сомнений. Результаты работы автора были представлены на конференциях и опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях национального и международного уровня.

Результаты исследования должны быть востребованы при создании магнитометрических измерительных комплексов, применяемых для магнитного сканирования без прямого контакта с исследуемым объектом, а так же для реализации систем магнитной юстировки и управления экспериментом.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и списка публикаций автора по теме диссертации. Список литературы содержит 93 публикаций.

Во введении автор приводит обоснование актуальности проводимого исследования и формулирует его цель и задачи.

В первой главе автором рассмотрены теоретические основы методов измерения магнитного момента, магнитного поля и вычисления пространственного распределения намагниченности. Проведен анализ первичных средств измерений и исследованы фундаментальные физические ограничения точности измерений. Рассмотрены принципы построения систем калибровки.

Во второй главе автор приводит описание предложенного метода оценки распределения медленно меняющейся намагниченности в цилиндрических ферромагнетиках. В описании метода рассмотрена математическая модель, определены критерии применимости метода и его основные особенности. Описана экспериментальная проверка разработанного метода, подтверждаемая численным моделированием и натурными экспериментами.

В третьей главе автор приводит описание предлагаемого метода повышения точности, чувствительности и быстродействия измерений холловским магнитометром. Описаны разработанные экспериментальные установки и алгоритмы их калибровки. Подробно описано исследование

переходных процессов в тонкоплёночных преобразователях Холла в режиме «измерения», позволившее автору предложить алгоритм калибровки многокомпонентного холловского магнитометра, позволяющий достичь порога чувствительности 1 нТл.

Четвертая глава посвящена описанию апробации разработанных автором методов измерений для вычисления оценки распределения намагниченности ферромагнитных стержней, подвергнутых механическим воздействиям, что обусловлено магнитоупругим эффектом. Описанные в главе эксперименты убедительно подтверждают состоятельность предлагаемого автором метода оценки распределения намагниченности, а так же позволяют выявить участки исследуемых образцов, находящихся в напряженно-деформированном состоянии.

По тексту диссертации имеется ряд замечаний:

1. Введение и литературный обзор дают ограниченное представление о современных методах измерения слабых магнитных полей. Так, если обсуждать магниторезистивные методы, то следовало бы упомянуть о датчиках, основанных на гигантском магнитосопротивлении (ГМС), а в числе индукционных упомянуть магнито-модуляционные методы (fluxgate). Среди методов измерения намагниченности следовало бы отметить магнитооптические и вибрационные. Обоснование выбора датчиков Холла (а не ГМС) не приведено.
2. Ставится задача достижения порога чувствительности холловских магнитометров порядка 1 нТл. Обычно рассматривают эквивалентный магнитный шум в терминах Тл/Гц^{1/2}.
3. Распределения поперечной и продольной намагниченности сильно различаются (рис. 10). Это объясняется различным поведением системных функций. Между тем представляет интерес объяснение с физической точки зрения, например, с учетом баланса энергий анизотропии, анизотропии формы и магнитострикции.
4. Указывается, что распределение намагниченности ферромагнитных стержней, подвергнутых механическим воздействиям, обусловлено магнитоупругим эффектом. Однако деформация поверхности образца должна приводить к изменениям намагниченности в силу магнитостатики, но изменение формы поверхности не учитывается в развиваемом методе.

Технические замечания

- i. В работе содержится большое количество грамматических ошибок;
- ii. В некоторых случаях не полностью приведены пояснения к параметрам, входящих в уравнения;
- iii. Часто используются неясные формулировки. Пример (стр. 19): «Коэффициент r_0 характеризует величину сопротивления области, ограниченной эквипотенциальными поверхностями, на которых находятся холловские электроды.» О каком потенциале здесь идет речь?
- iv. Качество многих рисунков невысокое.

Указанные замечания не снижают ценности представленной работы, некоторые из них могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» по физико-математическим наукам.

Все основные положения и выводы диссертации опубликованы в 13 научных работах, одном свидетельстве на программу ЭВМ, одном патенте на полезную модель, входящих в базы данных Scopus, Web of Science и перечень ВАК.

Аннотация соискателя в полной степени отражает положения, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации.

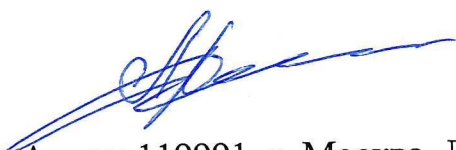
Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную автором на высоком научном уровне. Представленные в работе результаты исследований достоверны, выводы, заключения и рекомендации строго аргументированы и обоснованы. Результаты работы опубликованы и апробированы. Аннотация соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа Бардина Алексея Алексеевича на соискание степени кандидата физико-математических наук «Метод оценивания распределения медленно меняющейся намагниченности в цилиндрических ферромагнетиках, находящихся в слабых магнитных полях, холловским магнитометром» по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, удовлетворяет всем критериям, установленным в п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утверждённых постановлением правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. Работа достойна положительной оценки, а её автор – Бардин Алексей Алексеевич заслуживает

присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Профессор кафедры Технологии материалов электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
доктор физико-математических наук
Панина Лариса Владимировна



Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 4

Телефон: +7(926) 076-55-13

Адрес электронной почты: drlpanina@gmail.com

Подпись Паниной Л.В. заверяю

Проректор

Филонов М.Р.

29.09.2021

