

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей физики

**Современные магниточувствительные устройства и некоторые
аспекты их применения**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы
направления 03.03.02 «Физика»

физического факультета

Спиридонова Дмитрия Михайловича

Научный руководитель

д. ф.-м. н., профессор

А.А Игнатъев

Зав. кафедрой

д. ф.-м. н., профессор

А.А Игнатъев

Саратов 2016

Актуализация работы. Магнитометрия на сегодняшний день является бурно развивающейся отраслью науки и техники. На практике магнитоизмерительные устройства получили широкое распространение в решении очень широкого круга задач. Вопрос разработки магнитометров высокого класса точности, имеющих малую массу и энергопотребление, актуален при решении задач ориентации, навигации, магнитного взвешивания и др.

Целью настоящей работы является исследование современных магниточувствительных элементов, попадающих в среднюю ценовую категорию, определение требований, предъявляемым промышленностью к магнито-измерительным устройствам при их конкретном применении. Рассмотрение существующих схемных решений построения магнитометров и разработка новой схемы магнитометра с повышенным порогом чувствительности. Применение магнитометра для определения собственного динамического магнитного поля вращающихся в магнитном поле Земли объектов из немагнитного материала.

В работе решаются задачи разработки схемотехнического решения построения магнитометра повышенной чувствительности на магниторезистивных чувствительных элементах. Разрабатывается математическая модель, описывающая формирование собственных шумов магнитометра на таких элементах. Одной из задач работы является показать возможность практической реализации разрабатываемых устройств на примере использования магнитометра для измерения собственного динамического магнитного поля испытательного стенда линейных ускорений, изготовленного из немагнитного материала, использование магнитометра в системе ориентации подвижных вращающихся объектов в магнитном поле Земли.

Предметом исследования ВКР являются магниторезистивные чувствительные элементы (МРЧЭ), магнитометры различного назначения на МРЧЭ и частные вопросы решения задач применения таких магнитометров.

Практическая значимость работы определяется высокой востребованностью современным рынком точных, малогабаритных и недорогих магнитоизмерительных устройств.

Содержание работы.

Раздел 1 Описание и сравнение различных типов магниточувствительных элементов

1.1 Описание различных типов магниточувствительных элементов

1.2 Сравнение различных типов магниточувствительных элементов

Раздел 2 Принципы построения магниторезистивного магнитометра

2.1 Выбор рациональной схемы построения многоосного магнитометрического модуля

2.2 Реализация схемы магнитометра с повышенным порогом чувствительности

2.3 Калибровки магнитометра

Раздел 3 Аспекты применения магниточувствительных устройств

3.1 Определение собственного динамического магнитного поля «немагнитной центрифуги»

3.2 Магнитометр с повышенным порогом чувствительности для обнаружения движущихся объектов

3.3 Магнитометр для системы ориентации вращающихся объектов

Основное содержание работы.

Первый раздел работы посвящен описанию и сравнению нескольких видов преобразователей магнитной индукции. Рассмотрено три вида магниточувствительных элементов: феррозонд, магниторезистивный преобразователь и гетеромагнитный преобразователь [1-3]. Данный выбор

обусловлен попаданием всех трех видов в среднюю ценовую категорию и, следовательно, наиболее востребованных на рынке. В подразделе 1.1 приводится краткое описание рассматриваемых магниточувствительных устройств, в подразделе 1.2 проводится сравнение элементов по ряду важных параметров (порог чувствительности, динамический диапазон измерений и др.).

Второй раздел работы посвящен рассмотрению вопроса проектирования схемного решения магнитометра на магниторезисторах, рассмотрено несколько схем магнитометров построенных на магниторезистивных чувствительных элементов, имеющих различное функциональное назначение. Кроме того, подробно рассмотрено конкретное схемное решение магнитометра с повышенным порогом чувствительности, спроектированное автором.

Первичный преобразователь магнитной индукции регистрирует не непосредственно измеряемую физическую величину, а какой-то электрический параметр (напряжение, частоту). Зависимость регистрируемого параметра от измеряемой величины не обязательно имеет линейный характер и не зависит при этом от влияния других физических величин. Для выявления точной связи между измеряемой физической величиной и регистрируемым параметром, а также для исключения влияния внешних факторов проводятся различные виды калибровок, юстировок и тарировок изделия. В подразделе 2.3 раздела 2 работы рассматриваются методы проведения метрологической, температурной и геометрической калибровок, а также последующая компенсация выявленных дестабилизирующих факторов, снижающих точностные характеристики магнитоизмерительного устройства [4,5].

Третий раздел работы посвящен рассмотрению частных реализаций трех различных направлений применения магниточувствительных устройств. Раздел включает в себя не только непосредственно описание применения

магниточувствительных устройств, но и содержит пример расчета собственных шумов магнитометрического устройства с повышенным порогом чувствительности, выбор наиболее подходящей элементной базы для построения магнитометра с повышенным порогом чувствительности [6]. Проводится анализ экспериментальных данных, полученных при измерениях с использованием магнитометра с расширенным частотным диапазоном измерений и на основании экспериментальных данных строится математическая модель формирования собственного динамического магнитного поля испытуемого устройства. Описываются некоторые вопросы построения магнитометра для системы ориентации вращающихся подвижных объектов [7-9].

Заключение

В работе представлены следующие результаты:

1. Выяснено, что сложность изготовления, невысокая механическая прочность, особенности построения систем обработки сигнала, довольно высокая стоимость феррозондов и гетеромагнитных первичных преобразователей делают их малопривлекательными для использования в приложениях, требующих высокой интеграции и эксплуатационных характеристик при невысокой стоимости по сравнению с магниторезистивными чувствительными элементами. Вместе с тем гетеромагнитный первичный преобразователь нового поколения, выполненный по интегральной технологии в перспективе реализует все выгодные стороны феррозондов и МРЧЭ.

2. Теоретическим и экспериментальным путем показано, что при вращении в МПЗ металлических оболочек, выполненных из электропроводного немагнитного материала (нержавеющая сталь, алюминий, медь) на основании принципов электродинамики формируется вторичное магнитное поле вихревых токов, индуцированных в стенках оболочек в соответствии с законом электромагнитной индукции и достигает при

угловых скоростях до 10 оборотов в секунду до 5 % от значения параметров геомагнитного поля.

3. Расчетным путем показана возможность построения магнитометра на магниторезистивных чувствительных элементах с повышенным, относительно заявленного разработчиками чувствительных элементов, порогом чувствительности, при сохранении основных характеристик (широкий динамический диапазон, малая масса и энергопотребление) присущих МРЧЭ.

4. Определены основные вопросы, связанные с разработкой магнитометра на магниторезистивных чувствительных элементах для решения задачи автономной ориентации вращающихся подвижных объектов и успешно разработан и изготовлен прототип магнитометра для этих целей.

Список использованных источников

1. Феррозонды / Ю.В Афанасьев. Л.: Энергия, 1969. 168 с.
2. Игнатъев, А.А. Гетеромагнитная микроэлектроника: микросистемы активного типа/ А.А. Игнатъев, А.В. Ляшенко. М.: Наука, 2007. – 612 с.
3. Шемякин, С. Компоненты и технологии: Компонентные AMR-датчики положения и угла поворота от Honeywell. [Электронный ресурс] URL : http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2012_11_24.php (дата обращения: 02.10.2015). Яз. рус.
4. Игнатъев, А.А. Исследование влияния температуры на смещение нуля выходного сигнала магниторезистивного датчика / А.А. Игнатъев, Д.М. Спиридонов, Л.И. Прокофьев. // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2015. Вып. 19. С. 4-9. ISSN 1810-9594.
5. Игнатъев, А. А. Однофакторные калибровки блока магнитометров (алгоритмы, методика, технологии)/ А. А. Игнатъев, Г. М.Проскуряков, Д. М. Спиридонов. // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр.

Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 15: Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. С. 115–131.

6. Игнатъев, А.А. Оценка шумовых характеристик магнитометра на магниторезисторах / А.А. Игнатъев, Д.М. Спиридонов. // Проблемы оптической физики и биофотоники. SFM-2015: материалы Международного симпозиума и Международной молодежной научной школы Saratov Fall Meeting 2015. Саратов: Изд-во «Новый ветер», 2015. С. 119-122. ISBN 978-5-98116-191-9.
7. Игнатъев, А.А. Алгоритмы работы миниатюрной системы ориентации вращающихся подвижных объектов / А.А. Игнатъев, Г.М. Проскуряков, А.В. Васильев. // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2014. Вып. 17: Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 78–91.
8. Игнатъев, А. А. Бесплатформенная система ориентации вращающихся подвижных объектов (хронометрический способ автономной ориентации) / А. А. Игнатъев, Г. М. Проскуряков, А. В. Васильев, А. А. Маслов. // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2014. Вып. 18: Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 53–62.
9. Проскуряков, Г. М. Бесплатформенная система ориентации вращающихся подвижных объектов (гармонический способ автономной ориентации) / Г. М. Проскуряков, А. А. Игнатъев, А. А. Маслов // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2014. Вып. 18: Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 81–88.