

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Ветошко Петра Михайловича «Перемагничивание однородным вращением феррит-гранатовых пленок в чувствительных элементах магнитных сенсоров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Поиск способов повышения чувствительности и пространственного разрешения, уменьшения размеров, увеличения динамического диапазона магнитных сенсоров является одним из важнейших направлений исследований в физике магнитных явлений. Развитие интернета вещей, робототехники, сверхплотной магнитной записи, спинтроники, биотехнологий требует создания высокочувствительных магнитных сенсоров, причем без глубокого охлаждения и использования дорогостоящих устройств типа СКВИДа или ЯМР. Магнитное поле беспрепятственно проникает в организм человека и поэтому достижение возможности детектировать магнитные поля порядка или меньше 10^{-9} Э откроет практически неисчерпаемые возможности использования магнитных методов в медицине (от диагностики до эндоваскулярных хирургических методов и терапии). Разработка таких магнитных сенсоров требует решения целого комплекса сложных физических проблем, начиная от выбора эффекта, метода, теоретического обоснования, экспериментальных исследований, оптимизации магнитного чувствительного элемента, технологических разработок и д. т. Из вышесказанного следует, что тема диссертации Ветошко, посвященной исследованию перемагничивания однородным вращением феррит-гранатовых пленок в чувствительных элементах магнитных сенсоров, актуальна, а появление работ, на которых основана его диссертация, было весьма важным и своевременным.

Диссертация изложена на 134 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы из 175 наименований.

Как предложенная Ветошко П.М. идея использования в феррозондах с насыщенным сердечником однородного вращения намагниченности высококачественных монокристаллических феррит-гранатовых пленок, так и ее теоретическое обоснование, экспериментальное исследование, подтверждающее выводы расчета, реализация вплоть до прототипа работающего сенсора, достижение рекордной чувствительности определяют научную новизну работы, ее важное теоретическое и прикладное значение.

В отзыве невозможно перечислить все многочисленные новые результаты, полученные в диссертации, поэтому приведу только несколько из них, имеющих, по моему мнению, наибольший интерес и значение:

1. Показана возможность регистрации напряженности и ориентации квазистационарного магнитного поля по измерению ангармонизма вращения намагниченности в плоскости (111) феррит-гранатовой пленки. Для этого в рамках уравнения Ландау-Лифшица-Гильберта были выполнены расчеты восприимчивости при вращении намагниченности с учетом возможного выхода намагниченности из плоскости и с учетом констант кубической анизотропии четвертого и шестого порядков. Этот расчет демонстрирует принципиальную возможность создания трехмерного датчика магнитного поля на одном элементе. По мнению рецензента, это удивительно красивый результат, имеющий важное значение. Дело в том, что при создании трехмерного датчика обычно требуется три магнитных элемента, например, магниторезистивных, или Холловских, и возникают значительные трудности в юстировке их ортогональности. При использовании одного элемента таких трудностей просто не существует. Другим принципиальным достоинством предложенной схемы является полное отсутствие шумов, связанных с перестройкой доменной структуры.

2. Выращены высококачественные монокристаллические пленки феррит-гранатов различного состава и для пленок $Tm_3Fe_4.3Sc_0.7O_{12}$ с ориентацией (111) достигнуто поле анизотропии в плоскости пленки около 0.03 Э , что на два порядка меньше, чем анизотропия в плоскости (111) феррит-гранатовых пленок стехиометрического состава $Y_3Fe_5O_{12}$.

3. Выполнен микромагнитный расчет распределения намагниченности у края магнитного диска, в частности, были исследованы следующие профили: непрерывный эллиптический, пятиступенчатый и одноступенчатый с различными углами наклона плоскостей между ступенями. Это позволило найти условия уменьшения поля полного насыщения пленки за счет формирования утончающей ступенчатой конфигурации на краю пленки.

4. Дан теоретический анализ и выполнены экспериментальные исследования величины тепловых флуктуаций намагниченности в объеме феррит-гранатовой пленки, определяющих магнитный шум чувствительного элемента.

5. В результате комплекса выполненных теоретических и экспериментальных исследований удалось получить пленки с малыми значениями магнитной анизотропии, низким полем насыщения, с малым параметром диссипации, что обусловило достижение рекордной чувствительности магнитного сенсора на их основе.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и подтверждается использованием современных методик, большим представленным в работе фактическим материалом, тщательным анализом полученных данных и их сопоставлением с результатами независимых исследований.

По сути сделанных в работе выводов замечаний у рецензента нет. Однако, работа не свободна от недостатков:

1. В диссертации как в главе 2, так и в главе 4 при оценках параметра диссипации принимается значение исходя из литературных данных по ширине линии ФМР равной 1 Э. Однако, желательно было бы провести измерение ширины линии ФМР именно для полученных пленок.
2. В заключительном параграфе главы 4 обсуждаются возможности дальнейшего увеличения чувствительности и пространственного разрешения сенсоров. Среди одного из вариантов рассматривается магнитооптическая регистрация сигнала (стр. 102), но не приведена схема такой регистрации.
3. В диссертации нет детального описания метода получения и аттестации образцов.

Указанные недостатки не носят принципиального характера и ни в коей мере не затрагивают основного содержания диссертационной работы.

Полученные в работе результаты имеют большое научное значение для физики магнитных явлений, и в частности, физики феррит-гранатовых пленок, и важное практическое значение для разработки высокочувствительных магнитных сенсоров. Поэтому результаты работы можно рекомендовать для ознакомления и использования в организациях занимающихся как разработкой новых магнитных материалов на основе феррит-гранатов, так и ведущих исследования в области магнитооптики, магнитной голографии, магнитных сенсоров и др., как например, МГУ им. М.В.Ломоносова (г. Москва), Санкт-Петербургский, Уральский, Новосибирский и Тверской университеты, МИРЭА, Российский научный центр «Курчатовский институт» (г. Москва), Институт физики твердого тела РАН РФ (п. Черноголовка Московская обл.), ФТИ РАН РФ им. Иоффе (г. С-Петербург), Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН (г.Красноярск) и др.

Результаты диссертации многократно докладывались на российских и международных конференциях и хорошо известны специалистам.

Автореферат и публикации автора точно и полностью отражают полученные в диссертационной работе результаты.

Резюмируя сказанное можно констатировать, что диссертация Ветошко П.М. посвящена актуальной теме, содержит ряд новых, важных в научном и практическом плане результатов, которые вносят значительный вклад в понимание процессов перемангничивания феррит-гранатовых пленок и факторов, определяющих чувствительность магнитных сенсоров на их основе..

В целом диссертационная работа «Перемангничивание однородным вращением феррит-гранатовых пленок в чувствительных элементах магнитных сенсоров»

соответствует профилю диссертационного совета, паспорту заявленной специальности и требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Ветошко П.М., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Официальный оппонент

Грановский Александр Борисович
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры магнетизма,
Физический Факультет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

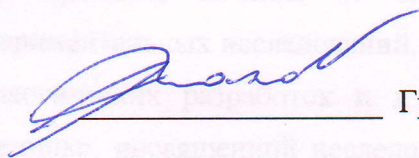
Адрес: 119991, Москва, Ленинские Горы, дом 1, стр.2

Тел. 8 495 939 47 87

Факс 8 495 939 47 87

E-mail: granov@magn.ru

« 12 » марта 2017 г.



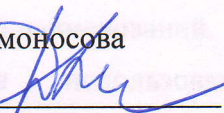
Грановский А.Б.

Подпись профессора кафедры магнетизма физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова д.ф.-м.н., проф. Грановского А.Б. заверяю

Декан

физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

профессор



Сысоев Н.Н.

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Грановский Александр Борисович

Ученая степень, звание: доктор физико-математических наук, профессор

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Должность: профессор кафедры магнетизма физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Почтовый адрес: 119991, ГСП-1, Москва

Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова

Дом 1, строение 2, физический факультет,

кафедра магнетизма.

Тел.: +7 4959391847

e-mail: granov@magn.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

1. A. Zhukov, M. Ipatov, J. J. del Val, M. Ilyn, A. Granovsky, V. Zhukova, "Magnetic and Transport Properties of M-Cu (M = Co, Fe) Microwires" pp. 81-102 in Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Volume 16 (2016)
2. I. Dubenko, N. Ali, S. Stadler, A. Zhukov, V. Zhukova, B. Hemando, V. Prida, V. Prudnikov, E. Ganshina, and A. Granovsky. Magnetic, magnetocaloric, magnetotransport, and magneto-optical properties of Ni-Mn-In – based Heusler alloys: bulk, ribbons, and microwires, in Novel Functional Magnetic Materials, Springer Series in Materials Science, 2016 p.p. 41-82
3. А.В. Грановский, Ю.Е. Калинин, А.В. Ситников, О.В. Стогней. Релаксация транспортных свойств в нанокompозитах ферромагнетик-диэлектрик. Известия РАН, сер. Физ., 80 (9) 1249-1250 (2016)
4. V. Zhukova, A. Talaat, M. Ipatov, A. Granovsky, A. Zhukov, Tuning of giant magnetoimpedance effect of amorphous and nanocrystalline microwires, Advanced Electromagnetics, Vol 5, No 3 (2016), pages 63-68
5. T. Goto, N. Kanazawa, A. Buyandalai, H. Takagi, Y. Nakamura., S. Okajima, T. Hasegawa, A. Granovsky, K. Sekiguchi, C. A. Ross, M. Inoue, Spin wave differential circuit for realization of thermally stable magnonic sensors, Appl. Phys. Lett. 106, 132412

Ученый секретарь

физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,

профессор



В.А. Караваев