

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Буробиной Вероники Геннадьевны на тему: «Исследования магнитных свойств в GaAs: Mn, LaSrMnO₃ и YIG», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — Физика конденсированного состояния.

Диссертация В. Г. Буробиной посвящена исследованию некоторых магнитных свойств в трех различных материалах. В каждом из материалов рассматриваются различные свойства, так что исследования связаны только названием: «магнитные свойства».

В первой главе диссертации представлен теоретический анализ зависимости времени спиновой релаксации электронов от мощности оптического возбуждения в GaAs:Mn. Экспериментальные данные взяты из статьи [Astakhov et al., Phys. Rev. Lett. **101**, 076602 (2008)]. Теоретическое моделирование, описанное в этой главе диссертации, основано на статье с участием соискателя [V. Burobina and Ch. Binek, “Spin relaxation time dependence on optical pumping intensity in GaAs:Mn,” J. Appl. Phys. **115**, 163909 (2014)]. Для описания зависимости времени спиновой релаксации от мощности оптического возбуждения используются кинетические уравнения с параметрами, описывающими релаксацию носителей (дырок и электронов) и их генерацию. К сожалению, не приводится анализа полученных из подгонки значений параметров. Более того, не исследуется область применимости уравнений, и не производится никакой предсказательной работы, что, по моему мнению, является основой теоретических работ. Соответственно, не ясна цель проведенной работы. В качестве вывода говорится о том, что авторам удалось описать зависимость релаксации электронов от мощности накачки. Этот же вывод был приведен и в оригинальной статье Астахова и других [Phys. Rev. Lett. **101**, 076602 (2008)], поэтому остается неясным, что нового сделано в этой работе.

Глава 2 посвящена описанию магнето-калорическому (magnetocaloric) эффекту и его возможному применению для охлаждения вещества. Описание основано на статье в соавторстве с соискателем [Ch. Bineka and V. Burobina, “Near-room-temperature refrigeration through voltage-controlled entropy change in multiferroics”, Appl. Phys. Lett. **102**, 031915 (2013)]. В этой главе произведен теоретический расчет изотермического изменения энтропии для образца, экспериментально исследованного в работе других авторов [C. Thiele et al., Appl. Phys. Lett. **87**, 262502 (2005)]. Эти авторы показали, что использование обратного пьезоэлектрического эффекта позволяет изменять температуру Кюри магнитной пленки с помощью приложенного электрического напряжения. В. Г. Буробина, произвела расчет изменения энтропии и сделала далеко идущий вывод о том, что использование этого эффекта приведет к созданию новой энергетически и экологически эффективной магнитной охладительной технологии. При этом никаких оценок эффективности устройств, основанных на этой технологии, в диссертации не приводится. Поэтому, на мой взгляд, нельзя говорить о создании новой технологии.

В третьей главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований профиля химического состава в двух образцах с магнитными пленками. Результаты получены с помощью трех методов. Метод регистрации высокочастотного магнитного отклика (ферромагнитного резонанса) практически не описан. Метод пропускания спиновых волн также не описан. Есть ли количественная связь между амплитудой сигнала на рисунках 15 и 16 и эффективной толщиной пленки с ненулевой

магнитной восприимчивостью? В отличие от предыдущих двух методов, соискатель очень подробно описывает метод вторичной ионной масс-спектроскопии (ВИМС, стр. 60 - 63), хотя это является учебным материалом для студентов во многих технических ВУЗах. При исследовании выращенных пленок этим методом, однако, ничего не говорится о таком важном параметре как пространственное разрешение этого метода по толщине пленки. Какова погрешность ВИМС при измерении кривых, представленных на рисунке 19? В работе сказано (стр. 64), что «Fe, Y, Ga и Gd распределены относительно равномерно в этой области». Вместе с тем, кривые на рисунке 19 показывают сильное изменение концентрации этих элементов в пределах этой области. Чему верить? На страницах 66-70 описываются результаты экспериментального исследования и теоретического моделирования состава выращенных пленок методом рефлектометрии поляризованных нейтронов (polarized neutron Reflectometry, PNR) и отражения рентгеновских лучей с угловым разрешением (X-ray reflectivity, XRR). Эти экспериментальные методы также не описаны. Кривые, представленные на рисунке 20, есть результат моделирования экспериментальных кривых, полученных методом XRR. При моделировании рентгеновского отражения была использована 4-х-слойная модель, но детали модели не описаны. Измеренная и подгоночная кривые приведены на рисунке 21, но никакого обсуждения не сделано. Что отложено на горизонтальной оси на этом рисунке? В качестве вывода к этой главе диссертации говорится (стр. 72), что: «Подтверждено наличие мёртвого магнитного слоя в плёнках YIG/GGG». На мой взгляд, главным результатом этой части работы является определение состава пленки несколькими методами. Роль соискателя в этом исследовании неясна.

Русскоязычная часть диссертации содержит множество непонятных и голословных утверждений. Например:

«В соответствии с магнитокалорическим эффектом магнитное охлаждение имеет потенциал высокой энергетической эффективности» (стр. 4) – Голословное утверждение, не подтвержденное результатами диссертационной работы.

«спиновое затухание» (стр. 4) – что это такое?

«Вторая глава посвящена разработке новой энергетически эффективной магнитоохладительной технологии ...» (стр. 5) – Технологические задачи в диссертации не решались!

«Автором разработана методика новой улучшенной магнитной охладительной технологии...» (стр. 7) - технология не разработана!

«Автором лично написана статья об удлинённых временах спиновой релаксации...» - это естественно и не требует упоминания.

Положения, выносимые на защиту (стр. 9).

1. **«Согласие между экспериментальной и теоретической зависимостями времени спиновой релаксации от мощности накачки в GaAs:Mn p-типа демонстрирует, что увеличение времени спиновой релаксации электронов действительно зависит от концентрации фотовозбуждённых дырок на марганце при увеличении мощности накачки...»** - В положении 1 говорится, что выполненное моделирование подтверждает результат, полученный другими авторами [Astakhov et al., PRL 101, 076602 (2008)]. Что нового?
2. **«Представлена новая концепция изменения энтропии посредством контроля напряжения в магнитокалорическом материале...»** - так на что претендует соискатель – на новую концепцию или новую технологию?

«...магнитные процессы в ферромагнитном соединении происходят практически в отсутствии энергетических потерь, что способствует достижению 100% эффективности цикла Карно» (стр. 32) - это голословное утверждение, не подтвержденное ссылками на исследования.

«...межуровневое расстояние в плёнке...» (стр. 54) - что это такое?

Приведенные на рисунке 15 данные получены в магнитном поле около 5 килоЭрстед, в то время как в тексте диссертации (стр. 58) говорится о 550-650 Э. Обозначение вертикальной оси на этом рисунки (ФМР) не расшифровано.

«...исследовалась зависимость толщины пленки от сигнала ферромагнитного резонанса» (стр. 58) - Вероятно сигнал зависел от толщины пленки, а не наоборот.

В подписи к рисунку 16 говорится о распространении спиновых волн, в то время как в оригинальной статье [S. M. Suturin et al., Phys. Rev. Materials **2**, 104404 (2018)], в которой соискатель является соавтором, говорится о пропускании спиновых волн. Что же на самом деле исследовалось? Обозначение вертикальной оси на этом рисунке также не расшифровано.

«Для анализа состава и намагниченности глубинного профиля системы YIG/GGG была использована нейтронная поляризация...» (стр. 66). Что такое «глубинный профайл и нейтронная поляризация»?

«...часть ядерной плотности длины рассеяния» (стр. 66) - что это такое?

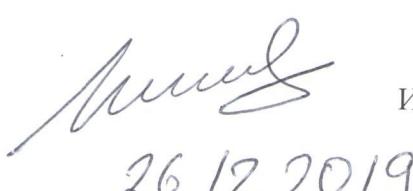
Есть много претензий к оформлению диссертации. Большинство формул в диссертации не пронумерованы. Многие символы в формулах главы 1 диссертации трудно читаемы.

В целом, диссертационная работа В. Г. Буробиной представляет собой композицию трех, тематически не связанных, исследований. При этом результаты первого исследования, посвященного изучению зависимости времени спиновой релаксации электронов в исследуемых структурах, практически не содержат элемента новизны. Вывод автора по поводу практической ценности результатов второго исследования, посвященного анализу изменений энтропии мультиферроиков при приложении электрического поля, не опирается на конкретные оценки эффективности охлаждения исследуемых систем в таком процессе. Что касается третьего исследования, ориентированного на определение химического состава магнитных пленок, то из текста диссертации непонятно, каков вклад автора диссертации в эти исследования.

На основании изложенного выше считаю, что диссертация Буробиной Вероники Геннадьевны на тему: «Исследования магнитных свойств в GaAs: Mn, LaSrMnO₃ и YIG» не соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Буробина Вероника Геннадьевна не заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — Физика конденсированного состояния.

Председатель диссертационного совета
Доктор физико-математических наук,
профессор

Игнатьев И. В.


26.12.2019