

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Важениной И.Г.
“Развитие метода спин-волновой спектроскопии для исследования магнитных
неоднородностей нанокристаллических, мультислойных и градиентных пленок Fe-Ni,
Co-Ni и Co-P”, представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа И.Г.Важениной относится к одному из актуальных направлений экспериментальной физики. Центральное место в ней занимает проблема разработки методов измерения спин-волновых резонансов в различных пленках и наноструктурах с целью получения данных о магнитных неоднородностях. Важность этой проблемы обусловлена наличием нескольких существенных факторов, влияющих на характеристики ферромагнитного и спин-волновых резонансов в неоднородных и градиентных пленках. Диссертация выполнена на базе современных представлений из нескольких областей экспериментальной физики магнитных явлений и физики твердого тела.

Актуальность темы диссертации обосновывается тем, что в ней рассмотрены наиболее важные факторы, влияющие на микроволновые электромагнитные свойства нанокристаллических, мультислойных и градиентных пленок. С помощью измерения полей и классификации резонансов получена новая существенная информация о распределении намагниченности и константы обменного взаимодействия в исследуемых объектах на нано- и микро-масштабах. Диссертантом ясно изложены преимущества спин-волновой спектроскопии для исследования магнитных неоднородностей. Полученные данные позволяют восстановить профиль изменения намагниченности по толщине пленки, оценить масштабы вариации параметра обменной жесткости.

Новизна полученных диссертантом результатов заключается в том, что впервые построен метод обработки результатов измерения ферромагнитного и спин-волнового резонансов (ФМР и СВР), позволяющий получить весьма полный комплект сведений о материальных константах наноструктурных объектов. Установлена концентрационная зависимость константы обменного взаимодействия и зависимость эффективного параметра обменной жесткости от волнового числа для пленок состава Fe-Ni. Проведен анализ спектра спиновых волн градиентных пленок Co-Ni и Co-P.

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Во введении содержится постановка задач исследования, поставлена цель диссертационной работы, доказана ее

научная новизна и указано, какие задачи должны быть решены для достижения основной цели работы. **В первой главе** приводятся имеющиеся в литературе сведения об анализе результатов измерения спин-волновых резонансов. Особое внимание уделено влиянию неоднородностей в магнитной системе на резонансы и получению сведений о магнитной неоднородности из измерения резонансов. Принципиальную важность имеет положение, что по виду искажения дисперсионного уравнения спиновых волн можно установить, флуктуации какого магнитного параметра доминируют в данном объекте исследования. На основе проведенного анализа выявлены проблемы, не получившие решения к началу данной работы.

Во второй главе рассмотрены методики выполнения исследований, в первую очередь получения тонкопленочных образцов и их аттестации. В работе использованы два способа получения тонких пленок: термическое испарение и химическое осаждение. Рассмотрены методы измерения ферромагнитного и спин-волнового резонансов. Указаны схемы построения измерительных установок, даны рекомендации по получению данных о характеристиках исследуемых материалов.

В третьей главе выполнено систематическое исследование тонких нанокристаллических пленок Fe-Ni методом спин-волновой спектроскопии. Исследование ферромагнитного резонанса позволило получить сведения об эффективной намагниченности. В результате выполнения экспериментов методом спин-волновой спектроскопии получена зависимость константы обменного взаимодействия от концентрации никеля в сплаве.

В четвертой главе методом спин-волновой спектроскопии изучены мультислойные наноструктуры состава Fe-Ni-P/Pd и Co-P. Рассмотрены особенности ФМР и СВР в многослойных структурах, получены обменные константы слоев.

В пятой главе приведены результаты исследования градиентных пленок составов Co-P и Co-Ni. Проведено сопоставление вида спектров спиновых волн при различных задаваемых магнитных параметрах (намагниченности и обмена). Решение дисперсионного уравнения для спиновых волн находится по аналогии с решением уравнения Шредингера.

В конце каждой главы приводятся краткие выводы. Основные результаты работы суммированы в **Заключении**. Научные положения и результаты работы, как правило, хорошо обоснованы, изложены с применением современных научных представлений. Объем полученных результатов, их надежность вполне достаточны для кандидатской диссертационной работы.

Замечания по работе.

1. В работе практически не используются данные измерения магнитных свойств исследуемых объектов традиционными методами магнитных измерений. Это несомненный недостаток работы. Использование таких данных было бы особенно полезно, например, для анализа концентрационной зависимости эффективной намагниченности пленок Fe-Ni.
2. Мультислоистые наноструктуры характеризуются не только внутрислойной обменной константой, но еще одной или двумя константами межслойного обменного взаимодействия. Анализ результатов спин-волновой спектроскопии наноструктур выполнен в диссертации без учета существования межслойного взаимодействия. Качественная картина распределения спиновых волн в многослойном объекте необоснованно упрощена.
3. В главе 4 определены внутрислойные обменные константы для слоев Fe-Ni-P и Pd. Атомам палладия приписывается магнитная поляризация. Проблема о магнитной поляризации и магнитном упорядочении палладия насчитывает многолетнюю историю, она не получила решения до настоящего времени. Данная диссертационная работа не может претендовать на существенный вклад в ее решение, так как способ получения объектов не гарантирует полного отсутствия примесей 3d-металлов в слое палладия. Поэтому практически невозможно сказать, какому именно объекту соответствуют определенные в работе свойства: самому палладию, или примесям в палладию.
4. По мнению автора диссертации, двойные резонансы на Рис.3.8 не связаны с возбуждением спин-волновых мод и могут быть объяснены существованием двух типов микроскопических областей с различными магнитными параметрами. Это только предположение, которое надо было бы подкрепить данными электронной микроскопии и зондовой магнитной силовой микроскопии.
5. На стр. 55 говорится: “Величина магнитной восприимчивости в случае ферромагнитного резонанса должна быть бесконечно большой, что практически не имеет места”. На самом деле точно при условии ФМР действительная часть магнитной проницаемости равна нулю.
6. Диссертация в целом хорошо оформлена, но есть и замечания. Одним и тем же символом M_0 автор обозначает совершенно разные величины. На стр.40 – это “вектор магнитного момента”, хотя там обозначена скалярная величина. Через одну строчку M_0 уже модуль переменной намагниченности. В формуле (1.1) M_0 – намагниченность в центре пленки. На стр. 41 M_0 – “истинное значение намагниченности”. На стр.92 M_0 – “величина намагниченности образца”, имеется в виду мультислоистый образец. Толщина пленки обозначается то d , то L . Откуда взяты формулы (2.15),(3.4)? В работе есть опечатки.

Однако отмеченные недостатки не снижают ценности работы. В целом, работа выполнена на высоком научном уровне.

Обоснованность правильности решения и достоверность результатов
подтверждаются применением современных методов исследования, сопоставлением

результатов, полученных на разных материалах и в разных условиях, сравнением с результатами других авторов. Полученные результаты представляются надежно проверенными и апробированными.

Значимость для науки и практики обусловлена тем, что разработанный метод анализа результатов спин-волновой спектроскопии позволяет определить доминирующий флуктуирующий магнитный параметр, и сделать оценки обменных констант и эффективной намагниченности, а также масштабов флуктуаций этих параметров в исследованных пленках и наноструктурах.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Поставленные цели в работе достигнуты. Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых научных журналах, докладывались на российских и международных научных конференциях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Заключение. Диссертация представляет собой законченную работу, представляющую совокупность научно-технических решений для исследования спиновых волн методом спин-волновой спектроскопии и их использования при изучении магнитных неоднородностей в ферромагнитных пленках и наноструктурах. Диссертация Важениной И.Г. удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

Заместитель директора по научной работе

Института физики металлов УрО РАН,

доктор физико-математических наук

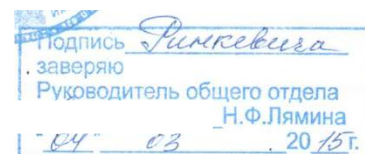
А.Б. Ринкевич

Ринкевич Анатолий Брониславович

620990. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18

Тел.: (343) 374-43-31

E-mail: rinkevich@imp.uran.ru



Список трудов Ринкевича А. Б.

1. Ринкевич А.Б., Носов А.П., Васильев В.Г., Владимирова Е.В., Устинов В.В. Эффективная генерация гармоник магнитного потока в тороидальном образце из манганита лантана // Радиотехника и электроника, 2010, т.55, №11, с.1354-1361
2. A.Rinkevich, A.Nosov, V.Vassiliev, and E.Vladimirova, Strong harmonic generation in the chaotic regime of magnetization reversal lanthanum manganite // Phys. Scr., 2010, v.82, pp.065704-065710
3. A.B. Rinkevich, D.V. Perov, V.O. Vaskovsky. Types of magnetic resonances in electromagnetic wave penetration through thin magnetic films // Phys. Scr. 2011, v.83, p. 015705 (13pp)
4. V.V. Ustinov, A.B. Rinkevich, D.V. Perov, M.I. Samoilovich, S.M. Klescheva. Anomalous magnetic antiresonance and resonance in ferrite nanoparticles embedded in opal matrix // JMMM, 2012, v.324, No.1, p.78–82
5. A.B. Rinkevich, D.V. Perov, M.I. Samoilovich, S.M. Klescheva. Magnetic antiresonance in metamaterial based on opal matrix with metallic cobalt nanoparticles embedded // Metamaterials, 2012, v.6, No.1-2, p.27-36
6. G. S. Makeeva, O. A. Golovanov, M. Pardavi-Horvath, and A. B. Rinkevich. A probabilistic model for the interaction of microwaves with 3-dimensional magnetic opal nanocomposites. Journ. Appl.Phys. 2013, v.113(17), p.173901(1-6)
7. Ринкевич А.Б., Устинов В.В., Ромашев Л.Н., Миляев М.А., Сидун Н.Н., Кузнецов Е.А. Высокочастотные свойства сверхрешеток Fe/Cr с тонкими слоями Cr на волнах миллиметрового диапазона// ЖТФ. 2013. Т.83.№7.стр.146-152
8. В.В. Устинов, А.Б. Ринкевич, Д.В. Перов, А.М. Бурханов, М.И. Самойлович, С.М. Клещева, Е.А. Кузнецов. Гигантский антирезонанс в отражении электромагнитных волн от 3D-структуры с наночастицами ферритов-шпинелей // Журнал технической физики, 2013, том 83, вып. 4 стр. 104-112
9. Г.С. Макеева, О.А. Голованов, А.Б. Ринкевич. Электродинамический расчет тензора эффективной магнитной проницаемости магнитных 3d-нанокмпозитов в микроволновом диапазоне // Радиотехника и электроника. 2014. Т.59. №1. Стр.16-26
10. A.B. Rinkevich, M.I. Samoilovich, S.M. Klescheva, D.V. Perov, A.M. Burkhanov, E.A. Kuznetsov. Millimeter-Wave Properties and Structure of Gradient Co-Ir Films Deposited on Opal Matrix // IEEE Trans. on Nanotechnology, 2014, v.13, No.1, p.3-9
11. V.E. Demidov, S. Urazhdin, A.B. Rinkevich, G. Reiss, S.O. Demokritov. Spin Hall controlled magnonic microwaveguides// Appl. Phys. Lett. 2014, 104, No.15, p.152402 (1-4)
12. A.B. Rinkevich, A.M. Burkhanov, D.V. Perov, M.I. Samoilovich, S.M. Klesheva, E.A. Kuznetsov. Electromagnetic and magnetic properties of magnetophotonic crystal based on opal matrix with Co and CoO nanoparticles// Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications 2014, v.12, p.144–151
13. Rinkevich, A.B., Kuznetsov, E.A., Perov, D.V., Yu. Ryabkov, M. Samoylovich, S. Klescheva. Microwave Dielectric Properties of Ceramic and Nanocomposite Titanates of Transition Metal // Journal of Infrared Millimeter and Terahertz Waves, 2014, Vol. 35, Issue 10, p.860-870
14. А.Б. Ринкевич, Д.В. Перов, Ю.И. Рябков, Н.А. Секушин. Микроволновые свойства материалов со структурами доломита и ильменита // Радиотехника и электроника, 2014, т.59, вып.4. с.316-322

Список трудов заверяю

И. О. ученый секретарь ИФМ УрО РАН

к.ф.м.н

Суркова Т.П.