

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
*Макарова Андрея Владимировича*  
**на тему: «Исследование структурных, магнитных и магнитооптических**  
**свойств трёхслойных тонкоплёночных систем**  
**Fe/полидифениленфталид/Fe, Co/Gd/Co и Co/Cu/Co»**  
**по специальности 1.3.12 – «физика магнитных явлений»**

Диссертационная работа А.В. Макарова посвящена **актуальной** тематике – трехслойным тонкоплёночным системам ферромагнитных и диамагнитных материалов, в частности материалам с полимерной прослойкой полидифениленфталида, проявляющего весьма необычную способность изменять проводимость под действием магнитного поля и термического воздействия.

В работе *впервые* проведено исследование магнитополевого поведения тонкоплёночных систем с полимерными слоями, также исследованы температурные зависимости магнитных свойств систем Co/Gd/Co и Co/Cu/Co, ранее изученных только при комнатной температуре, что обуславливает **новизну** работы. **Достоверность** работы обоснована воспроизводимым характером результатов измерений, использованием современных взаимодополняющих экспериментальных методик, непротиворечивостью утверждений. Результаты работы опубликованы в 7 статьях в рецензируемых журналах, прошли апробацию на различных международных и российских конференциях.

Структура диссертации соответствует классической форме: литературный обзор выделен в отдельную главу, после каждого его раздела сделаны выводы, из которых следует постановка конкретных задач данной диссертации. Во второй методической главе приведены сведения об

изучаемых образцах и экспериментальных методиках. В третьей главе приведены собственно результаты исследований свойств тонкоплёночных систем, заявленных в названии диссертации. В частности, хотелось бы отметить: обнаруженную в работе зависимость значения поля насыщения и коэрцитивной силы от толщины полимерной прослойки (при том, что толщина магнитных слоев оставалась неизменной) и анализ роли в этом явлении обменного и магнитостатического взаимодействий; нахождение точки компенсации в системах Co/Gd/Co; наблюдение двухступенчатых петель гистерезиса в системах Co/Cu/Co с косвенным обменом слоев кобальта через медную прослойку.

Среди достоинств диссертации следует отметить большой объем проделанной работы, тщательность при проведении магнитных измерений (так, анализу погрешностей посвящен отдельный параграф), аккуратность текста (редкая работа без грамматических опечаток) и продуманную структуру диссертации: наличие списка сокращений, обстоятельный литературный обзор и т.п.

При общей высокой оценке диссертационной работы следует отметить ряд замечаний:

1. В обзоре литературы на с.17 при описании свойств трехслойных структур Ni/ПДФ/Al и Ni/ПДФ/Cu написано, что «при достижении небольшого критического поля, зависящего от материала электродов, происходил переход в высокопроводящее состояние», однако механизм перехода желательно было бы пояснить.
2. На с. 47 в формуле (6) для дроби используется косая черта, но отсутствуют скобки, указывающие границы знаменателя.
3. Во второй методической главе на с.53 желательно пояснить, как с помощью атомно-силового микроскопа измерялась толщина полученных

пленок, поскольку данный вид микроскопии предназначен для исследования поверхности образца, а не глубинных слоев.

4. В третьей главе, посвященной результатам измерений трехслойных структур железа и их обсуждению на странице 75 говорится, что «ОЛН направлена вдоль длины образцов. Анизотропия обусловлена формой образцов». Ранее на странице 54 при описании метода изготовления трехслойных структур кобальта упоминалось поле 250Э, приложенное вдоль длинной стороны. Является ли форма единственной причиной анизотропии и не применялось ли подобной полевой методики наведения анизотропии при изготовлении трехслойных структур железа?

5. На графике зависимости поля насыщения от толщины пленки гадолиния (рис. 36) стоило бы указать погрешность в явном виде, поскольку по его результатам делается вывод об осциллирующем характере косвенного обменного взаимодействия между слоями кобальта через прослойку гадолиния, в то время как разброс точек может быть статистическим.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.12 – «физика магнитных явлений» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Макаров Андрей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «физика магнитных явлений».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физики колебаний  
физического факультета  
ФГБОУ ВО Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова

Пятаков Александр Павлович

07.09.2023

Контактные данные:

тел.: 7(495)9394138, e-mail: pyatakov@physics.msu.ru  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:  
01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, д. 1, стр. 2.  
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,  
физический факультет, кафедра физики колебаний.  
Тел.: +7(495)9391682; e-mail: info@physics.msu.ru

Подпись профессора кафедры физики колебаний  
физического факультета

ФГБОУ ВО Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова

А.П. Пятакова удостоверяю

Ученый секретарь Ученого совета физ. фак-та МГУ,  
д.ф.-м.н, проф. В.А. Караваев