

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Банниковой Натальи Сергеевны

«Структурные, магнитные и магнитотранспортные свойства сверхрешеток на основе меди и сплавов 3-d металлов», представленную на соискание ученой

степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.11 – физика магнитных явлений

Диссертационная работа Банниковой Н.С. посвящена установлению физических закономерностей влияния различных буферных слоёв на структурные, магнитные и магнитотранспортные свойства сверхрешёток на основе меди и сплавов 3d-металлов. Более конкретно, эта работа изначально направлена на решение проблемы создания сверхрешеток с заранее заданными и управляемыми свойствами, которые демонстрируют высокие значения магнитосопротивления (до 54 % при комнатной температуре) в сочетании с как можно более слабым гистерезисом. В научном плане была поставлена цель, состоящая в выявлении корреляций между микроструктурой, магниторезистивными свойствами и гистерезисом магнитосопротивления. В связи с вышесказанным, рецензируемая диссертационная работа является, безусловно, актуальной и важной как с чисто научной, так и с практической точек зрения.

В мире выполнено множество работ аналогичной направленности, однако автору удалось разработать методы получения сверхрешеток с экстремально большими значениями магнитосопротивления в сочетании одновременно с высокой магниторезистивной чувствительностью и слабым гистерезисом.

Автором выполнен подробный обзор имеющихся литературных данных, особое внимание уделено известным данным о корреляции между микроструктурой слоев и магниторезистивными свойствами сверхрешёток.

Необходимо отметить, что диссертационная работа хорошо структурирована, все ее разделы логически связаны между собой. Полученные в диссертации результаты соответствуют поставленной цели и сформулированным задачам исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения. Во введении сформулирована актуальность работы, цели и задачи. В первой главе дан весьма подробный

аналитический обзор научной литературы по теме диссертационной работы. Приведены фактические данные. Дана оценка достигнутых в мире результатов. Сделаны критические оценки используемых подходов и намечены пути решения важнейших проблем. В частности, отмечено, что к моменту начала работы над диссертацией отсутствовали надежные систематические данные о влиянии материала и толщины буферного слоя на структурные, магнитные и магниторезистивные свойства сверхрешеток CoFe/Cu и NiFeCo/Cu, что и определило основную цель работы. Последняя была мотивирована также необходимостью получения материалов с большими значениями магнитосопротивления в сочетании с высокой магниторезистивной чувствительностью и слабым гистерезисом. Вторая глава посвящена детальному описанию использованных в работе экспериментальных методик и методам приготовления образцов. Описаны объекты исследования, процесс магнетронного распыления, подготовка поверхности подложек, метод бесконтактной оптической интерферометрии, методы измерения магнитных и магниторезистивных свойств. Представлены методы рентгенографических измерений, элементного состава материалов, исследования микроструктуры и др. Качество использованного оборудования, методов и методик заслуживает самой высокой оценки. В третьей главе представлены результаты синтеза и исследования основных характеристик сверхрешеток Co/Cu. Следует отметить, в частности, что на примере Co/Cu Банниковой Н.С. отработаны процессы лабораторного магнетронного напыления многослойных наногетероструктур, подобраны необходимые буферные слои и их толщина. Это позволило получить значения магнитосопротивления на уровне зарубежных аналогов (до 50% при комнатной температуре при небольшом количестве пар слоев). Четвертая глава посвящена изучению влияния буферного слоя, а пятая – режимов отжига на свойства многослойных пленок CoFe/Cu. Исследование зависимостей магнитосопротивления и H_{\max} от толщины буферного слоя позволило найти оптимальные значения толщины буферных слоев CoFe(15), Cr(35) и NiFeCr(50). Установлены оптимальные режимы отжига (температура и длительность) для исследованных сверхрешеток. В шестой главе диссертантом исследованы свойства сверхрешеток NiFeCo/Cu с высокой магниторезистивной чувствительностью и слабым гистерезисом. В заключении резюмированы основные результаты диссертационной работы.

Научная значимость рецензируемой работы Банниковой Н.С. заключается в том, что на основе всестороннего анализа выполненных ей трудоемких и тщательных исследований физических процессов, в вышеуказанных типах магнитных металлических сверхрешеток, впервые выявлены закономерности поведения их магнитных, магнитотранспортных

характеристик. Установлены также условия температурной стабильности этих характеристик в зависимости от материала и толщины буферного слоя.

Достоверность результатов, обоснованность положений и выводов по работе обеспечивается целым рядом методических и технических факторов. Все экспериментальные данные получены на сертифицированном (зачастую уникальном и самом современном), а также прошедшем метрологический контроль оборудовании. Это касается, как установок для изготовления тонких металлических пленок, так и установок для измерения физических свойств образцов. Обеспечивался большой статистический набор экспериментальных данных, характеризовавшихся высокой воспроизводимостью. Несомненным плюсом является осуществлявшаяся автором проверка соответствия элементного состава магнетронных мишеней и полученных распылением на подложку пленок. Полученные результаты не противоречат уже имеющимся в литературе данным и моделям.

В качестве практической значимости полученных результатов следует отметить разработанную автором технологию изготовления магнитных металлических сверхрешёток Co/Cu и Co₉₀Fe₁₀/Cu и сверхрешеток на основе тройных сплавов Ni-Fe-Co и меди, которая позволяет получать материалы со стабильно высокими значениями магнитосопротивления при использовании различных подложек и буферных слоев.

Предложенные пути оптимизации магниторезистивных характеристик сверхрешеток NiFeCo/Cu позволили получить сочетание высокой магниторезистивной чувствительности (0.1-0.3) %/Э, больших значений магнитосопротивления (12-16) % и относительно малого гистерезиса (≤ 10 Э) при комнатной температуре. Важным является то, что сверхрешетки были приготовлены на кремниевых пластинах диаметром 100 мм, используемых в промышленности. Это говорит о минимизации комплекса проблем, связанных с последующим внедрением разработанных материалов в производство магнито-чувствительных элементов.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Почему константы обменного взаимодействия вычислены только для системы Co/Cu? Вычисление констант для других изученных сверхрешеток позволило бы лучше понять тип упорядочения магнитных моментов в такой системе.
2. Отсутствует объяснение некоторых сокращений и обозначений, таких, как, например, в таблице 1.1 со стр. 28: «DC-магнетрон, IBS sputtering, RF sputtering».
3. В литературном обзоре, глава 2, применяются как единицы системы Си, так и СГС,

было бы удобнее воспринимать все в одной системе единиц.

4. В тексте диссертационной работы имеются громоздкие выражения, а также приводятся без пояснения некоторые термины, например, «функциональная часть сверхрешётки» (стр. 105) и др.

5. Имеется ли взаимосвязь величины ΔH , определенной на стр. 106 и равной ширине петли гистерезиса магнитосопротивления на полувысоте, с коэрцитивной силой для данного типа сверхрешеток?

6. Для лучшего восприятия некоторые графики можно было бы упростить, сделав вставку к рисунку отдельным рисунком, это касается, например, рис. 4.8 стр. 79 и рис. 5.4 стр. 97.

Указанные недочеты не снижают общей положительной оценки работы.

Личное участие автора, заключается в постановке совместно с научным руководителем цели и конкретных задач диссертационной работы, синтезе структур, проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных, обсуждении с руководителем и коллегами полученных результатов, подготовке к публикации статей. С учетом публикаций и выступлений на научных конференциях решающий вклад автора в выполнении представленной к защите работы не вызывает каких-либо сомнений. В работе корректно даны ссылки на работы коллег и работы с участием коллег.

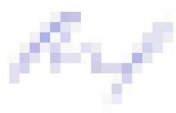
Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений: по формуле специальности, области исследования (п.п. 3 и 5) и отрасли физико-математических наук.

Диссертационная работа Н.С. Банниковой является законченной научно-исследовательской работой, в которой получен ряд принципиально новых результатов, отраженных в научной и практической значимости работы. При использовании метода магнетронного напыления решена проблема синтеза многослойных наноструктур на основе меди и кобальта, а также меди и двойных сплавов Co-Fe, меди и тройных сплавов Ni-Fe-Co с различным содержанием отдельных компонентов. Оптимизация практически важных свойств сверхрешеток производилась посредством выявления физических закономерностей влияния различных буферных слоёв на структурные, магнитные и магнитотранспортные свойства сверхрешёток.

Выполненная диссертационная работа полностью отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней Высшей аттестационной комиссии РФ,

а ее автор Банникова Наталья Сергеевна, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Заведующий лабораторией
пучковых воздействий,
главный научный сотрудник
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института электрофизики УрО РАН,
доктор физ.-мат. наук, профессор



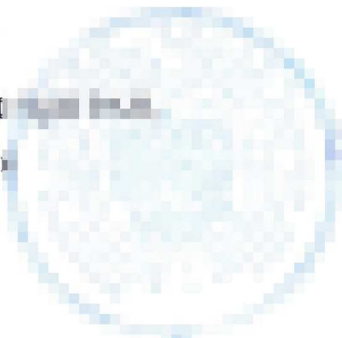
В.В. Овчинников
«24» ноября 2016 г.


Почтовый адрес: 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 106
Тел.: +7(343)267-87-74, +7(343)267-87-12
E-mail: vladimir@iep.uran.ru, viae05@rambler.ru

Ученый секретарь ИЭФ
кандидат физ.-мат. наук



Е.Е. Кокорина



С отзывом ознакомлена
 Банникова Н.С.
30.11.2016 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертации Банниковой Натальи Сергеевны на тему
«Структурные, магнитные и магнитотранспортные свойства сверхрешеток
на основе меди и сплавов 3-d металлов»
по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук

Фамилия, имя, отчество	Овчинников Владимир Владимирович
Гражданство	Российская Федерация
Ученая степень (с указанием шифра специальности по которой защищена диссертация)	Доктор физико-математических наук, 01.04.07
Основное место работы	
Должность	Заведующий лабораторией
Наименование подразделения	Лаборатория пучковых воздействий
Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук
Почтовый индекс, адрес, веб-сайт, телефон, адрес электронной почты организации	620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 106 http://www.iep.uran.ru (343) 267-87-96 admin@iep.uran.ru
<p>Список основных публикаций официального оппонента, составляющего отзыв, за последние пять лет по теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ovchinnikov V. V., Gushchina N. V., Bedin S.A. Combined ion (Ar^+, 20 keV) and light irradiation of the quenched Fe-8.25 at % Mn alloy. Separation between thermal and radiation induced long-range effects // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 110. – 012027.2. Gushchina N.V., Ovchinnikov V.V., Makhin'ko F.F., Remnev G.E. Gusel'nikov V.I. Effect of powerful pulsed and continuous ion beams on the Al-Cu-Mg alloy structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 110. – 012102.3. Овчинников В.В., Гущина Н.В., Овчинников С.В. Мессбауэровское и	

- резистометрическое исследование индуцированного ионной бомбардировкой α (ОЦК) \rightarrow γ (ГЦК) фазового превращения и внутрифазовых процессов в сплаве Fe + 8,25 ат. % Mn // ФММ. – 2015. – Т. 116. – № 12. – С. 1-11.
4. Gushchina N.V., Ovchinnikov V.V. Mücklich A. Acceleration of volume decomposition of supersaturated Al + 4 wt.%Cu solid solution under irradiation with Ar⁺ ions // Phys. Status Solidi B. – 2016. – Vol. 253. – № 4. – P. 770-777.
 5. Ovchinnikov V.V., Gushchina N.V., Gapontseva T.M., Chashchukhina T.I., Voronova L.M., Pilyugin V.P., Degtyarev M.V. Optimal deformation and ion irradiation modes for production of a uniform submicrograin structure in molybdenum // High Pressure Research. – 2015. – № 5. – P. 1-10.
 6. Ovchinnikov V.V., Makhin'ko F.F., Solomonov V.I. Thermal-spikes temperature measurement in pure metals under argon ion irradiation (E = 5-15 keV) // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – V. 652. P. 012070.
 7. Чердынцев В.В., Медведева Е.В., Махинько Ф.Ф., Гущина Н.В., Овчинников В.В., Александрова С.С. Влияние ионного облучения на процесс механоактивационного синтеза порошкового сплава Al₇₃Cu₁₁Cr₁₆ // Физика и химия обработки материалов. – 2015. – № 2. – С. 20-28.
 8. Medvedeva E.V., Tcherdyntsev V.V., Makhinko F.F., Gushchina N.V., Ovchinnikov V.V. Mechanical Alloying of Al₇₃Cu₁₁Cr₁₆ Alloy from Ion Irradiated Powders // Acta Physica Polonica A. – 2014. – Vol. 126. – № 4. – P. 979-983
 9. Овчинников В.В., Можаровский С.М., Гущина Н.В., Махинько Ф.Ф., Колобнев Н.И., Хохлатова Л.Б. Исследование возможности радиационного отжига сплава 1424 (Al-Li-Mg-Zn-Mn) пучками ускоренных ионов аргона // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. – 57. – № 3/3. – С. 216-219.
 10. Гущина Н.В., Овчинников В.В., Клепикова А.А., Махинько Ф.Ф., Кайгородова Л.И. Влияние облучения ионами Ar⁺ средних энергий на структуру и свойства холоднодеформированного сплава системы Al-Cu-Mg-Mn // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 3/3. – С. 281-284.
 11. Овчинников В.В., Гущина Н.В., Можаровский С.М., Кайгородова Л.И. Исследование процессов формирования наноразмерных интерметаллидных фаз в сплаве 1441 системы Al-Li-Cu-Mg-Mn в ходе облучения пучками ускоренных ионов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 1/2. – С.163-166.
 12. Овчинников В.В., Гущина Н.В., Махинько Ф.Ф., Сдобнов Н.В., Федяй А.В. Ионно-лучевая обработка порошков карбонильного железа с целью улучшения функциональных характеристик сердечников для электронных устройств из композита «диэлектрик – карбонильное железо» // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. –

№ 1/2. – С. 167-170.

13. Чемеринская Л.С., Овчинников В.В., Сачков И.Н. Иницируемое ионным облучением упорядочение сплава FePd₂Au // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т.56. – № 1/2. – С. 171-174.
14. Овчинников В.В., Махинько Ф.Ф., Соломонов В.И., Гущина Н.В., Кайгородова О.А. Свечение поверхности металлических мишеней при облучении ионами Ar⁺ с энергией 5-20 кэВ // ПЖТФ – 2012. – Т. 38. – Вып. 1. – С. 86-94.

Даю согласие на обработку моих персональных данных и на размещение их в свободном доступе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и в единой информационной системе.

Официальный оппонент

В.В. Овчинников

Ученый секретарь И
кандидат физ.-мат.

Е.Е. Кокорина

