ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №_____

решение диссертационного совета от 17 мая 2019 г. №3

о присуждении Ярикову Станиславу Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертация «Магнитные и резонансные свойства пленочных структур в системе пермаллой-висмут» по специальности 01.04.11 – «Физика магнитных явлений» принята к защите 1 марта 2019 г., протокол №2, диссертационным советом Д 003.075.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки №1514/НК от 25 ноября 2016 г.

Соискатель Яриков Станислав Алексеевич 1990 года рождения, в 2013 г. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ), в 2017 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ).

Яриков С.А. работает младшим научным сотрудником в лаборатории магнитодинамики Института физики им. Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ СО РАН) – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН. Министерство науки и высшего образования.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Патрин Константин Геннадьевич, директор ООО «Енисейзолотоавтоматика».

Официальные оппоненты: Шалыгина Елена Евгеньевна, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник, кафедра магнетизма, физический факультет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ); Паршин Анатолий Сергеевич, д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой технической физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева»(СибГАУ).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Башкирский государственный университет" (г. Уфа). Ведущая организация в своем положительном заключении, подписанном д.ф.-м.н., профессором, заведующим кафедрой теоретической физики Вахитовым Р.М., отметила, что диссертация Ярикова С.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены новые интересные и важные результаты, а многослойные наноразмерные структуры ос слоями ферромагнитный металл/полуметалл могут быть перспективны для устройств спинтроники и наноэлектроники.

Соискатель имеет 4 работы по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых журналах: **1**) Патрин, Г.С. Исследования межслоевых взаимодействий в трехслойных пленках FeNi/Bi/FeNi / Г.С. Патрин, В.Ю. Яковчук, Д.А. Великанов, К.Г. Патрин, С.А. Яриков // Известия РАН. Серия физическая. – 2012. – Т. 76, №2. – С. 205-207; **2**) Patrin, K.G. Magnetism and Magnetoresistance in NiFe/Bi/NiFe Films / K.G. Patrin, V.Yu. Yakovchuk, G.S. Patrin, S.A. Yarikov // Solid State Phenomena. – 2012. – V. 190. – P. 439-442; **3**) Патрин, К.Г. Магнитный резонанс в пленках FeNi/Bi/FeNi / К.Г. Патрин, С.А. Яриков, В.Ю. Яковчук, Г.С. Патрин, Ю.П. Соломатов, В.Г. Плеханов // Письма в ЖТФ. – 2015. – Т. 41,

В. 22. – С. 48-54; **4**) Патрин, К.Г. Магниторезонансные исследования трехслойных пленок FeNi/Bi/FeNi / К.Г. Патрин, С.А. Яриков, Г.С. Патрин, В.Ю. Яковчук, А.И. Лямкин // ЖЭТФ. – 2017. – Т. 151, В. 5. – С. 919-923. Объем – 1,9 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

Ведущая организация – отзыв положительный. Замечания: 1) Измеренная шероховатость на поверхности пермаллоя не превышает 2,5 нм. С двух сторон прослойки висмута шероховатость может в предельном случае удвоиться. Правомерно ли применение прослойки висмута менее 5 нм? 2) Было бы желательно на некоторых рисунках указать погрешность измерений и описать их в тексте. 3) Представляют интерес исследования подобных структур с более чем тремя слоями для сравнительного их анализа.

Официальный оппонент д.ф.-м.н Шалыгина Е.Е. Отзыв положительный. Критические замечания: 1) Известно, что в научной литературе наличие и значение константы обменного взаимодействия между магнитными слоями через немагнитный разделительный слой для тонкопленочных структур определяется из зависимости поля насыщения, H_s, от толщины немагнитной прослойки. В диссертационной работе, к сожалению, зависимость H_s, от толщины прослойки висмута приведена только при температуре 4.2°К (рис. 28). Безусловно, сравнение зависимостей поля насыщения от толщины прослойки висмута при низкой и комнатной температурах заслуживает внимания, поскольку в этом случае свойства висмута могут существенно изменяться. Кроме того, в этом же разделе не очень удачен термин «выколотые точки», обозначающие численные значения поля насыщения, H_s. 2) Требует дополнительного обсуждения (пояснения) сравнение зависимостей поля насыщения и обменного поля от толщины прослойки висмута, определяемые соответственно из магнитостатических и магниторезонансных измерений, приведенные на рисунке 38. Как следует из текста диссертации зависимости поля насыщения от толщины висмута, приведенные на рисунках 28 и 38, идентичны, то есть, получены при температуре T = 4.2 К. Вместе с тем зависимость обменного поля от толщины прослойки висмута на рис. 38 измерена в области температур от 50 до 280 К.

Официальный оппонент д.ф.-м.н Паршин А.С. Отзыв положительный. Замечания: 1) Автор значительное место уделяет отработке технологии получения двух- и трехслойных структур, однако постростовая характеризация их физико-химических свойств отражена в диссертации недостаточно. Например, упоминается (с. 49), что толщина слоев измерялась методами рентгеновской спектроскопии, но является ли эта величина эффективной и какова роль интерфейса не упоминается. Также нет подтверждения в работе результатов исследования состава слоев, отмечено только, что признаков наличия соединений висмута с железом и никелем не найдено. В вакуумных условиях, в которых формировались структуры, не исключено образование окислов исходных элементов. 2) На рисунке 25 (с. 55) представлены результаты экспериментальной зависимости относительного изменения резонансного поля в плоскости структуры для двухслойных структур. Непонятно, почему значения этой величины отличаются для 0 и 360°? 3) В описании метода определения поля магнитного насыщения (рис. 27, с. 58) на с. 56 указывается, что «Поле насыщения определяется как точка пересечения касательной к производной (штриховая линия) с продолжением этой прямой линии (сплошная)». Остается неясным в какой точке необходимо проводить касательную, ведь от выбора этой точки зависят результаты определения поля насыщения. 4) Имеются замечания к оформлению списка литературы.

Отзыв д.ф.-м.н. Свалова А.В. Отзыв положительный. Замечания: 1) Совершенствование технологии получения пленок в системе пермаллой-висмут, безусловно, является необходимым условием успешного исследования, но вряд ли может быть **целью** диссертационной работы. 2) К сожалению, отсутствует обсуждение причин увеличения магнитосопротивления в пленках FeNi/Bi/FeNi в сравнении с однослойными пленками FeNi. *Отзыв д.ф.-м.н. Успенской Л.С.* Отзыв положительный. Замечание: К сожалению, недостаточные данные о структуре интерфейсов, не позволяют сделать однозначный вывод о конкретном механизме анизотропии. *Отзыв д.ф.-м.н. Пудонина Ф.А.* Отзыв положительный. Замечаний нет. *Отзыв д.ф.-м.н. Кудасова Ю.Б.* Отзыв положительный. Замечание: В главе 1 автором отмечалось, что ультратонкие пленки вис-

мута имеют свойства, которые сильно зависят от толщины слоя (см. Рис.3). Критической толщиной, свыше которой проводимость пленки висмута становится постоянной, является 15 нм. Поэтому было бы крайне важно провести измерения с прослойками не только до 15 нм, но и превышающими это значение. Сохранится ли обнаруженная аномальная зависимость межслоевого взаимодействия в структуре NiFe/Bi/NiFe, например, на прослойках от 15 до 30 нм? Это позволило бы понять природу обнаруженного явления.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен тем, что они являются ведущими как в России, так и в мире специалистами в области физики магнитных пленок.

Совет отмечает, что в ходе выполненных соискателем исследований:

– Были найдены оптимальные условия для получения двух- и трехслойных пленочных структур в системе пермаллой-висмут методом термического испарения в вакууме.

– Были проведены магнитостатические измерения серии трехслойных пленок NiFe/Bi/NiFe с разной толщиной прослойки висмута. Показано, что зависимость величины поля насыщения от толщины прослойки является осциллирующей, а ее период заметно превышает период осцилляций межслоевого обмена для пленок с немагнитными металлическими прослойками.

– Методом магнитного резонанса определены зависимости межслоевого взаимодействия и интерфейсной магнитной анизотропии от температуры для трехслойных пленок с разной толщиной прослойки. Обнаружена смена знака анизотропии при увеличении толщины прослойки.

– Проведены измерения магнитосопротивления синтезированных структур и обнаружено, что магнитосопротивление трехслойных пленок NiFe/Bi/NiFe по механизму подобно гигантскому магнитосопротивлению.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что обнаружение межслоевого взаимодействия между ферромагнитными слоями через прослойку висмута и появления интерфейсной анизотропии расширяет представления о механизмах формирования магнитной структуры пленки.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что системы пермаллой-висмут, обладающие управляемым межслоевым взаимодействием, могут быть полезны при разработке новых устройств на основе спин-зависимого транспорта.

Достоверность результатов исследования обеспечена применением высокоточного оборудования, надежных методик проведения эксперимента и анализа полученных результатов и подтверждается согласием между данными, полученными из разных экспериментов.

Личный вклад соискателя заключается в проведении магнитостатических и магниторезонансных измерений, участии в создании магнитных пленок NiFe/Bi/NiFe и разработке методики измерений магнитотранспортных свойств.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принято решение присудить Ярикову Станиславу Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 10 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений», 10 – по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 19, против присуждения ученой степени – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д 00[redacted]
д.ф.-м.н. академик РАН Шабанов В.Ф.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.075.01[redacted]
д.ф.-м.н., с.н.с. Втюрин А. Н.

17 мая 2019 год