

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Девятерикова Дениса Игоревича «Кристаллическая структура и магнитное упорядочение в сверхрешётках Dy/Ho и тонких плёнках Dy и Ho», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.12 – Физика магнитных явлений

Диссертация Девятерикова Дениса Игоревича «Кристаллическая структура и магнитное упорядочение в сверхрешётках Dy/Ho и тонких плёнках Dy и Ho» посвящена изучению структуры и магнитных свойств тонких плёнок редкоземельных элементов различными физическими методами. Наноструктуры этих элементов обладают уникальными магнитными свойствами, поэтому изучение их является важным как с практической точки зрения – возможного применения для устройств хранения информации, так и с методологической. Результаты, достигнутые диссертантом в области исследования этих объектов методом рефлектометрии поляризованных нейтронов, могут быть успешно применены для изучения других аналогичных объектов. В этой связи диссертационная работа Девятерикова Дениса Игоревича является **актуальной**.

Не вызывает сомнения **научная новизна** представленных в диссертации результатов. Автору впервые удалось синтезировать тонкие плёнки диспрозия и гольмия и сверхрешётки Dy/Ho с заданным ориентационным отношением

- Определить температурные зависимости магнитного упорядочения в данных объектах, найти разницу с объёмными кристаллами.

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации Девятирикова Д.И. обеспечивается в достаточной мере за счёт:

- успешного применения диссертантом апробированных комплементарных методов исследования – рефлектометрии поляризованных нейтронов, рентгеновской дифрактометрии, SQUID- магнетометрии

- использованием современных измерительных приборов лучших мировых центров коллективного пользования: спектрометр РЕМУР в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка и спектрометра superADAM в Институте Лауэ Ланжевена.

- корректной обработкой и интерпретацией экспериментальных данных

- отсутствием противоречий при сравнении полученных в диссертационной работе результатов, опубликованных в рецензируемых изданиях, с результатами других исследователей, которые представлены в зарубежных и отечественных работах.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 98 страницах, включая 41 рисунок, 7 таблиц, списка трёх основных публикаций в журналах из списка ВАК по теме диссертации и 99 наименований цитируемой литературы.

Во *Введении* формулируется задача исследований, анализируется актуальность темы, практическая и научная ценность и тезисы, выносимые на защиту.

В *Главе 1* даётся литературный обзор, приводятся общие сведения о редкоземельных элементах, их кристаллической структуре и магнитных свойствах.

В *Главе 2* описаны экспериментальные методики, применяющиеся в исследованиях.

Последующие главы 3 – 5 диссертации содержат непосредственно результаты экспериментальных исследований. В *главе 3* описано влияние кристаллографической ориентации подложек сапфира и материала буферного слоя на кристаллическую структуру и магнитные свойства тонких плёнок диспрозия. В *главе 4* приведены результаты исследований структурных и магнитных свойств тонких плёнок диспрозия и гольмия, а также сверхрешёток Dy (6 nm) / Ho (6 nm). В *главе 5* приведены данные по обнаруженным особенностям геликоидального магнитного упорядочения в

тонких плёнках диспрозия и гольмия и в сверхрешётках Dy (6 nm) / Ho (6 nm) при различных температурах и различных величинах внешних магнитных полей.

В *Заключении* автор формулирует основные результаты и выводы диссертационной работы.

Автором было экспериментально обнаружено и детально описано несколько новых явлений. Установлено, что в тонких плёнках Dy (200 nm) и Ho (200 nm) кристаллическая решётка редкой земли не деформирована, и, следовательно, к уменьшению температуры Кюри в тонкой плёнке Dy (200 nm) и подавлению магнитного фазового перехода из геликоидальной в соизмеримую коническую фазу в плёнке Ho (200 nm) приводят размерные эффекты. Подтверждено, что в сверхрешётках [Dy/Ho] формируется когерентно распространяющаяся в сверхрешётке длиннопериодическая магнитная структура, состоящая из двух геликоид с различными периодами. . Обнаружено, что в сверхрешётках [Dy(6 nm)/Ho(6 nm)] периоды магнитных геликоид в слоях Dy и Ho превышают периоды геликоид, наблюдающихся в тонких плёнках Dy(200 nm) и Ho(200 nm). Получены экспериментальные доказательства существования в слоях диспрозия в сверхрешётках [Dy(6 nm)/Ho(6 nm)] в интервале температур от 80 К до 50 К, и в тонкой плёнке Dy (200 nm) при температурах от 80 К до 1.5 К во внешнем магнитном поле, приложенном в плоскости образца, величиной 1 кЭ, веерного магнитного упорядочения.

Вместе с тем следует отметить, что, несмотря на общее положительное впечатление, представленная работа оставляет поводы для некоторых замечаний:

- в основных положениях, выносимых на защиту в п.1 (стр. 8) говорится: «Методом магнетронного распыления синтезированы тонкие плёнки...». Мне кажется, что это не совсем точно отражает суть. Магнетронное распыление известно много десятилетий. Вклад автора и его коллег заключается в том, что они подобрали такие режимы магнетронного распыления, которые

позволили получить впервые качественные тонкие плёнки с заданными параметрами, о чём подробно говорится в тексте диссертации на стр. 31 и 32.

- Автор периодически использует сленговые выражения типа «поляризация по спине» или нетрадиционные термины, например «широкоугольная дифракция нейтронов» - по сути верно, но в научной жизни крайне редко употребляемое. Одно и то же устройство в разных местах текста называется по-разному: «спин-флиппер» и «спиновый флиппер».

- В автореферате на стр. 15 автор пишет «Формирование геликоидного магнитного упорядочения связывается с появлением магнитного сателлита». На самом деле всё наоборот: появление сателлита связано с формированием магнитного упорядочения. Причём в тексте самой диссертации в главе 5 все утверждения корректные.

- При описании типа магнитный структур автор использует термин «веерное упорядочение», что является русским вариантом английского термина „fan ordering“. Вместе с тем автор употребляет термин «геликоидальный», являющийся калькой английского термина «helical», в то время, как существует русский термин «спиральный». Мне кажется, что корректнее было бы использовать или только русские варианты описания структур, или только английские.

- Отсутствует рисунок 2.4.1, ссылка на который есть в тексте диссертации на стр. 43.

- В тексте периодически встречаются ошибки в выделении запятыми причастий и деепричастных оборотов и в падежных согласованиях окончаний прилагательных.

Высказанные выше замечания никоим образом не снижают научной новизны, практической ценности и общей высокой оценки выполненной работы. Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Приведённые результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие

большое практическое и научное значение. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация соответствует паспорту специальности 01.03.12 – Физика магнитных явлений в п. 3 и 4.

С учётом вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Девятерикова Дениса Игоревича «Кристаллическая структура и магнитное упорядочение в сверхрешётках Dy/No и тонких плёнках Dy и No» соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Девятериков Денис Игоревич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.12 – Физика магнитных явлений.

Официальный оппонент:

Старший научный сотрудник Отделения нейтронных исследований и разработок в области конденсированных сред Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка Объединённого института ядерных исследований, доктор физико-математических наук (01.04.15 Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика),

Сиколенко Вадим Витальевич

11.11.2022

Адрес: 141980, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6

e-mail: vadim.sikolenko@jinr.ru

раб.тел. + 7(496) 216-40-45

Подпись Сиколенко В.В. заверяю

Учёный секретарь ЛНФ ОИЯИ

Д.М.Худоба



С отзывом ознакомлен,
18.11.2022

Д.И. Девятериков

Сведения об официальном оппоненте **Сиколенко Вадиме Витальевиче**

по диссертации Девятерикова Дениса Игоревича на тему «Кристаллическая структура и магнитное упорядочение в сверхрешетках Dy/Ho и тонких плёнках Dy и Ho» по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Полное наименование организации	Международная межправительственная организация Объединённый институт ядерных исследований
Сокращённое наименование организации	ОИЯИ
Адрес	141980, Московская обл., Дубна, ОИЯИ
сайт	http://www.jinr.ru
должность	Старший научный сотрудник
Структурное подразделение	Лаборатория нейтронной физики (ЛНФ)
Учёная степень	Доктор физико-математических наук
Наименование отрасли науки и специальности, по которой защищена диссертация	01.04.15 Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика
e-mail	sikolen@jinr.int
телефон	

Краткий список научных работ:

1. V.V.Sikolenko, S.L.Molodtsov, M.Izquierdo, I.O.Troyanchuk, D.Karpinsky, S.I.Tiutiunnikov, E.Efimova, D.Prabhakaran, D.Novoselov, V.Efimov *Correlated oxygen displacements and phonon mode changes in LaCoO₃ single crystal* Physica B 536 (2018), 597-599
2. I.O.Troyanchuk, M.V.Bushinsky, N.V.Tereshko, V.A.Sirenko, V.Sikolenko, S.Schorr, C.Ritter, A.Franz *Ferromagnetic ordering, magnetic and magnetotransport properties of R_{1-x}Sr_x(Mn_{1-x/2}Sb_{x/2})O₃ (R = La, Pr, Nd, Sm, Eu) manganites* Materials Research Express 5 (2018), 066101
3. V. A. Khomchenko, D. V. Karpinsky, S. I. Latushka, A. Franz, V. V. Sikolenko, S. V. Dubkov, M. V. Silibin and J. A. Paixão *The structural origin of composition-driven magnetic transformation in BiFeO₃-based multiferroics: a neutron diffraction study* Journal of Materials Chemistry C, 7(2019), 6085 – 6090
4. V.V.Sikolenko, V.V.Efimov, E.A.Levterova, S.I.Tiutiunnikov, I.O.Troyanchuk, D.V.Karpinsky, M.V.Bushinsky *The study of doped complex cobalt oxides by neutron diffraction and methods based on synchrotron radiation* J.Surface Investigation 1 (2020), 17-2
5. D.V.Karpinsky, M.V.Silibin, D.V.Zhaludkevich, S.I.Latushka, A.V.Sysa, V.V.Sikolenko, A.L.Zhaludkevich, V.A.Khomchenko, A.Franz, K.Mazeika, D.Baltrunas, A.Kareiva *Magnetic*

properties of BiFeO₃-BaTiO₃ ceramics in the morphotropic phase boundary: a role of crystal structure and structural parameters J.Mag.Mag.Mat. 539 (2021) 168409

6. M.Feygenson, D.Y.Novoselov, M.A.Mazannikova, D.M.Korotin, V.Bushinsky, D.Karpinsky, M.Hanfland, A.Sazonov, S.Savvin, F.Porcher, R.Svetogorov, A.Veligzhanin, S.Tiutiunnikov, S.Arumugan and V.Sikolenko *Pressure-induced structural and magnetic phase transitions in La_{0.75}Ba_{0.25}CoO_{2.9} studied with scattering methods and first-principle calculations* Physical Review B 104 (2021), 144107

Старший научный сотрудник
лаборатории нейтронной физики

В.В. Сиколенко

Подпись Сиколенко В.В. заверяю:
Учёный секретарь ЛНФ ОИЯИ

Д.М. Худоба

