

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Миляева Михаила Анатольевича на тему: «Эффекты магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанныхnanoструктурах»** на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – «Физика магнитных явлений»

Исследования природы антиферромагнитногоупорядочения в кристаллах и в многослойных магнитных nanoструктурах привлекают значительный интерес в настоящее время. Это связано, как с важностью этих вопросов для фундаментальной науки, так и с перспективами практического применения искусственных антиферромагнетиков в современной спинтронике. Открытие эффекта гигантского магнетосопротивления в таких структурах привело к созданию нового поколения датчиков магнитного поля на их основе. Оптимизация технологии получения таких структур является весьма актуальной задачей. Диссертационная работа Миляева М.А. посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию эффектов магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанных nanoструктурах. Выполненные исследования имеют комплексный характер, включающие построение теоретических моделей, экспериментальное получение магнитных nanoструктур, изготовление вспомогательного оборудования и измерительных стендов, разработку специальных методов оптимизации технологии с целью получения структур с требуемыми функциональными характеристиками.

К достоинствам диссертации можно отнести следующие важные достижения. Во-первых, для монокристаллов  $\text{FeGe}_2$  и  $\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{Ge}_2$  экспериментально обнаружены нелинейные изменения намагниченности с магнитным полем (эффект гистерезиса) и предложено теоретическое описание этого эффекта. Во-вторых, все экспериментальные исследования выполнены с использованием современного высоковакуумного оборудования, что позволило достичь рекордных характеристик по ряду параметров магниторезистивных структур. В третьих, в работе установлена зависимость функциональных характеристик спиновых клапанов от материала и толщины буферного слоя и качества аксиальной текстуры. В результате, с помощью комплексного метода оптимизации приготовлены сверхрешетки с рекордной величиной магнетосопротивления 81 % при комнатной температуре. Описанные в работе закономерности, существенно расширяют представления о природе магнитногоупорядочения в многослойных магнитных nanoструктурах, что открывает возможности для инженерной оптимизации сенсорных структур на их основе.

Вместе с тем, целесообразно сформулировать некоторые критические пожелания по содержанию автореферата, в частности: 1) в тексте авторефера мало вниманияделено описанию используемых измерительных стендов, и, в частности не указано каким методом измерялись петли перемагни-

чивания многослойных магнитных структур. 2) недостаточно подробно описана практическая значимость работы и, в частности, не были приведены характеристики сенсоров, создаваемых на основе спиновых клапанов, полученных в диссертационной работе.

Однако эти замечания не умаляют несомненных достоинств работы. В целом диссертация Миляева М.А. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, содержит новые научные результаты и развивает теорию и практику в области физики магнитных наноструктур. Учитывая все вышеизложенное, считаю, что Миляев М.А. заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – «Физика магнитных явлений».

Заведующий лабораторией № 4,  
Ярославского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технологического института Российской академии наук (ЯФ ФТИАН РАН),  
150007, г. Ярославль,  
ул. Университетская 21  
кандидат физико-математических наук

тел. (4852) 24 65 52  
e-mail: [otrushin@gmail.com](mailto:otrushin@gmail.com)

[www.yf-ftian.ru](http://www.yf-ftian.ru)

10.11.2017

О.С. Трушин



Подпись Трушин О.С.  
УДОСТОВЕРЯЮ.

ПРОВОДИТЕЛЬ ОК ЯФ ФТИАН РАН

Т. Ю. РУЖЕНЦОВА



Сергей Михайлович  
Миляев М.А.  
17.11.2017г.