

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Белотелова Владимира Игоревича

на диссертационную работу Шайхулов Тимура Айратовича  
«СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ  
ПЛЕНОК МАНГАНИТА ЛАНТАНА И ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ИХ  
ОСНОВЕ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Шайхулова Т.А. сосредоточена на изучении магнитных и транспортных свойств манганитов лантана и гетероструктур на их основе. Манганиты переходных металлов привлекают внимание не только из-за большого количества интересных физических свойств, включая колоссальное магнитосопротивление, высокую температуру Кюри, фазовое разделение и взаимодействие между электронами, но и из-за их потенциальных применений. В своей работе Шайхулов Т.А. в основном рассматривает наиболее перспективный материалов семейства манганитов является  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ , который является магнитным полуметаллом, и гетероструктуры на его основе. Так же  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  обладает электронной системой со сложными взаимодействиями между спином, зарядом и орбитальной степенью свободы. Эти сложные взаимодействия подвержены внутренним или внешним возмущениям, таким как деформация решетки и кислородная стехиометрия.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы. Общий объем исследования составляет 99 страниц, и содержит 36 рисунков. Список литературы содержит 155 наименований.

В работе получен ряд новых результатов. Из числа этих результатов можно выделить следующие, определяющие научную новизну работы.

Впервые предложена замена платины на эпитаксиально выращенную в одном цикле с  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  пленку  $\text{SrIrO}_3$  для регистрации обратного спинового эффекта Холла в гетероструктуре  $\text{SrIrO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ .

Получена температурная зависимость проводимости слоя, образующегося на границе между слоем с сильным спин орбитальным взаимодействием  $\text{SrIrO}_3$  и ферромагнитным слоем  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ , а также между платиной (Pt) и  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ .

Впервые зарегистрирован спиновый ток в гетероструктурах  $\text{SrIrO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ .

Обнаружено ферромагнитное упорядочение слоя  $\text{SrIrO}_3$  в гетероструктуре  $\text{SrIrO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  при температуре 60 К. Возникновение ферромагнетизма в слое  $\text{SrIrO}_3$  обусловлено переносом электронов от Ir к Mn. Возникающая при этом избыточная концентрация носителей заряда (электронов в манганите и дырок в иридите), превышающая определенную критическую величину, способствует возникновению ферромагнитного упорядочения в иридите.

Достоверность полученных Шайхуловым Т.А. результатов не вызывает сомнений и определяется тем, что все основные результаты и выводы диссертационной работы подтверждаются воспроизводимостью полученных экспериментальных результатов и их согласованием с теоретическими расчетами, опубликованными в рецензируемых журналах. Надежность полученных результатов обеспечивается определением и использованием оптимальных параметров экспериментальных установок, использованием известных экспериментальных методик и применением современной приборной базы. Порученные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Научные результаты исследований Шайхулова Т.А. опубликованы в 22 научных работах, в том числе: 6 статей – в журналах, вошедших в Перечень изданий, рекомендованный ВАК Минобрнауки РФ, 9 статей – в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования *Scopus* и *Web of Science*, 7 статей – в трудах международных и российских конференций.

Вместе с тем, по диссертации можно высказать некоторые замечания:

Проведенные в работе исследования магнитных и транспортных свойств манганитов лантана и гетероструктур на их основе актуальны в плане создания новых материалов, которые приведут к прогрессу в области спинтроники. В связи с этим, стоило привести ряд оценок, которые показывают, какие именно преимущества дает замена классических материалов спинтроники, например платины, на исследованные структуры.

В главе 2 приводятся данные по зависимости постоянной решетки  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  в перпендикулярном направлении от толщины (рис. 13 г). Зависимость имеет немонотонный характер с максимумом по толщине около 100 нм. Как можно объяснить такую зависимость? На представленном графике важно показать доверительные интервалы, т.к. иначе сложно судить о достоверности данной зависимости.

В главе 3 на рис. 20 представлены деформации подложек с кристаллографической ориентацией (011) и (100), а также сопротивление пленки  $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$  в зависимости от напряженности приложенного электрического поля для двух направления протекания заданного тока. Обращает на себя внимание несимметричность графиков для ориентации (100), а также графика для образца при ориентации (011) относительно нулевого электрического поля. С чем она может быть связана?

В главе 5 на рис. 35, судя по подписи к рисунку и описанию в тексте, приведен спектр спинового, однако по шкале абсцисс отложена температура, что выглядит противоречиво.

Кроме того, в тексте диссертации содержится достаточно большое количество опечаток: “гетерострутура”, “Гц” и т.д.

Однако сделанные выше замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы. Работа Шайхулова представляет собой законченное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским (или удовлетворяет п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013, <https://docs.cntd.ru/document/499047147?marker=65A0IQ>) диссертациям, а ее

автор, Шайхулов Тимур Айратович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор РАН, доцент кафедры фотоники и физики микроволн Физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Белотелов Владимир Игоревич



«28» октября 2024г.

Белотелов Владимир Игоревич

Ученая степень: доктор ф.-м. наук

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена

диссертация: 1.3.4 – Радиофизика

Рабочий почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2

Контактные данные: Тел: +7 926 733 7189, e-mail: [belotelovvi@gmail.com](mailto:belotelovvi@gmail.com)

Название организации, где работает оппонент: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Ученое звание: профессор РАН

Должность: доцент

Структурное подразделение: физический факультет, кафедра фотоники и физики микроволн

*Подпись Белотелова В.И. заверено*

Ведущий специалист  
по кадрам

*И.С. Попова*

