

«УТВЕРЖДАЮ»

директор Института физики  
микроструктур РАН,  
профессор З.Ф. Красильник



« 10 » ноября 2014 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Петржика Андрея Михайловича *«Магнитотранспортные свойства манганитных тонких плёнок, бикристаллических контактов и многослойных ферромагнитных структур»*, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – *физика конденсированного состояния*

Актуальность исследования манганит-содержащих интерфейсов объясняется практически 100% поляризацией свободных носителей заряда в манганитах при низких температурах, что позволяет рассчитывать на получение высокого значения магнетосопротивления как на бикристаллических переходах в плёнках манганитов, так и в многослойных структурах, содержащих манганитную прослойку. Безусловный интерес представляет исследование транспортных свойств гетероструктур манганит/высокотемпературный сверхпроводник. Этот интерес обусловлен хорошей химической совместимостью и близкими параметрами кристаллической решетки ВТСП - сверхпроводника (YBaCuO) и манганита ( $\text{LaMnO}_3$ ). Важным является вопрос о влиянии деформаций на магнитные и транспортные свойства пленок манганитов, возникающих в результате рассогласования параметров кристаллических решеток манганита и подложки. Таким образом, диссертационная работа А.М. Петржика, посвященная созданию и изучению манганитных плёнок и гетероструктур на их основе, является актуальным исследованием.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания экспериментальных образцов и методики эксперимента, четырёх оригинальных глав и заключения, в котором представлены основные результаты работы.

Во введении даётся краткое описание предметов исследования. Обосновывается актуальность диссертационной работы.

В первой главе представлен обзор литературы. Рассмотрены основные кристаллографические, электрофизические и магнитные свойства монокристаллических магнитных перовскитов  $\text{La}(\text{Ca},\text{Sr})\text{MnO}_3$ . Значительное внимание уделено анализу проведенных ранее исследований магниторезистивных эффектов, наблюдающихся в манганитах и в структурах на их основе: колоссальное, анизотропное, гигантское и туннельное магнетосопротивления.

Во второй главе описываются методика изготовления экспериментальных образцов и методика эксперимента. Для решения поставленных задач использовались современные подходы, в частности для изучения магнитных свойств экспериментальных образцов применялся метод ферромагнитного резонанса и метод рефлектометрии поляризованных нейтронов.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния механических деформаций на электротранспортные и магнитные свойства тонких плёнок  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ , выращенных на различных подложках. Экспериментально подтверждается применимость теории Миллиса для определения смещения точки Кюри в зависимости от величины объёмных и двуосных деформаций. Обнаружено возникновение одноосной магнитной анизотропии в плёнке  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ , выращенной на орторомбической подложке  $\text{NdGaO}_3$ .

Четвёртая глава посвящена изучению наклонных бикристаллических контактов, созданных в плёнке  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ , выращенной на бикристаллической подложке  $\text{NdGaO}_3$ . Методом ФМР показано, что разориентация осей магнитной анизотропии практически не зависит от кристаллографической разориентации блоков, составляющих бикристаллическую структуру. При этом величина магнетосопротивления зависит от угла кристаллографической разориентации существенно. Среди результатов этой главы следует выделить наблюдение достаточно высокого значения магнетосопротивления (порядка 30%) для бикристаллов с углом разориентации 38 градусов при температуре 30К.

В пятой главе рассматриваются гетероструктуры  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{LaMnO}_3/\text{SrRuO}_3$  с различной толщиной прослойки  $\text{LaMnO}_3$ . Следует отметить достаточно подробные исследования структуры и магнитного состояния слоев, проведенные методами рентгеновской и нейтронной рефлектометрии. Исследования магниторезистивных свойств полученных структур показали отсутствие ожидаемого эффекта туннельного магнетосопротивления, что диссертант связывает с образованием ферромагнитной металлической фазы в барьере  $\text{LaMnO}_3$ .

В шестой главе приводятся результаты экспериментальных исследований гибридных сверхпроводниковых меза-структур с прослойкой из манганита  $\text{Nb}/\text{Au}/\text{M}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Показано, что наличие особенностей на зависимости проводимости меза-структур с манганитной прослойкой от величины прикладываемой разности потенциалов обусловлено эффектом близости на границе ниобий/манганит. Однако, барьер, который образуется на границе купратный сверхпроводник/манганит сильно ограничивает эффект близости.

К научной новизне представленных результатов следует отнести следующие:

1. Экспериментально обнаружено, что ход температурной зависимости сопротивления эпитаксиальных плёнок  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  в области низких температур (4.2-200К) не зависит от деформации пленок, вызванной кристаллографическим рассогласованием с подложкой.
2. Исследовано магнетосопротивление наклонных бикристаллических контактов в мостиках  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ . Высказана гипотеза, объясняющая особенности вольт-амперных характеристик полученных образцов.
3. Экспериментально показано, что величина туннельного магнетосопротивления межаструктур LSMO/LMO/SRO с барьером из недопированного манганита (LMO) определяется возникновением ферромагнитной фазы в прослойке.
4. Показано, что проводимость структур сверхпроводящий купрат - ниобий с прослойкой из манганита определяется эффектом близости, связанным с проникновением конденсатной волновой функции из бислоя Nb/Au в манганит и существенно зависит от прозрачности границы раздела. Сверхпроводящий ток в такой системе ограничен малой прозрачностью границы купрат/манганит и экспериментально не наблюдается.

Практическая значимость работы заключается в разработке методик создания и анализа структурных, магнитных и транспортных свойств тонких пленок манганитов и гетероструктур на их основе. Полученные в диссертации результаты представляют интерес для специалистов, занимающихся физикой спин-зависимых транспортных явлений в твердых телах и могут быть использованы при создании новых приборов на основе тонких пленок манганитов. В качестве замечаний, следует отметить следующие:

- 1). В Гл. 3 диссертации называется "Влияние механических напряжений ...", хотя по физическому смыслу рассматриваемых явлений, более естественно говорить о механических деформациях.
- 2). В Гл.4 диссертации не получили объяснения факты
  - отсутствия связи между ориентацией оси магнитной анизотропии и углом разориентации кристаллографических осей бикристалла
  - достаточно сильной зависимости величины магнетосопротивления от угла разориентации кристаллических блоков.
- 3). По результатам 5 -ой и 6-ой глав не сделано выводов относительно преодоления технических или принципиальных трудностей для достижения желаемых результатов - создания эффективных спин - вентильных элементов на основе пленок манганитов.

Результаты диссертационной работы Андрея Михайловича Петржика опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, неоднократно представлялись на российских и международных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Полученные в диссертации результаты представляют интерес для специалистов,

занимающихся физикой спин-зависимых транспортных явлений в твердых телах и могут быть использованы при создании новых приборов на основе тонких плёнок манганитов. Все это позволяет заключить, что А.М.Петржик заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа обсуждалась 13 октября 2014 г. на семинаре № 426 по физике твердого тела ИФМ РАН.

Учёный секретарь ИФМ РАН,

к.ф.-м.н. Д.А.Рыжов



/Рыжов Д.А. /

Отзыв составил:

д.ф.-м.н. А.А.Фраерман



/ Фраерман А.А. /

ФИО: Фраерман Андрей Александрович

Учёная степень: Доктор физико – математических наук

Специальность: 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Почтовый адрес: ГСП-105, Нижний Новгород, 603950, Россия

Телефон: (831) 417-94-51

Адрес электронной почты: andr@ipmras.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физики микроструктур Российской академии наук (ИФМ РАН)

Должность: Зам. директора ИФМ РАН, зав. отделом магнитных наноструктур.