

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Гребеньковой Юлии Эрнестовны «Магнитооптика тонких пленок манганитов $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ и $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Замещенные манганиты являются перспективными материалами, демонстрирующими большое разнообразие магнитных, оптических, транспортных и магнитотранспортных свойств. Открытие в манганитах явления колоссального магнитосопротивления инициировало бурное развитие как экспериментальных, так и теоретических исследований их электронной и магнитной структуры. Однако, не смотря на активное изучение, электронная структура манганитов до конца не выяснена, что требует использования новых методов и подходов для решения этой задачи. В частности, использование методов магнитооптической спектроскопии может дать дополнительную важную информацию об электронных переходах, электронной и спиновой структуре манганитов. Таким образом, диссертационная работа Гребеньковой Ю.Э., посвященная экспериментальному исследованию магнитного дихроизма в тонких пленках манганитов лантана и празеодима и выяснению влияния типа и концентрации иона-лантаноида на магнитооптическое поведение данных материалов, несомненно, является **актуальной**, как с точки зрения возможных технических приложений, так и фундаментальных задач изучения свойств указанных материалов.

Диссертантом ясно изложены и обоснованы преимущества применения, именно, магнитного дихроизма при исследовании магнитооптики манганитов. При этом проанализированы представленные в мировой литературе результаты магнитооптических исследований похожих соединений с помощью эффекта Керра, указаны недостатки такого метода исследования, а также ограниченное количество составов, магнитооптические свойства которых были исследованы до настоящего времени. К числу совершенно неисследованных, с точки зрения магнитооптики, соединений относятся замещенные манганиты празеодима. Сопоставление формы спектров дихроизма и температурных зависимостей компонент этих спектров для двух различных лантаноидов, а так же для двух различных концентраций одного и того же лантаноида позволили автору диссертации получить ряд принципиально новых результатов, что и определяет **научную новизну** диссертации.

Следует отметить, что исследованные образцы достаточно хорошо паспортизованы: исследованы фазовый состав, кристаллическая структура и морфология тонкопленочных манганитов, с помощью таких методов как рентгеновская дифракция, атомно-силовая и электронная микроскопия.

Результаты магнитооптических измерений сопоставляются с магнитными измерениями на одних и тех же образцах. Подобный комплексный подход обеспечивает **достоверность** получаемой информации и позволяет проследить зависимость физических свойств образцов от природы подложки и разнообразных поверхностных эффектов.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы.

Первая глава включает в себя литературный обзор, посвященный:

- цепочке фазовых переходов LaMnO_3 - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ - SrMnO_3 и PrMnO_3 - $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ - SrMnO_3 ;

- известным магнитным свойствам манганитов лантана и празеодима, исследуемых концентраций;

- природе магнетизма в замещенных манганитах;

- оптическим и магнитооптическим исследованиям манганитов, в том числе и единственной работе других авторов по магнитному круговому дихроизму в $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$;

- имеющимся моделям зонной структуры указанных материалов.

Литературные данные представлены четко и конструктивно, что дает достаточно полное представление о материалах и конкретной области исследования.

Вторая глава посвящена описанию методики получения образцов и их характеристике. Указаны основные параметры при измерении структурных, магнитных, оптических и транспортных свойств. Изложены принципы, на которых основан главный метод исследования – измерение магнитного кругового и линейного дихроизмов.

В третьей главе приводятся экспериментальные результаты исследования структуры, морфологии и магнитных свойств полученных пленок манганитов. Показано, что образцы являются поликристаллическими, а постоянные решетки соответствуют данным для массивных аналогов. Изучены полевые и температурные зависимости намагниченности всех пленок. При этом предположено, что характерное температурное поведение намагниченности пленок манганитов празеодима, может быть объяснено сосуществованием в них ферромагнитной и спин-стекольной фаз.

Четвертая глава посвящена основным результатам исследования магнитного дихроизма в пленках $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$. Приведены спектральные и температурные данные МКД и МЛД для пленок различной толщины. Главной особенностью температурных измерений диссертант отметил появление в спектрах дополнительных максимумов противоположного знака в области 2.1-2.7 эВ. Представлен анализ магнитооптических спектров с помощью аппроксимации кривыми формы Гаусса и Лоренца, и таким

образом выявлен набор резонансных линий, отражающих информацию о возбужденных состояниях в манганитах. Изюминкой результатов исследования можно назвать сравнение температурных зависимостей интенсивности выявленных магнитооптических максимумов с температурным поведением намагниченности пленок и обнаружение отличия температурного хода некоторых полос от аналогичного хода намагниченности.

В пятой главе также рассматриваются основные результаты исследования магнитного кругового дихроизма в пленках $\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ и $\text{Pr}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$. В ней представлены спектральные и температурные данные МКД. Обнаружено, что при переходе от образца с низкой к образцу с более высокой концентрацией Sr величина МКД в высокоэнергетической области возрастает, а в низкоэнергетической области падает. Кроме того, наблюдается сдвиг спектрального веса к более низким энергиям, а при понижении температуры в спектрах МКД пленок $\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ появляется дополнительный максимум противоположного знака в той же области энергий, что и для пленок $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$. В то же время в спектрах МКД пленок $\text{Pr}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ такой максимум не наблюдается. С помощью аппроксимации кривыми формы Гаусса, как и в случае с пленками манганита лантана, был выявлен набор резонансных линий и определены энергии их центров тяжести. Исследуя температурные зависимости интенсивностей каждого спектрального максимума, соискателем установлено, что в случае диэлектрических пленок ($\text{Pr}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$) интенсивность всех максимумов МКД изменяется с температурой одинаково в соответствии с температурной зависимостью намагниченности, а для пленок с металлическим типом проводимости ($\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$) наблюдаются различные по характеру температурные зависимости интенсивности. Результаты 5 главы согласуются с данными, представленными в главе 4 для пленок $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, что может свидетельствовать об их достоверности и о качестве разложения спектров на составляющие компоненты.

В конце каждой оригинальной главы соискатель обсудил основные результаты и сформулировал основные выводы. Основной пласт обсуждений магнитооптических особенностей исследуемых пленок сконцентрирован в конце пятой главы, где, объединив полученные данные, диссертант проследил эволюцию магнитооптических спектров исследуемых пленок с изменением концентрации Sr от 0.2 до 0.4. Это позволило рассмотреть набор спектральных максимумов в термах электронных переходов. Сравнительный анализ температурного поведения намагниченности и интенсивности спектральных максимумов выявил интересные явления в манганитах, однако в настоящей работе их природа до конца не выяснена.

В заключении Гребенькова Ю.Э. представила основные выводы диссертационной работы, демонстрирующие вклад автора в исследование

электромагнитных процессов в тонких пленках замещенного манганита, являющегося одним из основных объектов исследований в современной физике магнитных явлений. Научные положения и результаты исследования обоснованы, хорошо аргументированы и изложены на современном уровне. Следует отметить так же большой объем работы, сделанный автором, весомость и надежность полученных результатов.

Вместе с тем работа не свободна от недостатков, по поводу которых можно высказать ряд замечаний.

- Выделение в отдельную главу объемом 8 страниц описания методик проведения измерений, как правило, традиционных для этой области исследований и хорошо известных, не содержащих признаков научной новизны, кажется излишним. Необходимые моменты этой главы стоило бы сохранить при описании конкретных экспериментов.

- Используемый автором метод разделения контуров, на основе которого построена интерпретация результатов, хорошо известен, как известны и его недостатки, связанные с неоднозначностью. Если выделение 2 контуров с шестью параметрами (амплитуда, частота и ширина линии) еще оправдано и значимо, то 5 – 6-ю (15-18 независимых параметров) можно описать любой контур. Обычно поступают наоборот: из физических соображений делается предположение хотя бы о количестве полос, а потом находят их параметры используя метод разделения контуров. Приведенная в пятой главе интерпретация дает основание так и поступить, возможно, ограничившись меньшим количеством контуров.

- В оптической спектроскопии Лоренцевский контур соответствует однородному уширению, а Гауссов - неоднородному, в данном случае, возможно, связанному со спектрально неразрешенными мультиплетными переходами. Стоило бы обратить на это внимание и попытаться дать качественную интерпретацию этого факта.

- Можно отметить и ряд опечаток в оформлении работы. Так на стр. 14 вместо единицы измерения (Е), вероятно, должно стоять (Å), а на стр. 37 некорректно написана фраза «с помощью цифрового аналогового преобразователя».

Отмеченные недостатки не снижают высокой оценки объема и качества экспериментальных результатов, полученных соискателем в результате выполнения диссертации.

Работа выполнена с использованием современных методов исследования. Воспроизводимость полученных результатов на образцах различной толщины и разного состава, а также их согласие с литературными данными говорят о достоверности представленных результатов. Диссертация изложена хорошим и понятным языком, а автореферат полностью соответствует ее содержанию.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений. Основные результаты работы и научные положения, выносимые на защиту, опубликованы в авторитетных журналах и прошли апробацию на различных российских и международных конференциях.

5

СПИСОК
Опубликованных научных работ

Слабко Виталий Васильевич

№ п/п	Наименование работы	Вид работы	Выходные данные	Соавторы
1	Random quasi-phase-matched conversion of broadband radiation in a nonlinear photonic crystal	статья	Phys. Rev. A. - 2010. – V. 82. - P. 055806	A. Aleksandrovsky, A. M. Vyunishev, A. I. Zaitsev
2	Diagnostics of fs pulses by noncollinear random quasi-phase-matched frequency doubling	статья	Appl. Phys. Lett. – 2011. - V. 99. – P. 211105	A. S. Aleksandrovsky, A. M. Vyunishev, A. I. Zaitsev, G. I. Pospelov
3	Negative group velocity and three-wave mixing in dielectric crystals	статья	Optics Letters. – 2011. - V. 36. - P. 3861-3863	Mikhail I. Shalaev, Sergey A. Myslivets and Alexander K. Popov
4	Генерация дальнего ультрафиолетового излучения в кристалле SBO с нерегулярной доменной структурой	статья	Квантовая электроника. - 2011. – Т. 41. - № 8. - С. 748-753	А. С. Александровский, А. М. Вьюнышев, А. И. Зайцев, А. А. Иконников, Г. И. Поспелов, В. Е. Ровский
5	Преобразование излучения в нелинейном фотонном кристалле тетрабората стронция	статья	Оптика и спектроскопия. - 2011. Т. 111. - № 2. - С. 180 – 186	А. С. Александровский, А. М. Вьюнышев, А. И. Зайцев, А. А. Иконников, Г. И. Поспелов, В. Е. Ровский
6	Resonant light-controlled self-assembly of ordered nanostructures	статья	Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications. - 2012. – V. 10. –P. 636–643	A. S. Tcipotan, A. S Aleksandrovsky

7	On the Possibility of Inversion-free Amplification of Light by Dichroic Molecules in an External Orienting Field	статья	Technical Phys. – 2012. - V. 57. - P. 214-219	Kuzovатов I. A., Shamshurin A. V.
8	Nonlinear backward-wave photonic metamaterials	статья	Advances in Science and Technology. – 2013. - V. 77. P. 246-252	A. K. Popov, M. I. Shalaev, S. A. Myslivets, I. S. Nefedov
9	Nonlinear Raman-Nath diffraction of femtosecond laser pulses	статья	Opt. Lett. - 2014. – V.39. – P. 4231-4234	A. M. Vyunishev, I. S. Baturin, A. R. Akhmatkhanov, and V. Ya. Shur

Список верен:

Ученый секретарь учёного совета СФУ



Быкова Г. С.