

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ханнанова Бориса Хакимжановича** «*Электрическая поляризация, индуцированная локальными полярными областями фазового расслоения в мультиферроиках  $R\text{Mn}_2\text{O}_5$  ( $R=\text{Gd}, \text{Bi}$ ) и  $\text{Gd}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$* », представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

Интерес к исследованию мультиферроиков, в которых наблюдаются магнитное и сегнетоэлектрическое упорядочения непрерывно возрастает. Значительное внимание исследователей уделяется выяснению механизмов взаимодействия между их электрическими и магнитными подсистемами. Данная проблема представляется важной не только как фундаментальная задача физики конденсированного состояния, но и как проблема, решение которой открывает широкие перспективы применения материалов с магнитоэлектрическим взаимодействием в электронных устройствах нового поколения.

В монокристаллах состава  $\text{RMn}_2\text{O}_5$ , содержащих одинаковое количество ионов  $\text{Mn}^{3+}$  и  $\text{Mn}^{4+}$ , наблюдается сегнетоэлектрическое упорядочение обменно стрикционной природы. В формировании упорядочения определяющую роль играет чередование вдоль оси  $b$  пар ферромагнитных ионов  $\text{Mn}^{3+}$ - $\text{Mn}^{4+}$  с сильным двойным обменом, и антиферромагнитных пар со слабым косвенным обменом. Наряду с этим, при температурах выше  $T_N \approx 35$ - 45 К формируются наноразмерные мультиферроидные области фазового расслоения. В литературе было показано, что в монокристалле  $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$  наблюдались локальные области фазового расслоения с электродипольными и магнитными корреляциями. Закономерности и механизмы свойств таких областей до настоящего исследования не были достаточно изученными.

В связи с этим **актуальность** диссертации *Ханнанова Б.Х.*, **целью которой** явилось экспериментальное установление природы и свойств как низкотемпературных магнитных и сегнетоэлектрических упорядочений в монокристаллах  $\text{Gd}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$ ,  $\text{GdMn}_2\text{O}_5$  и  $\text{BiMn}_2\text{O}_5$ , так и мультиферроидных свойств локальных областей фазового расслоения в широком диапазоне температур от самых низких до температур выше комнатной **не вызывает сомнения**.

В результате проведенных комплексных исследований соискателем получен ряд важных научных результатов. Наиболее значимыми представляются следующие:

1. Установлено, что в  $\text{BiMn}_2\text{O}_5$  температура Кюри-Вейсса в 7 раз превышает температуру Нееля, то есть магнитное состояние сильно фрустрировано, тогда как для  $\text{GdMn}_2\text{O}_5$  эти температуры практически совпадают.
2. Наблюдение расщеплений основных Брэгговских пиков методом высокоразрешающей 3-х кристалльной рентгеновской дифрактометрии для монокристалла  $\text{GdMn}_2\text{O}_5$ , где более интенсивный пик относится к центрально симметричной матрице, а менее – к областям фазового расслоения.
3. Показано, что в  $\text{Gd}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$  значительно увеличивается концентрация областей фазового расслоения.
4. Экспериментально показано наличие низкотемпературных сегнетоэлектрических упорядочений вдоль оси  $b$  из аномалии температурной зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$ , наиболее значительной в  $\text{GdMn}_2\text{O}_5$ , по сравнению с  $\text{BiMn}_2\text{O}_5$ .

Результаты работы хорошо апробированы в ходе российских и международных научных конференций, опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях, включая, рекомендованные ВАК.

Имеется замечание к содержанию автореферата.

На рисунке 2 автореферата показаны линии ферромагнитного резонанса в  $\text{GdMn}_2\text{O}_5$  и  $\text{BiMn}_2\text{O}_5$ , но не показаны угловые зависимости линий, которые позволили бы оценить поле анизотропии ферромагнитных областей.

Вместе с тем, судя по содержанию автореферата, считаю, что диссертация Ханнанова Бориса Хакимжановича, по актуальности, новизне, масштабу проведённых в ней исследований и по совокупности полученных результатов отвечает критериям п. 9 и другим требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ханнанов Борис Хакимжанович, несомненно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Д.ф.-м.н., внс  
15 мая 2019 г.



Р.М. Еремина

Еремина Рушана Михайловна – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского – обособленного структурного подразделения Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук».

Почтовый адрес: 420029 г.Казань, Сибирский тракт 10/7  
Телефон: 8(843) 231 91 11  
e-mail: REremina@yandex.ru