

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Антонова Антона Анатольевича «Исследование композитов с электрическим и магнитным упорядочением методом нелинейной диэлектрической спектроскопии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Кристаллы в сегнетоэлектрическом состоянии обладают спонтанной поляризацией, большой диэлектрической проницаемостью и нелинейной зависимостью диэлектрической проницаемости от напряженности электрического поля. Для сегнетоэлектриков одним из наиболее чувствительных методов исследования зависимости  $\epsilon$  и  $P_s$  от приложенного поля является метод нелинейной диэлектрической спектроскопии (НДС), который позволяет достаточно полно исследовать сегнетоэлектрические фазовые переходы. Особый интерес среди сегнетоэлектриков в связи с перспективами практического применения представляют мультиферроики, которые одновременно обладают электрическим и магнитным упорядочением. Возникает вопрос, как метод НДС будет работать в случае мультиферроиков и композитов на их основе? Поэтому вопрос применимости метода нелинейной диэлектрической спектроскопии для исследования мультиферроиков и композитов на их основе актуален как в теоретическом, так и практическом плане.

Целью диссертационной работы А.А. Антонова является выявление особенностей генерации гармоник высшего порядка в сегнетоэлектриках, мультиферроиках и композитах на их основе вблизи фазовых переходов.

В ходе выполнения работы автором были получены следующие новые результаты:

1. Методом генерации третьей гармоники установлено, что коэффициент нелинейности  $\gamma$  для мультиферроика второго рода  $\text{CuO}$  вблизи фазового перехода ( $T_{N2} = 230 \text{ K}$ ) имеет тот же порядок, что для классических сегнетоэлектрических кристаллов типа  $\text{BaTiO}_3$ .
2. Для композита  $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$  вблизи фазового перехода впервые обнаружено изменение проводимости с емкостной на индуктивную.
3. Показано, что для композитной керамики  $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$  увеличение доли  $\text{BaTiO}_3$  приводит к понижению температуры Нееля  $\text{BiFeO}_3$ .

В качестве пожелания на будущее хотелось бы наряду с электрическими и диэлектрическими свойствами соединений с фазовыми переходами исследовать оптические и теплофизические характеристики, знание которых имеет практическую значимость при создании «интеллектуальных» покрытий, способных регулировать излучаемые тепловые потоки.

Автореферат диссертации хорошо оформлен, написан четко, корректно. Замечаний по работе не имею.


В целом, насколько можно судить из автореферата, диссертация представляет собой законченную работу, в которой на основании выполненных автором высококвалифицированных экспериментальных исследований полу-

чены новые результаты, полезные для разработки новых материалов электроники. По своей актуальности, новизне и объёму результатов, достоверности и убедительности выводов диссертационная работа Антонова Антона Анатольевича «Исследование композитов с электрическим и магнитным упорядочением методом нелинейной диэлектрической спектроскопии» отвечает положению ВАК о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния

Заведующий лабораторией радиационного и космического материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор

08.02.2018

Михайлов Михаил  
Михайлович

Подпись профессора Михайлов М.М.  удостоверяю  
Ученый секретарь

Прокопчук Е.В.

634050, г. Томск, ул. Вершинина, 47, ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» тел.(3822) 70-15-96  
E-mail: membrana2010@mail.ru