

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

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

Актуальность темы. Основными свойствами сегнетоэлектриков, благодаря которым они представляют интерес для науки и техники, являются наличие спонтанной поляризации P_s и большой диэлектрической проницаемости ϵ , а также зависимость этих величин от напряженности электрического поля E . Одним из наиболее чувствительных методов исследования зависимостей $\epsilon(E)$ и $P_s(E)$ является метод нелинейной диэлектрической спектроскопии (НДС). Регистрируя и анализируя поведение амплитуды и фазы высших гармоник, можно определять действительную и мнимую части диэлектрической проницаемости, оценить спонтанную поляризацию и тип фазового перехода.

Данная работа посвящена выявлению особенностей генерации гармоник высшего порядка в сегнетоэлектриках, мультиферроиках и композитах на их основе вблизи фазовых переходов. В качестве объектов исследования были выбраны бинарные смеси $(\text{KNO}_3)_{1-x}(\text{NH}_4\text{NO}_3)_x$; проводящие сегнетоэлектрические композиты $(\text{KH}_2\text{PO}_4)_{1-x}/(\text{Pb}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{Te})_x$; сегнетоэлектрические нанокompозиты на основе силикатных матриц SBA-15/ NH_4HSO_4 и пористых пленок оксида алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SC}(\text{NH}_2)_2$; композиты на основе мультиферроиков и сегнетоэлектриков $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ и $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$.

Выбранная тема представляет как фундаментальный, так и прикладной интерес. Ценность полученных в диссертации результатов, состоит в том, что они уточняют и расширяют представления о применимости метода НДС для исследования композитов и нанокompозитов на основе сегнетоэлектриков и

мультиферроиков, что является важным как в общефизическом плане, так и в плане конкретных приложений.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения. Первая глава представляет собой обзор основных модельных представлений о структурной неустойчивости в сегнетоэлектриках. В ней рассмотрены особенности сегнетоэлектрических свойств наноматериалов, нелинейная диэлектрическая восприимчивость и методы её измерения, а также экспериментальные результаты исследования нелинейных эффектов в объёмных и наноструктурированных сегнетоэлектриках. Во второй главе рассмотрены основные возможности применяемых в диссертационной работе методов исследования композитов на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков для определения электрических параметров, а также методики приготовления и основные характеристики изучаемых образцов. В третьей главе приводятся результаты исследования классических сегнетоэлектриков с фазовыми переходами первого и второго рода, композитов, а также сегнетоэлектриков в наноразмерном состоянии. Обсуждаются температурные зависимости амплитуд гармоник и проводятся сравнения данных диэлектрических измерений и нелинейной диэлектрической спектроскопии.

Новизна полученных результатов. В работе впервые методом генерации третьей гармоники исследованы нелинейные диэлектрические свойства композитов на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков. Показано, что коэффициент нелинейности γ для мультиферроика второго рода CuO вблизи фазового перехода ($T_{N2} = 230 \text{ K}$) имеет тот же порядок, что для классических сегнетоэлектрических кристаллов типа BaTiO_3 . Для композита $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ вблизи фазового перехода впервые обнаружено изменение проводимости с емкостной на индуктивную. Показано, что для композитной керамики $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ увеличение доли BaTiO_3 приводит к понижению температуры Нееля BiFeO_3 .

К достоинствам диссертации следует отнести комплексный характер проводимых исследований. Изучены температурные зависимости

диэлектрической проницаемости и амплитуды второй и третьей гармоники для различных композитных материалов. Продемонстрирована эффективность метода НДС для исследования нанокompозитов в сегнетофазе. Предложена модель объяснения изменения температуры фазового перехода для композитов и нанокompозитов.

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертации определяется логической взаимосвязью всех этапов исследований, использованием исходных веществ высокого качества, применением современных методов исследования, статистической обработкой результатов измерений, воспроизводимостью результатов и их соответствием современным теоретическим представлениям.

Апробация работы. Основные научные результаты работы докладывались на 8 конференциях различного уровня. По теме исследования опубликовано 19 статей, из них 7 – в журналах, входящих в список ВАК. Зарегистрировано 3 авторских свидетельства на разработанное программное обеспечение.

По работе имеются следующие замечания:

1. Из текста диссертации не понятно, как автором оценивалась степень заполнения пор сегнетоэлектриком в нанокompозитах.
2. Для керамик на основе мультиферроиков $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ и $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ не указана пористость, которая может влиять на линейные и нелинейные диэлектрические свойства.
3. Желательно было бы сравнить изменения физических свойств сегнетоэлектриков, происходящие с уменьшением размера частиц, с изменением параметра элементарной ячейки из рентгеновских измерений.
4. Имеется ряд замечаний по оформлению работы, в частности, нет единого стандарта в оформлении рисунков и графиков, например, используются разные единицы измерения. Текст содержит некоторые стилистические неточности, имеются опечатки.

Заключение по диссертационной работе

Несмотря на приведенные выше замечания, можно сделать заключение, что данная диссертационная работа представляет собой законченное

исследование и представляет определенный научный интерес, автореферат и публикации соответствуют её содержанию.

Учитывая объём проделанной работы и количество опубликованных работ по теме исследования, считаю, что диссертационная работа Антонова Антона Анатольевича «Исследование композитов с электрическим и магнитным упорядочением методом нелинейной диэлектрической спектроскопии» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 года, № 842 (с изменениями № 335 от 21.04.2016 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры физики

конденсированного состояния

Тверского государственного университета,

Кислова Инна Леонидовна

Исер

27.02.2018 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет»

170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.

Тел.: (4822) 58-14-93 (доб. 148); e-mail: Kislova.II@tversu.ru



И.А. Кислова
ДОСТОВЕРЯЮ Проректор по НИД

И.А. Каплунов