



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
(ДВГУПС)**

Серышева ул., д. 47, г. Хабаровск, 680021, Россия
Тел. (4212) 40-72-00, 40-75-16, Факс: (4212) 40-73-21
E-mail: root@festu.khv.ru, www.dvgups.ru
ОКПО 01115768, ОГРН 1022701287652, ИНН 2724018158, КПП 272401001

От «__» _____ 20__ г. № _____
На № _____ от «__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
Дальневосточного государственного
Университета
путей сообщения
С.А. Кудрявцев

« 09 » 02 2018

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о диссертационной работе А. А. Антонова на тему «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

Актуальность темы. Метод нелинейной диэлектрической спектроскопии (НДС) основан на генерации гармоник второго и более высоких порядков электрическим полем в сегнетоэлектриках. Из анализа поведения амплитуды и фазы гармоник можно определять такие параметры, как диэлектрическую проницаемость, спонтанную поляризацию, тип фазового перехода и рассчитывать

коэффициенты разложения Ландау-Гинзбурга. Метод НДС позволяет определять температуру исчезновения спонтанной поляризации, что удобно использовать для регистрации сегнетоэлектрического состояния в различных материалах.

Интенсивное исследование сегнетоэлектриков связано с их широким практическим применением, обусловленным их уникальными свойствами, в частности, характерной зависимостью диэлектрических свойств этих материалов от внешних воздействий. Неоднородные структуры на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков в последнее время становятся более перспективными для практических применений, чем монокристаллы. В частности, такие структуры используются для производства малогабаритных конденсаторов с большой удельной емкостью и нелинейных элементов для диэлектрических усилителей. Гетероструктуры на основе наноразмерных матриц могут использоваться при изготовлении ячеек энергонезависимой памяти, для пироприемников и датчиков влажности. В связи с этим встает вопрос об исследовании и прогнозировании эффективных физических свойств неоднородных систем при различных внешних воздействиях. Широкий диапазон применений композитов на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков делает актуальным исследование этих материалов. Данная тема представляет как фундаментальный, так и прикладной интерес. С одной стороны, эти исследования позволяют уточнить влияние неоднородности на нелинейные диэлектрические свойства, с другой – дать рекомендации о выборе материалов для конкретных применений.

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

В качестве объекта исследования 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 нанокомпозиты 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 $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$.

Для достижения поставленной цели был решен ряд задач:

1. Автоматизирован процесс измерения и обработки результатов для исследования нелинейных диэлектрических свойств методом НДС.
2. Методом генерации третьей гармоники исследованы фазовые переходы в $(\text{KNO}_3)_{1-x}(\text{NH}_4\text{NO}_3)_x$.
3. Исследовано взаимовлияние компонентов в композите $(\text{KH}_2\text{PO}_4)_{1-x}/(\text{Pb}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{Te})_x$.
4. Проведены исследования линейных и нелинейных диэлектрических свойств сегнетоэлектрических нанокompозитов: $\text{SBA-15}/\text{NH}_4\text{HSO}_4$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SC}(\text{NH}_2)_2$.
5. Методом НДС исследованы мультиферроики CuO и BiFeO_3 и композиты на их основе $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$, $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$.

Научная новизна. К новым и наиболее важным научным результатам, полученным в работе, можно отнести следующее.

1. Впервые обнаружено расширение области существования сегнетоэлектрической фазы нитрата калия в составе $(\text{KNO}_3)_{1-x}(\text{NH}_4\text{NO}_3)_x$ для x в диапазоне $0.025 \leq x \leq 0.100$.
2. Методом генерации третьей гармоники установлено, 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 .
3. Для композита $(\text{CuO})_{1-x}/(\text{BaTiO}_3)_x$ вблизи фазового перехода впервые обнаружено изменение проводимости с емкостной на индуктивную.

Достоверность результатов диссертационной работы и обоснованность выводов определяется комплексным использованием современных экспериментальных методов, включая линейную и нелинейную диэлектрическую спектроскопию, применением стандартной измерительной аппаратуры, использованием надежных теоретических методов и апробацией результатов.

Практическая значимость работы заключается в следующем. Результаты работы представляют несомненный интерес и могут найти практическое применение при конструировании электронных устройств с использованием сегнетоэлектриков в многослойных структурах, что значительно расширит их функциональные возможности.

Автором выявлен ряд особенностей генерации гармоник высшего порядка в сегнетоэлектриках, мультиферроиках и композитах на их основе вблизи фазовых переходов. Результаты, полученные Антоновым А.А., уточняют и расширяют представления о применимости метода НДС для исследования композитов и нанокompозитов на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков, что является важным как в общенаучном плане, так и в плане конкретных приложений.

По работе имеются следующие **замечания**:

1. Из текста диссертации неясно, как метод нелинейной диэлектрической спектроскопии помогает повышать точность определения температур фазовых переходов.
2. В методике приготовления образцов не указано, как конкретно менялся состав $Pb_{1-y}Ge_yTe$ для получения нужной температуры фазового перехода.
3. В параграфе 3.1 для объяснения изменения температуры фазового перехода принято, что образец состоит из одинаковых сферических частиц радиусом R . Автор не поясняет, что обозначают далее введенные в этом параграфе, R_1 , R_2 , ρ_1 , ρ_2 .
4. В тексте диссертации имеются стилистические неточности и опечатки (см. например стр. 68, 70, 86 и др.)
5. Недостаточно полно отражено обоснование выбора конкретных объектов исследования и их разновидность (сегнетоэлектрики, мультиферроики и композиты на их основе).

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной

работы. Результаты работы могут использоваться в научных исследованиях, проводимых в вузах и институтах РАН, в научно-исследовательских организациях, занимающихся исследованиями и разработками в области твердотельной микроэлектроники, а также в учебном процессе при чтении лекций и проведении практических занятий по темам, связанным с изучением влияния размерных эффектов на физические свойства наноструктурированных материалов.

Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней и пунктам Паспорта специальностей ВАК для физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния:

п. 1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

п. 3. Изучение экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния.

Основные результаты диссертации опубликованы в научной печати, неоднократно докладывались на конференциях и семинарах различного уровня и известны в кругу специалистов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-исследовательской работой, посвященной решению актуальной физической задачи, имеющей важное научно-техническое значение. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Антонов Антон Анатольевич

заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Доклад А.А. Антонова по материалам кандидатской диссертации заслушан на семинаре кафедры "Физика и теоретическая механика" ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», 680021, Хабаровск, Серышева, 47. Заведующий кафедрой к.ф.-м.н., доцент Сюй Александр Вячеславович, e-mail: alsyuy271@gmail.com, моб. тел.: 89142066554; сайт: <http://www.dvgups.ru>

Отзыв на диссертационную работу заслушан, обсужден и утвержден на заседании кафедры 9 февраля 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой "Физика и теоретическая механика",
к.ф.- м.н., доцент

А.В. Сюй

Секретарь кафедры

Н.Н. Рекунова