

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора Матвеева Николая Николаевича на работу аспиранта Нгуена Хоай Тхыонга над диссертацией «Релаксационные процессы в сегнетоэлектрических композитах с матрицей из нанокристаллической целлюлозы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — Физика конденсированного состояния.

### Актуальность темы

Исследование диэлектрической дисперсии в материалах имеет и фундаментальное, и прикладное значение ввиду возможности получения через него большого количества информации о микроскопических процессах и необходимых для практики характеристиках. В последнее время появляются вновь созданные искусственные материалы, обладающие ценными свойствами для улучшения текущих и создания новых типов современных приборов. При этом, научное обоснование процессов, происходящих в указанных материалах, все еще существенно отстает от потребностей практики. Например, экспериментальные исследования показывают, что релаксация в сложных неупорядоченных системах часто обладают недебаевким характером. Для выяснений таких аномалий в некоторых случаях не могут использоваться традиционные теоретические схемы.

Среди материалов, перспективных для использования в наноэлектронике особую роль играют сегнетоэлектрические композиты, полученные при введении сегнетоэлектриков в нанопористые матрицы. Значительное влияние на свойства указанных композитов обусловлено характеристиками используемого сегнетоэлектрика и матрицы, и также взаимодействием между ними. При этом полимерные матрицы, такие как эпоксидная и полиэфирная смолы, поливинилиденфторид-трифторэтилен (ВДФ/ТФЭ) и другие часто используются для создания сегнетоэлектрических композитов. Спектр дисперсии диэлектрической проницаемости в таких композитах обладает сложным характером в связи с появлением новых механизмов релаксации по сравнению с их компонентами.

Результаты литературного обзора показали, что исследования механизмов релаксационных процессов в указанных композитах недостаточны, что затрудняет использование указанных материалов в сегнетоэлектрическом приборостроении.

В связи с вышеизложенным, актуальность диссертационной работы Нгуена Хоай Тхьонга не вызывает сомнений.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертация изложена в 116 страницах, состоит из трех глав, введения, выводов и списка литературы из 100 наименований.

**Во введении** автор дает общую характеристику диссертационной работы: обоснована актуальность темы, поставлены цель и основные задачи, сформулированы научная новизна и практическая значимость исследования, изложены основные научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения о публикациях, среди которых есть работы в журналах из списка ВАК, апробации работы на конференциях высокого уровня, структуре и объеме диссертации.

**Первая глава** представляет основные результаты исследований свойств пористых сегнетоэлектрических композитов, связанные с диссертационной темой. В данной главе предложено, описано и комбинированное использование частотных спектров различных диэлектрических характеристик, таких как комплексной диэлектрической проницаемости, комплексной проводимости, комплексного импеданса и комплексного электрического модуля для исследований релаксационных процессов на инфранизких частотах.

**Во второй главе** приведены методики изготовления образцов и измерений диэлектрических свойств композитов с матрицей нанокристаллической целлюлозы с включениями триглицинсульфата или нитрита натрия. В данной главе приведены экспериментальные результаты диэлектрических свойств указанных композитов, для которых отличительной особенностью являются анизотропный характер их диэлектрических свойств в зависимости от ориентации наноканалов относительно поверхности образца и значительное влияние матрицы на температуру фазового перехода при ее взаимодействии с сегнетоэлектрическими наночастицами через

систему водородных связей. В случае композита с триглицинсульфатом, значения диэлектрической проницаемости малы, а температура фазового перехода смещается в область более высоких температур относительно объемного триглицинсульфата из-за наличия взаимодействия матрицы и внедренного сегнетоэлектрического материала через систему существующих в обоих компонентах водородных связей. В случае композита с включением нитрита натрия водородные связи отсутствуют, что приводит к снижению температуры фазового перехода нитрита натрия из-за отсутствия фиксирующего действия матрицы на поведение сегнетоэлектрического материала.

**В третьей главе** приведены полученные автором результаты исследований релаксационных процессов в исследуемых композитах в диапазоне  $10^{-3}$  –  $10^6$  Гц. В композите с включением триглицинсульфата наблюдались две области дисперсии, обусловленные движением доменных стенок и максвелл-вагнеровской поляризацией, а в композите с включением нитрита натрия – одна область дисперсии по механизму Максвелла-Вагнера.

Нанокристаллической целлюлозе присущи значительные адсорбционные свойства из-за разветвленной поверхности и наличия на ее поверхности наноканалов. В обычных условиях нанокристаллическая целлюлоза может поглощать влагу из воздуха и, следовательно, на свойства композитов с нанокристаллической целлюлозой должна влиять остаточная вода в образце. Полученные в четвертом разделе данной главы результаты показали наличие дополнительного максимума в температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при первоначальном нагреве образцов, обусловленного остаточными молекулами воды в композите.

При исследовании дисперсии диэлектрической проницаемости на низких и инфра-низких частотах нельзя пренебречь влиянием приэлектродных эффектов из-за накопления зарядов на границе композит-электрод, что приводит к значительной дисперсии в данном диапазоне частот. В диссертационной работе с использованием идеологии электрических модулей автор детально исследовал указанные эффекты.

**В заключении диссертации** сформулированы основные результаты проведенных исследований.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы и удовлетворяет требованиям ВАК.

**Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Изложенные в диссертационной работе научные положения получены с использованием современных методов измерений, а основные результаты опубликованы в научной печати. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Апробация диссертационной работы проводилась на Всероссийских и международных научных конференциях и семинарах по теме исследования. Основные результаты диссертации достаточно полно изложены в 11 публикациях, 6 из которых включены в перечень, рекомендованный ВАК РФ.

**Новизна научных положений и результатов**

В ходе выполнения диссертационного исследования автором получен ряд новых результатов, из которых наиболее значимыми являются следующие:

1. Автор впервые использовал для синтезируемых композитов природный материал (целлюлозу) в качестве армирующей матрицы.
2. Сравнительные исследования водородсодержащих (триглицинсульфат) и неводородсодержащих (нитрит натрия) наполнителей в водородсодержащую матрицу выясняют влияние матрицы на электрофизические свойства сегнетоэлектрических композитов через систему водородных связей.

**Практическая значимость диссертационной работы**

Научная и практическая значимость полученных в диссертационной работе результатов для науки и техники заключаются:

1. в разработанных новых способах изготовления сегнетоэлектрических композитов;

2. в добавлении новых знаний о закономерности релаксационных процессов в указанных материалах, что имеет большое значение при их применении в системах связи и электронной технике.

### **Замечания к диссертационной работе**

1. В работе встречаются некоторые неточности. Например, на рис.8 подпись к нему не совсем соответствует графику. На рис. 18 необъясним переход от весовых процентов к объемным. Не совпадают порядковые номера ссылок с номерами формул, на которые делается ссылка (стр. 26, 28, 29, 32, 37, 97).

2. Известно, что целлюлозе присущ полиморфизм, что позволяет объяснить наличие аномалий в виде пиков на частотной зависимости тангенса потерь, как переходы кристалл-кристалл. Отмечу, что температурное положение этих экстремумов (рис.29, 31 и 36) хорошо согласуется с результатами по изучению природы изменения поляризации в целлюлозе в широком диапазоне температур, полученными в лаборатории лесотехнического университета.

3. Изучение влияния влаги на диэлектрические свойства изучаемых композитов, где матрицей является НКЦ, следовало бы провести для всего спектра парциальных давлений паров воды, т.е. иметь адсорбционную кривую, вид которой ответил бы на ряд вопросов по механизмам изменения поляризации в конкретном температурном интервале.

Отмеченные недостатки носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Нгуена Хоай Тхыонга «Релаксационные процессы в сегнетоэлектрических композитах с матрицей из нанокристаллической целлюлозы» содержит новые результаты и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Она удовлетворяет всем критериям «Положение о порядке присуждения ученых степеней (Постановление от 24 сентября 2013 г. № 842)», а ее содержание соответствует специальности 01.04.07 - Физика

конденсированного состояния. Считаю, что Нгуен Хоай Тхьонг заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

д.ф.-м.н., профессор,  
19.10.2016 г.

Матвеев Н. Н.

Матвеев Николай Николаевич - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и прикладной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ФГБОУ ВО ВГЛТУ)

Рабочий телефон: 8 (473) 253-77-12

E-mail: nmtv@vglta.vrn.ru

Адрес: 394 087, Воронежская область,  
г. Воронеж, ул. Тимирязева 8.

