

**«Утверждаю»**

Ректор Тверского



государственного университета

А.В. Белоцерковский

« Октябрь » 2016 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу Нгуена Хоай Тхыонга «Релаксационные процессы в сегнетоэлектрических композитах с матрицей из нанокристаллической целлюлозы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

#### **Актуальность темы диссертации**

В настоящее время изучению свойств сегнетоэлектриков в условиях ограниченной геометрии уделяется пристальное внимание исследователей из-за больших возможностей вариации их свойств при уменьшении размера объемных сегнетоэлектриков до наноуровня. Одним из способов получения систем сегнетоэлектрических наночастиц является внедрение сегнетоэлектриков в нанопористые матрицы. При этом на свойства сегнетоэлектрических композитов значительно влияют не только размерные эффекты, но и взаимодействие между матрицей и наночастицами и также взаимодействие наночастиц между собой. Несмотря на многочисленные исследования, изучающие аномальные электрофизические свойства сегнетоэлектрических нанокompозитов, сравнительно мало исследований

посвящено механизмам релаксационных процессов в указанных композитах. В связи с этим актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

Автором диссертационной работы выполнены исследования механизмов релаксационных процессов в сегнетоэлектрических композитах на основе матрицы в виде нанокристаллической целлюлозы с сегнетоэлектрическими включениями в диапазоне низких и инфра-низких частот ( $10^{-3}$  –  $10^6$  Гц) в слабых переменных электрических полях.

**Объекты исследований** в данной работе выбраны оптимально, логично и актуально. Во-первых, в качестве нанопористой матрицы использована нанокристаллическая целлюлоза, которая, в отличие от традиционных нанопористых матриц, таких как кремний, стекло и оксид алюминия, имеет природное происхождение и обладает большой адсорбционной способностью по отношению к воде и растворам из-за содержащего в ней большего количества первичных ОН-групп. Идея об использовании целлюлозы для создания композитов и изучения их электрических свойств представляет большой интерес. Во-вторых, для выяснения влияния взаимодействия между указанной матрицей и сегнетоэлектрическими включениями через систему водородных связей на свойства композитов были использованы водородсодержащий (триглинсульфат - ТГС) и неводородсодержащий (нитрит натрия –  $\text{NaNO}_2$ ) сегнетоэлектрики.

**Структура и содержание работы** сформулированы и изложены ясно, грамотно и последовательно в соответствии с поставленными диссертантом задачами. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов и списка цитируемой литературы. Общий объем работы составляет 116 страниц машинописного текста, включает 65 рисунков, 38 формул и 3 таблицы. Список литературы содержит 100 наименований.



### **Новизна полученных результатов диссертации**

Анализ диссертационной работы Нгуена Хоай Тхыонга показал, что соискателем проделана большая экспериментальная работа и проведен поиск новых типов матриц для улучшения свойств композитов в соответствии с потребностями практики, что всегда является актуальной задачей. Выбор нанокристаллической целлюлозы в качестве нанопористой матрицы показывает плодотворность идеи об использовании более доступных природных материалов для создания сегнетоэлектрических композитов.

Все полученные результаты по исследованию электрофизических свойств в диссертационной работе являются оригинальными и новыми. Исследования дисперсии диэлектрической проницаемости частично компенсируют недостаточность экспериментальных результатов по исследованию релаксационных процессов в сегнетоэлектрических композитах в литературе.

### **Значимость результатов диссертации**

Полученные в диссертации результаты исследований дисперсии диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрических композитов могут быть использованы для совершенствования элементной базы разработчиками радиотехнических устройств. Основные положения и выводы диссертационной работы дают возможность расширить фундаментальное понимание особенностей релаксационных процессов для сегнетоэлектриков в условиях ограниченной геометрии.

### **Достоверность результатов и выводов диссертации**

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов и выводов обуславливается тем, что при проведении исследований использовались современные экспериментальные методы, использующие современное измерительное оборудование и общепринятые методики для

обработки и анализа экспериментальных данных. Используются современные экспериментальные установки, такие как анализатора импеданса «Solartron - 1260» с диэлектрическим интерфейсом «Dielectric Interface - 1296» для измерений частотных зависимостей диэлектрических характеристик и многократной проверкой результатов.

По теме диссертационного исследования автором были опубликованы работы в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Полученные результаты не противоречат результатам других авторов и дополняют их. Всё вышесказанное подтверждает достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации.

Представленные в заключении **выводы работы являются обоснованными** и соответствуют защищаемым положениям. Представленный автореферат соответствует содержанию диссертации.

**Научные результаты работы** по теме диссертации с участием автора опубликованы в 6-ти статьях в журналах: «Физика твердого тела» и «Ferroelectrics», входящих в перечень ВАК и 5-х статьях в материалах международных конференций. Результаты работы в достаточной мере апробированы на всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Содержание диссертации достаточно полно отражено в публикациях.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе не проведена количественная оценка доли включений триглицинсульфата в матрице нанокристаллической целлюлозы, что является очень важным для анализа и интерпретации экспериментальных результатов. Более того, все исследуемые свойства могут значительно зависеть от концентрации ТГС в полимерной матрице.
2. На протяжении всей работы рассматриваются композитные образцы НКЦ+ТГС двух видов: с перпендикулярным и параллельным расположением



наноканалов. На рисунке 28 представлены температурные зависимости диэлектрических параметров для указанных выше образцов, а на рисунке 29 даются температурные зависимости диэлектрических потерь для неких образцов НКЦ+ТГС с наличием двух максимумов, которые не наблюдаются в других образцах. Из текста диссертации совершенно не понятно, что это за образцы, почему их поведение так кардинально отличается от обычных композитов НКЦ+ТГС. Почему они в дальнейшем не исследуются?

3. Представленные в работе зависимости поляризации от электрического поля (петли гистерезиса, вставки к рис. 35) характерны для структур с повышенной проводимостью или при наличии объемных зарядов, сформированных на границах неоднородностей в полупроводниках, так называемые петли потерь. Поэтому естественен вопрос о правомерности определения поляризации из полученных петель и что это будет за поляризация?

4. Для интерпретации результатов по диэлектрической релаксации полезно было бы определить проводимость по постоянному току для данных структур. Почему такие измерения не были проведены? В частности, адекватное значение энергии активации можно получить только из температурных зависимостей проводимости по постоянному току, тому пример Таблица 1, где ясно показано, что рассчитанное значение энергии активации очень сильно зависит от частоты переменного поля, более того при частоте измерительного поля более 1 кГц при  $T < T_0$  зависимость проводимости по переменному току от обратной температуры будет иметь положительный наклон, что говорит об отрицательной энергии активации – нонсенс в данном случае.

5. При рассмотрении композитов НКЦ+NaNO<sub>2</sub> не упоминается, какие матрицы для их создания были использованы – с перпендикулярным или параллельным расположением наноканалов. Являлось ли это важным для данных композитов?




6. В работе имеется достаточно много опечаток; также присутствуют жаргонные выражения типа «опрокидывание поляризации», «Аррениусный характер» и т.п., которых следовало бы избегать.


Однако, несмотря на приведенные замечания, в целом диссертационная работа Нгуена Хоай Тхыонга представляет законченное научное исследование, содержащее ряд, безусловно, **новых результатов**, позволяющих расширить существующие в настоящее время представления о формировании наноразмерных структур в пористых полимерных матрицах и релаксационных процессах в сегнетоэлектрических материалах в условиях ограниченной геометрии.


Принимая во внимание всё изложенное выше, считаем, что диссертация Нгуена Хоай Тхыонга является законченной научно-квалификационной работой, ее основные результаты, выводы и научные положения обладают достоверностью, научной новизной и практической значимостью. Автореферат и публикации по теме работы полно отражают содержание диссертации, её основные положения и выводы. Содержание диссертации соответствует формуле паспорта специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

По объёму, научной новизне, значимости и достоверности диссертация Нгуена Хоай Тхыонга «Релаксационные процессы в сегнетоэлектрических композитах с матрицей из нанокристаллической целлюлозы» 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 ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Нгуена Хоай Тхыонга была рассмотрена и  
обсуждена на заседании кафедры физики конденсированного состояния физико-  
технического факультета Тверского государственного университета. Отзыв  
составлен доктором физико-математических наук, профессором кафедры  
физики конденсированного состояния Солнышкиным Александром  
Валентиновичем, обсужден и утвержден на заседании кафедры физики  
конденсированного состояния (протокол № 3 от 21 октября 2016 г.)

Заведующий кафедрой физики конденсированного состояния  
Тверского государственного университета,  
доктор физико-математических наук, профессор   
Пастушенков Юрий Григорьевич

Профессор кафедры,  
доктор физико-математических наук  
Солнышкин Александр Валентинович 

Секретарь кафедры  
Кузнецова Юлия Васильевна 

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тверской государственный университет»  
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.  
Тел.: (4822)34-24-52; e-mail: rector@tversu.ru

*Подпись Пастушенкова ЮТ*  
*Солнышкин*  
*Кузнецова*  
*Удостоверено*



*Удостоверено*  
*Ю.И. Шокатова*