

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Милинского Алексея Юрьевича  
"Сегнетоэлектрические фазовые переходы в матричных и смесевых  
композитах", представленной на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного  
состояния

В настоящее время неоднородные сегнетоэлектрические материалы привлекают внимание исследователей за счет обнаруженных у них целого ряда новых свойств, нехарактерных для объемных сегнетоэлектриков. Это в первую очередь касается больших значений диэлектрической проницаемости, наличию спонтанной поляризации и проявлению нелинейных свойств в электрических полях. Однако набор таких неоднородных сегнетоэлектрических материалов еще не велик, но интересен, как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Сегнетоэлектрические композиты могут иметь различную структуру и компоненты, взаимодействие между которыми будет существенно влиять на диэлектрические свойства и температуры фазовых переходов. Диссертационная работа А.Ю. Милинского посвящена выяснению и классификации вкладов различных механизмов взаимодействия компонентов в нанокompозитах на температуры их фазовых переходов и диэлектрические свойства. Тема диссертации является актуальной, поскольку отвечает сложившимся тенденциям в сегнетоэлектрическом материаловедении и позволяет ответить на новые вопросы фундаментального характера, а также определить перспективные области их применений.

Диссертантом проведена большая работа по выбору и обоснованию методов и методик синтеза и исследования наноструктурированных и композитных сегнетоэлектрических материалов, а также по способам анализа их нелинейных свойств. На основе проведенного анализа разработана и создана автоматизированная установка исследования сегнетоэлектрических материалов методом нелинейной диэлектрической спектроскопии. Это позволило подойти к комплексным исследованиям сегнетоэлектрических смесевых композитов и нанокompозитов различного состава на основе пористых матриц, получить и систематизировать новую информацию о данных системах.

В качестве основных результатов диссертационной работы, имеющих приоритетное значение, отмечу следующие выводы:

1. Электрические взаимодействия в смеси сегнетоэлектрических порошков  $C_6H_{16}NBg$   $PbTiO_3$  проявляются на сравнительно больших расстояниях и оказывают влияние на сегнетоэлектрические переходы в  $C_6H_{16}NBg$ .
2. В сегнетоэлектрических нанокompозитах  $KNO_3/MCM-41$ ,  $KNO_3/Al_2O_3$  стабилизация сегнетоэлектрического состояния происходит в  $KNO_3$ , а температурный интервал его стабильности определяется типом нанопористой матрицы и размером пор в ней.
3. Увеличение доли  $BaTiO_3$  в композитной керамике  $(BiFeO_3)_{1-x} / (BaTiO_3)_x$  приводит к росту нелинейности и понижению температуры Нееля в  $BiFeTiO_3$ .
4. Формирование сегнетоэлектрической фазы в  $C_6H_{16}Ni$  зависит от температурной предыстории, а ее возникновение наблюдается при температурах отжига от 420 К.
5. Механические напряжения, возникающие в результате разных коэффициентов теплового расширения тиомочевина  $(SC(NH)_2)$  и пористых матриц  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ , приводят к повышению температуры Кюри тиомочевины, при этом сдвиг температуры фазового перехода зависит от материала матрицы и размера пор.



Достоверность и объективность результатов исследований, представленных в диссертации, подтверждается публикациями в престижных периодических изданиях, а также выступлениями на международных и отечественных конференциях.

Научная и практическая значимость результатов и основных научных положений диссертации заключается в исследовании фундаментальных свойств различных смесевых и нанокompозитных сегнетоэлектриков методом нелинейной диэлектрической спектроскопии, включая их значительные нелинейные полевые зависимости диэлектрической проницаемости, что позволит создавать электрически управляемые материалы с заданными характеристиками путем изменения размера и взаимного расположения компонентов для создания функциональных устройств микро- и наноэлектроники.

К некоторым недостаткам работы можно отнести следующее:

1. В качестве одного из методов исследований упоминается ИК-спектроскопия сегнетоэлектрических материалов, но в автореферате не приводятся результаты, доказывающие отсутствие химических взаимодействий между различными сегнетоэлектрическими компонентами в смесях или нанокompозитах.

2. При описании установки для исследования сегнетоэлектриков методом нелинейной диэлектрической спектроскопии не указан диапазон температур в используемом термостате, а также - непонятен метод охлаждения, и почему минимальной температурой является температура 120 К, если охлаждение осуществлялась жидким азотом.

3. В автореферате и, видимо, в диссертации не оцениваются дополнительными методами размеры нанокompонентов сегнетоэлектриков в порах матриц, хотя известно, что при синтезе размер нанокристалла может быть меньше размера поры.

4. В автореферате введен термин ДТА без расшифровки (стр. 13), что осложняет его восприятие.

5. При рассмотрении основных механизмов, приводящих к изменению свойств сегнетоэлектрических частиц, в автореферате не приводятся численные оценки размерных эффектов, электрических взаимодействий и механических напряжений. Остается непонятным были ли сделаны такие оценки в тексте диссертации?

Однако указанные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на целостность полученных новых данных для широкого класса сегнетоэлектрических материалов.

Результаты работы в достаточной степени отражены в научной печати. Опубликованы 50 статей, входящих в базы данных Web of Science (26), SCOPUS (50) и РИНЦ (50). На опубликованные работы получены 177 ссылок в Web of Science ( $h=7$ ) и 277 ссылок в SCOPUS ( $h=10$ ), что показывает востребованность научных результатов в научном мировом сообществе.

В диссертационной работе концептуально развито новое актуальное направление в физике конденсированного состояния, состоящее в развитии метода нелинейной диэлектрической спектроскопии и установлении границ его применимости для микро- и наносегнетоэлектриков для широкого класса сегнетоэлектрических материалов.

Таким образом, изложенные в автореферате результаты позволяют сделать вывод о том, что рассматриваемая диссертация по уровню научной новизны и практической значимости отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в области физико-математических наук по специальности 1.3.8 - физика конденсированного состояния. Ее автор, А.Ю. Милинский заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук за новые научно обоснованные результаты, полученные в области

исследования микро- и наносегнетоэлектриков и компаундов на их основе и дальнейшее развитие метода нелинейной диэлектрической спектроскопии.

Главный научный сотрудник,  
научный руководитель лаборатории  
оптики и электрофизики  
ИАПУ ДВО РАН, д.ф.-м.н.,  
профессор по специальности  
физика конденсированного состояния



Н.Г. Галкин

25.10.2021 г.

Галкин Николай Геннадьевич  
ул. Кирова, д. 105, кв. 78,  
690041, Владивосток  
моб. тел. +79046280438, эл. почта: [galkin@iacp.dvo.ru](mailto:galkin@iacp.dvo.ru)  
Основное место работы – ИАПУ ДВО РАН

