

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Зайцевой Ирины Валерьевны «Исследование полярных свойств сегнетоэлектриков в параэлектрической фазе оптическими методами», представленную на соискании ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – оптика.

Диссертационная работа Зайцевой Ирины Валерьевны посвящена развитию спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) и рассеяния Мандельштама-Бриллианта (РМБ), и генерации второй оптической гармоники (ГВГ) для исследования температурного поведения полярных свойств в сегнетоэлектриках и релаксорах (сегнетоэлектриках с уширенным фазовым переходом). Изучение сегнетоэлектрических материалов актуально, поскольку они активно применяются на практике (в радиоэлектронике, оптоэлектронике). Помимо этого, остается ряд нерешенных фундаментальных задач. Принято считать, что свойства релаксоров обусловлены формированием локальных полярных областей нанометрового размера в параэлектрической фазе. Ранние исследования температурных зависимостей различных макроскопических свойств (показателя преломления, коэффициентов линейного расширения и упругих модулей), демонстрирующих при определенной температуре их отклонение от высокотемпературного монотонного поведения, указывают на их проявление. Однако, в связи с их малыми размерами и коротким временем жизни непосредственное наблюдение данных областей затруднено. Еще одним немаловажным аспектом является то, что подобные особенности в температурных зависимостях также наблюдаются в некоторых классических сегнетоэлектриках. Это также может указывать на формирование подобных локальных полярных областей.

Генерация второй оптической гармоники представляется наиболее подходящим методом для регистрации локальных полярных областей в параэлектрической фазе. Основываясь на том, что сигнал ГВГ в centrosymmetric параэлектрической фазе должен быть равен нулю, его регистрация в данной фазе будет указывать на локальное нарушение симметрии. Это, в свою очередь, может быть вызвано наличием локальных полярных областей. Метод РМБ позволяет изучить температурное поведение упругих модулей и, таким образом, зарегистрировать их отклонения при наличии локальных полярных областей в сегнетоэлектриках и релаксорах. Особенности в температурном поведении центрального пика, отражающего флуктуации параметра порядка, также могут указывать на наличие данных областей. Низкочастотная спектроскопия КРС позволяет изучить температурное поведение центрального пика. Таким образом, развитие и применение оптических методов (ГВГ, КРС и РМБ) для регистрации локальных полярных областей, определения и сравнения их температурной эволюции в сегнетоэлектриках и релаксорах является актуальной задачей.

Диссертация хорошо структурирована, должным образом оформлена и проиллюстрирована. Полный объем составляет 118 страниц и включает в себя 40 рисунков. Список литературы содержит 152 источника. Структурно диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы.

Во введении представляется основная область проведения исследования, дается литературный обзор, определены цели и задачи диссертационной работы. Сформулированы актуальность и научная новизна. В конце приводятся защищаемые положения.

В первой главе обсуждаются отличия релаксоров от классических сегнетоэлектриков, в том числе механизм образования локальных полярных областей нанометрового масштаба в релаксорах и возможность образования подобных областей в некоторых классических сегнетоэлектриках. Обсуждаются преимущества и недостатки различных методов исследования локальных полярных областей, а также приводится обоснование выбора объектов для изучения и сравнения температурной эволюции данных областей.

Во второй главе описаны применяемые в данной диссертационной работе оптические методы для регистрации локальных полярных областей и определения их температурной зависимости.

В третьей главе и четвертой главах представлено описание развитой диссертантом экспериментальных установок для регистрации и измерения температурного поведения локальных полярных областей в исследуемых образцах.

В пятой и шестой главах представлены результаты по исследованию выбранных образцов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

К наиболее значимым результатам диссертации можно отнести следующее:

1. Разработана методика ГВГ для регистрации малых сигналов ГВГ в центросимметричной фазе при наличии локального нарушения симметрии. Дана интерпретация ненулевого сигнала ГВГ, регистрируемого во всех исследуемых кристаллах SBN-100x в параэлектрической фазе.
2. Показано, что температурные зависимости ГВГ, упругого модуля в геометрии рассеяния $Z(XX)Z$, и линейных деформаций в кристаллах SBN-100x одинаково описываются температурно-зависимым дипольным моментом в локальных нецентросимметричных областях в параэлектрической фазе.
3. Показано, что в семействе кристаллов SBN-100x температурное поведение центрального пика в спектрах КРС описывает релаксационный процесс со множеством времен релаксации. Из этого следует, что кристаллы SBN-33 и SBN-50, которые относятся к классическим сегнетоэлектрикам, могут проявлять некоторые свойства релаксоров.
4. Продемонстрирована возможность оценки величины ОМН, ответственных за изменение свойств порошка, по сдвигу $E(TO)$ линии КРС.
5. Экспериментально показано, что интегральная интенсивность $E(TO)$ линии в спектрах КРС $BaTiO_3$ описывается температурно-зависимым дипольным моментом в локальных статических областях, аналогично сигналу ГВГ.

В целом, диссертационная работа является законченным исследованием, выполненном на высоком научном уровне. По методам исследования она полностью соответствует заявленной специальности.

Научная новизна и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. По итогам работы опубликовано 9 статей в ведущих научных рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. По результатам диссертационной работы сделано 9 докладов на всероссийских и международных конференциях.

Автореферат соответствует диссертации по содержанию.

В то же время в работе можно отметить ряд недостатков:

1. В диссертационной работе на стр. 70 на рис. 23 представлены температурные зависимости амплитуды центрального пика (ЦП) в кристаллах SBN-100х. Не понятно, как полученные данные по ЦП согласуются с данными, полученными по ГВГ и РМБ в данной работе?

2. В главе 3 в разделе 3.4.1 по описанию проведения эксперимента измерения упругих модулей с помощью РМБ на стр.57 указано, что измерения проводились в двух режимах: в режимах нагрева и охлаждения без приложения электрического поля. Во главе 5 в разделе 5.3 не хватает данных по температурным зависимостям упругих модулей, полученных в режиме нагрева либо пояснения почему автор не включил эти данные в результаты своей работы.

3. Присутствует несколько опечаток (стр.13, 28, 75,76).

Перечисленные недостатки не снижают значимости полученных результатов и общий высокий уровень работы.

Суммируя вышесказанное, диссертационная работа «Исследование полярных свойств сегнетоэлектриков в параэлектрической фазе оптическими методами» является законченным научным исследованием, в котором проведено всестороннее изучение заявленной научной проблемы. По объему и уровню проведенных исследований, научной новизне результатов, их фундаментальной и практической значимости она полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК КРФ к кандидатским диссертациям, а Зайцева Ирина Валерьевна заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Кострицкий Сергей Михайлович,
доктор физико-математических наук, доцент,
ООО Научно-Производственная Компания «Оптолинк»
технический директор Зеленоградского отделения.
Адрес: 124489, Москва, Зеленоград, Сосновая аллея, дом 6А
Телефон: +7 (916) 514 53 68
Адрес электронной почты: skostritskii@optolink.ru

/Кострицкий С.М./

«19» 09 2022 г.

Подпись Кострицкого С.М. заверяю:
Секретарь ООО НПК Оптолинк



Строганова А.Н.