

05.3;12

## **Влияние магнитного поля на доменную электролюминесценцию в кристаллах титаната бария вблизи сегнетоэлектрического фазового перехода**

© С.А. Флерова, Н.Н. Крайник, Н.П. Боцьва, С.А. Попов

Днепропетровский национальный университет, Украина  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 9 сентября 2002 г.

С помощью исследований электролюминесценции в кристаллах титаната бария в импульсном электрическом поле, приложенном совместно с магнитным полем, получены данные о зависимости смещения температуры максимума интенсивности электролюминесценции от величины магнитного поля и взаимной ориентации электрического и магнитного полей. Обсуждаются возможные механизмы наблюдаемых эффектов.

Одной из важнейших проблем физики сегнетоэлектричества, оказывающих существенное влияние на решение конкретных прикладных задач, является проблема динамики доменных переориентаций в сегнетоэлектриках. Выявление закономерностей динамики доменных процессов при комбинированном воздействии на сегнетоэлектрические кристаллы электрического и магнитного полей (см., например, [1,2] и библиограф. к [1]), а также рассмотрение механизмов таких процессов расширяют наши представления о доменных явлениях в сегнетоэлектриках и, в частности, о роли механических напряжений при движении сегнетоэлектрических доменных границ в магнитном поле.

Как известно, доменная электролюминесценция в широкозонных сегнетоэлектриках является специфическим видом люминесценции, чрезвычайно чувствительным к различным типам доменных движений [2]. В настоящей статье приводятся данные о зависимости интенсивности электролюминесценции в кристаллах ВаТiО<sub>3</sub> в импульсном электриче-

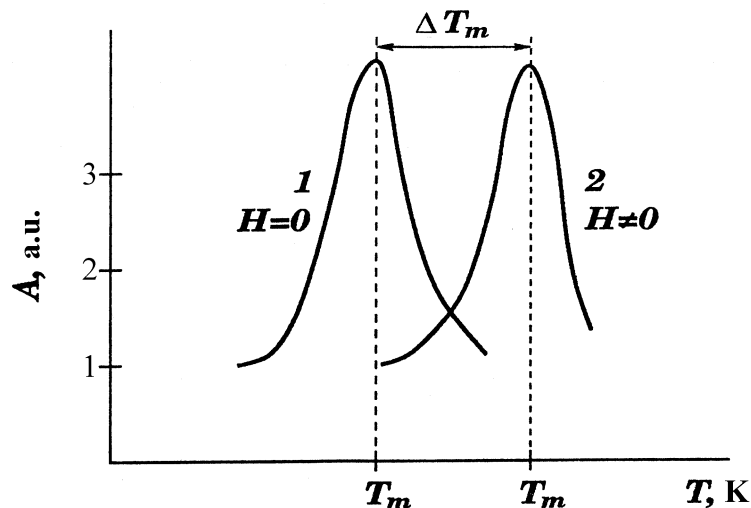
ском поле, приложенном совместно с постоянным или квазипостоянным магнитным полем.

Кристаллы  $\text{BaTiO}_3$  хорошего оптического качества в форме пластинок с развитой плоскостью (001) были выращены из раствора в расплаве  $\text{KF}$  при использовании материалов „ОСЧ“. Измерения проводились при различных температурах, включая область сегнето-электрического фазового перехода. Температура образца измерялась с точностью  $\pm 0.025$  К. Электрическое поле  $E$  прикладывалось в направлении [001], магнитное поле  $H$  прикладывалось параллельно или перпендикулярно направлению электрического поля. Электролюминесценция возбуждалась биполярными прямоугольными импульсами электрического поля длительностью  $100 \mu\text{s}$  с частотой следования  $100 \text{ Hz}$ .

Для получения постоянного магнитного поля использовался электромагнит ФЛ-1 со стабилизированным источником питания, который позволял получить магнитное поле напряженностью до  $25 \text{ kOe}$  в зазоре  $15 \text{ mm}$ . Часть экспериментов была проведена в сильных импульсных магнитных полях. Специально смонтированная установка, в которой использован метод разряда батареи конденсаторов на соленоид, позволяла формировать импульс магнитного поля напряженностью  $200 \text{ kOe}$  при длительности  $\sim 400 \mu\text{s}$ . Необходимо отметить, что измерения в сильных магнитных полях имеют ряд особенностей по сравнению с измерениями в постоянном магнитном поле, поэтому могут быть использованы только такие процессы переполаризации, время протекания которых меньше времени существования квазилинейного участка импульса магнитного поля, который в данной установке был ограничен  $40 \mu\text{s}$ . Кристаллы  $\text{BaTiO}_3$  удовлетворяли этому требованию.

Регистрация электролюминесценции, возникающей в образце, проводилась с помощью фотоэлектронного умножителя ФЭУ-79. В целях устранения наводок от магнитного поля на измерительные приборы, а также для фокусировки излучения в установке применен волоконно-оптический световод.

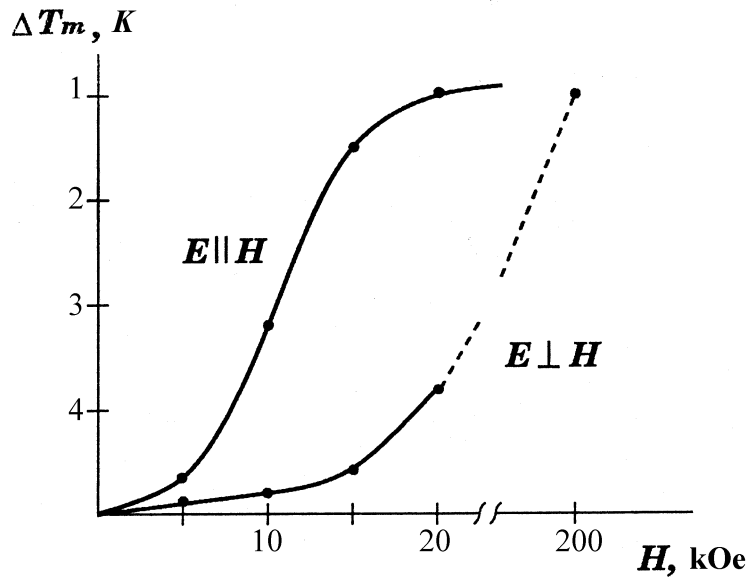
На рис. 1 схематически показаны температурные зависимости интенсивности электролюминесценции кристалла  $\text{BaTiO}_3$  в отсутствие магнитного поля (кривая 1) и в магнитном поле (кривая 2). Общий характер полученных зависимостей подобен температурной зависимости начальной диэлектрической проницаемости  $\epsilon(T)$ . Четкие различия в температурах достижения максимума для разных условий проведения эксперимента позволили измерить величину смещения максимума  $\Delta T_m$ .



**Рис. 1.** Температурные зависимости интенсивности электролюминесценции кристалла  $\text{BaTiO}_3$  в окрестности температуры Кюри в отсутствие магнитного поля ( $H = 0$ ) (1) и при приложении магнитного поля ( $H \neq 0$ ) (2).

Температура, при которой наблюдался четкий максимум люминесценции  $T_m$  в отсутствие магнитного поля (кривая 1), стабильна для каждого отдельного кристалла при фиксированной напряженности переполаризующего поля ( $\sim 3 \div 4 \text{ kV/cm}$ ) и несколько ниже температуры Кюри  $T_C$  (на  $2\text{--}3 \text{ K}$  для различных образцов). Максимум интенсивности люминесценции при измерениях в магнитном поле наблюдался при более высокой температуре  $T_m$  (кривая 2).

Эксперименты показывают, что величина смещения максимума  $\Delta T_m$  зависит от напряженности магнитного поля и взаимной ориентации векторов  $E$  и  $H$ . Более детально эти результаты показаны на рис. 2. При параллельной ориентации электрического и магнитного полей ( $E \parallel H$ ) с увеличением  $H$  наблюдался S-образный рост смещения  $\Delta T_m$  с выходом на насыщение при  $H \sim 20 \text{ kOe}$ . При взаимно перпендикулярной ориентации электрического и магнитного полей ( $E \perp H$ ) в области напряженностей магнитного поля до  $20 \text{ kOe}$  смещение  $\Delta T_m$  изменялось



**Рис. 2.** Зависимость смещения температуры максимума электролюминесценции кристалла  $\text{BaTiO}_3$  от напряженности магнитного поля ( $E = 3.7 \text{ kV/cm}$ , толщина образца  $0.3 \text{ mm}$ ).

слабее, однако при  $H = 200 \text{ kOe}$  оно достигало значения, характерного для  $E \parallel H$  на участке насыщения.

В оценке факта увеличения смещения  $T_m$  под влиянием внешнего магнитного поля следует учитывать природу самого максимума люминесценции, его чувствительность к внутренним напряжениям в кристалле, характеру и скорости движения доменных границ. Поэтому, вероятнее всего, таким образом проявляются эффекты, связанные с влиянием механических напряжений и изменением условий экранирования спонтанной поляризации и состояния дефектов кристаллической решетки в магнитных полях. Определенную роль в смещении максимума доменной электролюминесценции во внешнем магнитном поле играет взаимодействие магнитных моментов движущихся магнитных стенок доменов с развивающимися дополнительно механическими напряжениями в области границ движущихся доменов.

Смещение под действием внешнего магнитного поля максимума электролюминесценции для кристалла  $\text{BaTiO}_3$  в область возможной гетерофности дает основание предполагать, что дополнительная важная информация о динамике доменных и межфазных границ может быть получена при проведении измерений в неоднородных сегнетоэлектрических средах с размытым фазовым переходом. Эксперименты подобного рода начаты в модельном сегнетоэлектрическом релаксоре — магнониобате свинца. Предварительные результаты этих экспериментов показывают, что наиболее интересные данные могут быть получены при совместном действии на релаксор магнитного и электрического полей в режимах возбуждения электролюминесценции, описанных в работе [3].

Авторы благодарят О.Е. Квятковского за полезные обсуждения полученных результатов.

Работа поддержана РФФИ, грант 01-02-17801.

## Список литературы

- [1] Гриднев С.А., Дрождин К.С., Шмыков В.В. // ФТТ. 2000. Т. 42. В. 2. С. 318.
- [2] Флерова С.А.. Автореф. докт. дисс. Киев, 1994.
- [3] Флерова С.А., Крайник Н.Н. // Изв. РАН. Сер. физ. 2000. Т. 64. С. 1203.