

можно облегчить понимание большой устойчивости величины катодного падения потенциала, предположив механизм вторичной электронной эмиссии, зависящей от скорости падающих ионов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Ф о м е н к о В.С. Эмиссионные свойства материалов, справочник. Киев: Наукова Думка, 1981, с. 339.
- [2] S c h r a m A. - Suppl. Nuovo Cimento, 1967, v, N 2, p. 291-308.
- [3] C h r i s t o v N.N. - J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 1977, v. 18, p. 373-383.
- [4] C h r i s t o v N.N. and P a c h e v a Y.K. Contributed Papers XVII Intern. Conf. Phenomena in Ionized Gases, 8-12 July 1985. Budapest, 1985, 2, p. 575-577.
- [5] Х р и с т о в Н.Н. - ЖТФ, 1976, т. XLV1, в. 4, с. 801-805.

Поступило в Редакцию
19 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 21 12 ноября 1988 г.

ТЕНЗОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В КРИСТАЛЛАХ $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ В ОБЛАСТИ РАЗМЫТОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

С.А. Ф л е р о в а , А.Ю. К у д з и н ,
О.Е. Б о ч к о в , Н.Н. К р а й н и к

Переключение поляризации в сегнетоэлектрических кристаллах сопровождается люминесценцией, кинетика которой коррелирует с кинетикой переключения спонтанной поляризации P_S [1]. Такого вида люминесценция зарегистрирована в широком интервале температур и переключающих полей также в кристаллах $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ (PMN) - модельном сегнетоэлектрике с размытым фазовым переходом (РФП) [2, 3].

В сегнетоэлектриках-сегнетоэластиках, например титанате бария [4] и молибдате гадолиния [5], наблюдается тензолюминесценция при процессах реориентации доменов под действием механических напряжений. Представляет интерес выяснить, могут ли происходить под действием механических напряжений коллективные процессы реориентации поляризации областей полярной фазы при РФП, которые способны приводить к люминесценции.

В настоящей работе впервые обнаружена тензолюминесценция в температурном интервале сегнетоэлектрического РФП в кристалле

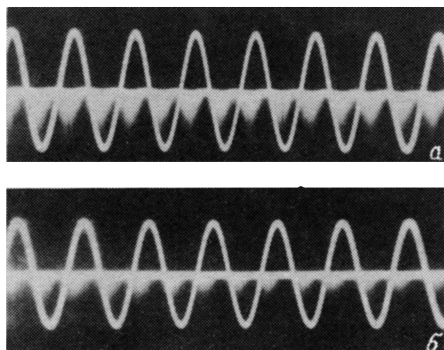


Рис. 1. Осциллограммы тензолюминесценции в сравнении с возбуждающим электрическим синусоидальным напряжением различной частоты (а - 10, б - 4 кГц), приложенным к ПЭ-1. Положительные и отрицательные полуциклы соответствуют деформациям растяжения и сжатия кристалла. Амплитудное значение деформации растяжения-сжатия $\sim 0,67 \cdot 10^{-5}$.

PMN при ~ 300 К, т.е. при температуре, несколько превышающей среднюю температуру Кюри.

Эксперименты проведены на монокристаллических пластинках *PMN* толщиной ~ 1 мм. Механические сжимающие-растягивающие деформации синусоидальной формы создавались вдоль псевдокубического направления [100]. Поверхности кристалла, за исключением "светового окна", были полностью металлизированы и подключены к шине нулевого потенциала, что полностью исключало макроскопическую пьезополяризацию образца. Излучаемый свет через световое окно попадал на фотокатод регистрирующего фотоумножителя. Кристалл *PMN* помещался между двухпьезоэлементами ПЭ-1 и ПЭ-2 из керамики типа ЦТС. Вся эта система типа "сэндвич" зажималась между плоско-параллельными пластинами специального кристаллодержателя. Величина механического поджатия, т.е. начального фонового постоянного давления, несколько превышала достижимые в системе напряжения растяжения-сжатия, развиваемые ПЭ-1 в результате приложения к нему синусоидального электрического напряжения частотой от 1 до 20 кГц. ПЭ-2 служил датчиком реально развиваемых в системе деформаций растяжения-сжатия, которые рассчитывались с учетом упругих постоянных, определенных в [6].

Фотоимпульсы при увеличении и уменьшении механического напряжения в кристалле практически симметричны (рис. 1) и состоят из большого числа отдельных импульсов длительностью < 1 мкс. Причем вспышки наблюдаются как на восходящих, так и на ниспадающих участках деформации кристалла. На ниспадающем участке реориентации носят термоактивированный характер [7] и сопутству-

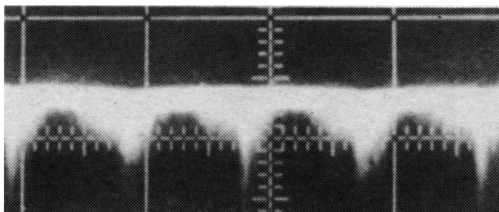


Рис. 2. Осциллограммы импульсов тензолюминесценции при амплитуде деформации растяжения–сжатия $\geq 10^{-4}$. Частота деформации - 2.6 кГц.

ющая им люминесценция подобна деполаризационной, описанной в [8]. С ростом частоты растяжения–сжатия при неизменном значении амплитуды деформации люминесценция возрастает. Определяющую роль в этом процессе играет увеличение скорости изменения воздействия, т.е. повышение степени коллективности процессов реориентации спонтанной поляризации в единицу времени.

Амплитуда люминесценции растет не только с увеличением частоты растяжения–сжатия, но и с ростом амплитуды деформации. До деформации $\sim 10^{-4}$ в люминесценцию в основном, по-видимому, дают вклад отличные от 180° реориентации вектора P_3 отдельных полярных областей. С дальнейшим ростом деформации растяжения–сжатия при постоянной частоте ее изменения растет и интенсивность излучения кристалла. При деформациях, больших $\sim 10^{-4}$, в районе средней части фотоимпульса появляется участок более интенсивного свечения, который, по-видимому, соответствует слиянию („схлопыванию“) отдельных полярных областей и их скоплений (рис. 2). Процесс схлопывания может быть обусловлен не только деформацией кристалла, но и существенной ролью локальных электрических полей, возникающих в *PMN* за счет пьезоэффекта на границах полярных областей и их скоплений.

Обнаружение тензолюминесценции в области СРФП является независимым подтверждением существования областей некубической полярной фазы в отсутствие внешнего электрического поля, которые ориентируются под действием механического напряжения. Такие ориентации вызывают большие электрические поля, необходимые для возникновения электролюминесценции, которой по своей природе является тензолюминесценция в сегнетоэлектриках–сегнетоэластиках.

Обнаружение свечения на ниспадающих участках деформации кристалла, подобного деполаризационному, подтверждает наличие термоактивированных переориентаций поляризации при РФП и, кроме того, позволяет предполагать прохождение возвратных реориентаций поляризации под действием внутренних механических напряжений. Люминесценция на ниспадающих участках, резкое увеличение интенсивности свечения при достижении некоторого характерного значения деформации и характер частотных зависимостей интенсив-

ности доказывает коллективность процессов ориентации и дезориентации полярных областей, наблюдающихся в условиях эксперимента при изменении механического напряжения.

Представляет несомненный интерес дальнейшее исследование эффекта тензолюминесценции в *PMN* и других сегнетоэлектриках с РФП, особенно на завершающих стадиях РФП для выяснения отличий процессов изменения поляризации в возникающих неоднородных состояниях от таких процессов в обычных сегнетоэлектриках-сегнетоэластиках.

Л и т е р а т у р а

- [1] Ф л е р о в а С.А. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т. 48, № 6, с. 1233-1237.
- [2] Ф л е р о в а С.А., П о п о в С.А., К р а й н и к Н.Н., Б о ч к о в О.Е., Л а з а р е в А.П. - ФТТ, 1985, т. 27, № 11, с. 3492-3494.
- [3] К р а й н и к Н.Н., Ф л е р о в а С.А., П о п о в С.А. - ФТТ, 1987, т. 29, № 9, с. 2845-2847.
- [4] Ф л е р о в а С.А., С а м ч е н к о Ю.И. - ФТТ, 1972, т. 14, № 2, с. 592-594.
- [5] Ф л е р о в а С.А., Т а р а н В.Г. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1979, т. 43, № 8, с. 1745-1748.
- [6] С м о л е н с к и й Г.А., К р а й н и к Н.Н., К а м з и н а Л.С., Т р е п а к о в В.А. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1977, т. 41, № 4, с. 721-726.
- [7] К р а й н и к Н.Н. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1983, т. 47, № 3, с. 566-572.
- [8] Ф л е р о в а С.А., П о п о в С.А., К р а й н и к Н.Н., Л а з а р е в А.П. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, № 18, с. 1134-1137.

Поступило в Редакцию
18 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 21

12 ноября 1988 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ УПОРЯДОЧЕННЫХ ФАЗ
НА ПОВЕРХНОСТИ Si(111) ПРИ НАПЫЛЕНИИ СУРЬМЫ
И В ПРОЦЕССЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА

Б.З. К а н т е р, А.И. Н и к и ф о р о в,
С.И. С т е н и н

Развитие метода молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) кремния стимулировало исследования сверхструктурных перестроек на поверх-