

ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ВБЛИЗИ ТОЧКИ КЮРИ В КРИСТАЛЛАХ $Ba_2NaNb_5O_{15}$

С.В. Иванова, И.И. Наумова, Т.Т. Султанов

Вблизи сегнетоэлектрического фазового перехода в температурном интервале $\sim 500 - 560^\circ C$ ($T_c = 550^\circ C$) наблюдались увеличение угловой расходимости и сложная кольцевая структура лазерного пучка света, прошедшего через кристалл барий-натриевого ниобата.

Сегнетоэлектрик $Ba_2NaNb_5O_{15}$ (БНН) имеет заполненную структуру калий-вольфрамовых бронз [1]. Симметрия кристалла при комнатной температуре – $mm2$, выше $300^\circ C$ – $4mm$, выше T_c – $4/mmm$. Монокристаллы БНН имеют высокие электрооптические коэффициенты, низкий порог генерации [2] и являются перспективными фоторефрактивными средами [3]. Благодаря наличию в них больших электрических полей вдоль сегнетоэлектрической оси с [4], изменение показателя преломления происходит преимущественно в этом направлении.

В данной работе обнаружена зависимость структуры прошедшего через кристалл БНН лазерного луча малой мощности от температуры в интервале $20 - 600^\circ C$. Кристаллы были выращены на кафедре физики кристаллов физического факультета МГУ методом Чохральского из расплавов различного состава (табл. 1) [5]. Полидоменные образцы размером $2 \times 3 \times 5$ мм³, ориентированные по направлениям [001], [100] или [110] (тетрагональные индексы), помещались в область перетяжки сфокусированного светового пучка (длина перетяжки 3 мм, поперечный диаметр светового пятна 20 мкм). В качестве источника возбуждения использовалась линия генерации $\lambda = 514,5$ нм аргонового лазера. Мощность лазера варьировалась от 30 до 300 мВт. Поляризация возбуждающего света была параллельна сегнетоэлектрической оси кристалла. Схема экспериментальной установки, на которой проводились исследования, показана на рис. 1. Температура Кюри кристаллов определялась по пику на кривых ДТА, снятых на дифференциальном сканирующем микроанализаторе "Термофлекс".

Сфокусированный линзой с $F = 150$ мм лазерный луч распространялся в кристалле перпендикулярно сегнетоэлектрической оси: распределение интенсивности прошедшего через кристалл излучения регистрировалось на экране, расположенном на расстоянии $\sim 2,5$ м от кристалла.

Таблица 1

Характеристики кристаллов БНН

| № образца | Составы расплавов, мол. % | | | Аномалия на кривых ДТА, T_c , °C | | T_c [5/] |
|-----------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|------|------------|
| | BaO | Na ₂ O | Nb ₂ O ₅ | нагрев. | охл. | нагрев. |
| 1 | 40 | 10 | 50 | 508 | 496 | 575 |
| 2 | 42,2 | 7,2 | 50,6 | 506 | 498 | 550 |
| 3 | 42,5 | 6,5 | 51 | 504 | | 542 |

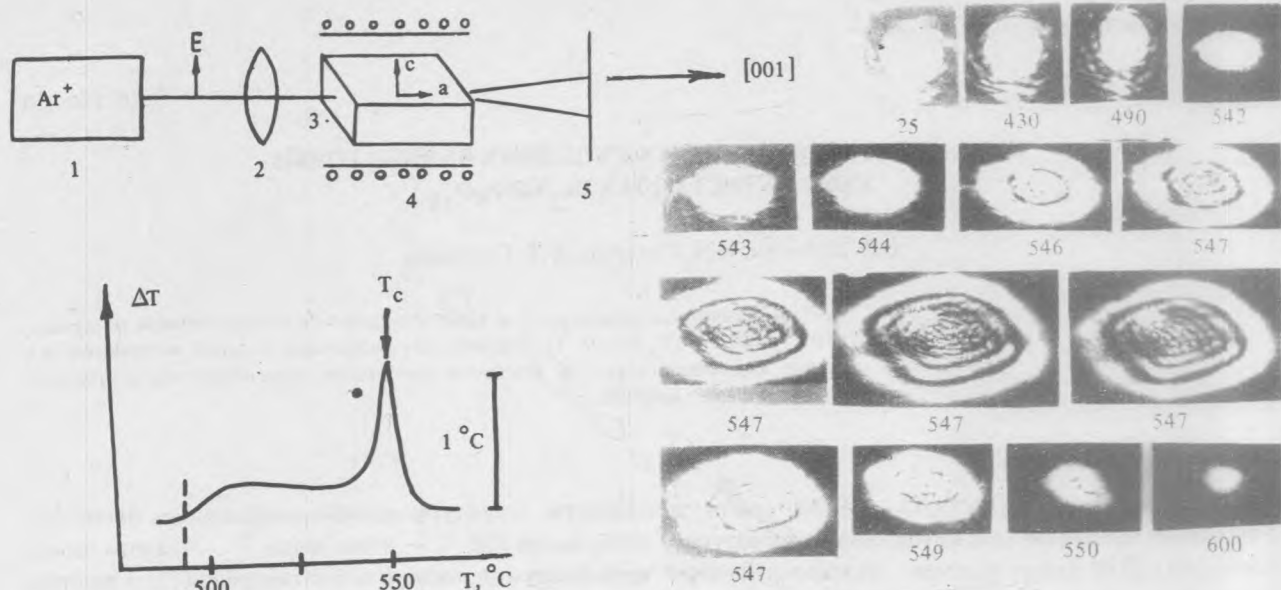


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – лазер, 2 – линза, 3 – поляризатор, 4 – кристалл в печи сопротивления, 5 – экран.

Рис. 2. Распределения интенсивности прошедшего через кристалл БНН (образец № 2) лазерного излучения при различных температурах.

Рис. 3. Термограмма кристалла БНН.

На рис. 2 представлены картины распределения интенсивности прошедшего через кристалл БНН (образец № 2) лазерного излучения в зависимости от температуры. При $T \lesssim 500^\circ\text{C}$ изображение распределения интенсивности представляло собой размытое из-за рэлеевского рассеяния в кристалле пятно. Выше 500°C в центральной части появлялось темное кольцо, световое поле вытягивалось вдоль оси c и по мере приближения к точке сегнетоэлектрического фазового перехода (ФП) диаметр светового пятна увеличивался и появлялась сложная кольцевая структура. Интенсивность в центре пучка заметно ослабевала. В области ФП движение светового пятна имело характер пульсаций. Температура Кюри исследованного кристалла, определенная методом ДТА, была равна $550 \pm 1^\circ\text{C}$.

Угловая расходимость лазерного луча, прошедшего через кристалл БНН, составляла $\sim 10^\circ$ при мощности 300 мВт. Выше T_c расходимость луча резко уменьшалась (переход первого рода) и приближалась к расходимости исходного лазерного излучения. Аналогичные картины распределения интенсивности прошедшего через кристалл излучения наблюдались для кристаллов с полосами роста (образец № 1) и для кристаллов без видимых полос роста (образец № 2, $\Delta n < 10^{-5}$). При распространении лазерного луча вдоль оси c асимметричная кольцевая картина на экране не наблюдалась.

Вблизи T_c показатель преломления необыкновенной волны резко зависит от температуры [6]. Поэтому даже небольшой градиент температур по ходу луча в кристалле или в поперечном сечении луча (имеющего на входе гауссово распределение мощности) может привести к изменению распределения показателя преломления и самофокусировке светового пучка. В случае совпадения поляризации луча с полярной осью кристалла возможно влияние тепловых флуктуаций поляризации на изменение показателя преломления [7].

Изменения, предвещающие сегнетоэлектрический ФП, начинаются при $T \sim 500^\circ\text{C}$. На кривых ДТА при этой температуре для всех образцов кристаллов БНН, независимо от вариаций собственного состава, обнаружен ранее не наблюдавшийся сдвиг базовой линии, характеризующий ФП второго рода (рис. 3, табл. 1).

В отличие от T_c , сильно зависящей от состава кристаллов, аномалия при $\sim 500^\circ\text{C}$ от состава почти не зависит и, по-видимому, отражает структурные изменения, связанные с существованием в БНН несоизмерной фазы /8/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jameson P. B., Abrahams S. C., Bernstein J. L. J. Chem. Phys., **50**, 4352 (1969).
2. Одулов С. Г., Олейник О. И. Квантовая электроника, **14**, 886 (1987).
3. Дьяков В. А., Прялкин В. И., Холодных А. И. Квантовая электроника, **8**, 715 (1981).
4. Фридкин В. М. Фотосегнетоэлектрики, М., Наука, 1979.
5. Наумова И. И., Александровский А. Л., Леонтьева И. Н. Вестник МГУ, сер. физика, астрономия, **20**, 30 (1979).
6. Singh S., Levinstein H. J., Van Uitert L. G. Appl. Phys. Lett., **16**, 176 (1970).
7. Струков Б. А. и др. Вестник МГУ, сер. физика, астрономия, **26**, 81 (1985).
8. Pan Xiao-Qing et al. Phys. Stat. Sol. (a), **91**, 57 (1985).

Поступила в редакцию 30 мая 1988 г.
После переработки 3 мая 1989 г.