



**Четырнадцатая Международная научно-техническая конференция  
«Оптические методы исследования потоков»  
Москва, 26-30 июня 2017 г.**

УДК 548.0:535.0.122

С.В. Иванова

*Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский проспект 53, E-mail: [ivanova@sci.lebedev.ru](mailto:ivanova@sci.lebedev.ru)*

**НЕСОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ В НАНОДОМЕННОМ КРИСТАЛЛЕ**

**АННОТАЦИЯ**

Изучалась структура рассеянного излучения нелинейным кристаллом барий натриевого ниобата в дальнем поле в температурной области 20-600 °C в зависимости от направления поляризации луча. Результаты показали, что изменения картин рассеяния на экране в дальнем поле соответствуют температурным аномалиям несмещенной компоненты рассеяния в области 20-600 °C при направлении луча перпендикулярно оптической оси и поляризации вдоль этой оси а также эволюции нанодоменных структур в температурной области 20-300 °C. Сложная картина трансформации структуры рассеяния наблюдалась в исследованной температурной области при противоположном направлении поляризации луча.

**РАССЕЯНИЕ, НЕСМЕЩЕННАЯ КОМПОНЕНТА, НАНО-ДОМЕННЫЕ СТРУКТУРЫ, ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ, НЕСОРАЗМЕРНЫЕ ФАЗЫ..**

**ВВЕДЕНИЕ**

Технологически важный нелинейный кристалл барий натриевого ниобата ( $Ba_2NaNb_5O_{15}$ , BSN), имеет высокие нелинейно оптические и электрооптические коэффициенты и сложную последовательность фазовых превращений при изменении температуры. В высшей температурной фазе, выше  $T_C = 560$  °C, BSN принадлежит к точечной группе симметрии 4/mmm. При охлаждении между  $T_C$  and  $T_1$  (300 °C) – кристалл тетрагональный (4mm). Спонтанная поляризация появляется в этой фазе вдоль **c** – оси. В области  $T_1$  происходит фазовый переход в орторомбическую несоразмерную фазу (mm2). Статистические и динамические характеристики несоразмерных фаз были изучены методами рентгеновского и нейтронного рассеяния между комнатной температурой и 660°C в работе [1]. Были обнаружены две несоразмерные фазы ниже 300°C: почти несоразмерная фаза стабильная до  $T_{II} = 250$  °C и несоразмерная фаза с тем же направлением модуляции. Фазовый переход при  $T_{II}$  прерывный при  $T_1$  непрерывный. Выше  $T_1$  устанавливается стабильная фаза с тетрагональной симметрией. В работах [2, 3] обнаружено, что несоразмерная структура имеет в температурной области между 300 and 270° одновременно тетрагональную фазу (2q-состояние) и орторомбическую (1q-состояние) и трансформацию 2q/1q в температурной области, где наблюдается гистерезис параметра модуляции. Температуры трансформации доменов - 300, 260, 230 и 190 °C. Эти экспериментальные результаты показали, что доменная структура резко изменяется вблизи 230 °C, хотя непрерывное изменение в доменной структуре происходит между 300 and 230°C. В работе [4] методом электронной микроскопии наблюдалась несоразмерная модуляция в тетрагональной фазе кристалла BSN (4mm), исчезающая только вблизи

сегнетоэлектрического фазового перехода 600 °C в противоречии со структурными исследованиями [1-3]. В работе [5] наблюдались аномалии на температурных кривых интенсивности несмещенной компоненты вблизи 200, 240, 300, 500 and 560 °C.

В настоящей работе представлены результаты исследования рассеянного кристаллом BSN излучения в дальнем поле при направлении луча перпендикулярно оптической с-оси и поляризации вдоль этой оси и в противоположном направлении.

## ЭКСПЕРИМЕНТ

Нелинейные свойства кристаллов были исследованы в температурной области между 20 и 650°C. Образцы вырезались перпендикулярно с-оси. Сфокусированный лазерный луч ( $F=15\text{ см}$ ) ( $\lambda = 514.5\text{ нм}$ ,  $P = 30\text{-}300\text{ мВт}$ ) распространялся внутри ориентированных образцов перпендикулярно оптической с-оси с поляризацией вдоль этой оси и в противоположном направлении и регистрировался на экране в дальнем поле {2.5 м}. Образцы помещались в печь в область перетяжки сфокусированного луча. Спектры регистрировались спектрометром ДФС-12.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Картина рассеяния на экране в дальнем поле представляет систему полос, эллипсов, кругов, концентрических эллипсов, изменяющихся в определенной последовательности в зависимости от температурной области исследования кристаллов и направления поляризации луча. Рис. 1, 2. Результаты показали соответствие температурных изменений картин рассеяния на экране в дальнем поле температурным аномалиям на кривых интенсивности несмещенной компоненты рассеяния в температурной области 20-650 °C [5] и температурной эволюции нанодоменных структур в области 20-300 °C [1-4]. Рис. 1.

При распространении лазерного луча с поляризацией вдоль с-оси наблюдаются изменения картин рассеяния при нагревании кристалла вблизи температур 222 °C, 485°C, 548, 552°C и 514 °C и 234 °C при охлаждении.

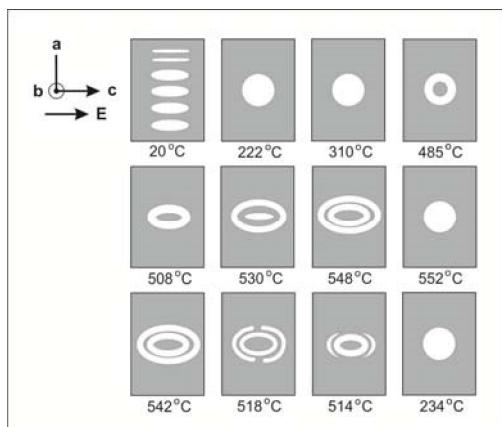


Рис. 1. Картинны рассеяния кристаллом BSN на экране в дальнем поле при различных температурах. Лазерный луч направлен перпендикулярно оптической с - оси, поляризация – вдоль оси.

Наблюдается сосуществование 2q и 1q состояний при температуре 20 °C (полосы и эллипсы). В области 222 - 485°C – тетрагональная фаза (круги). От 485 до 548 – при нагревании и от 542 до 514 °C при охлаждении - несоразмерная фаза (трансформация эллипсов). Ниже 514 °C – тетрагональная фаза.

При распространении лазерного луча с поляризацией противоположной направлению оптической оси обнаружена сложная картина рассеянного излучения: эллипсы от комнатной температуры до 496 °C. Трансформация эллипсов наблюдается от нижней

границы обнаруженной несоразмерной фазы ( $496^{\circ}\text{C}$ ) до верхней границы фазы в области сегнетоэлектрического фазового перехода ( $548^{\circ}\text{C}$ )

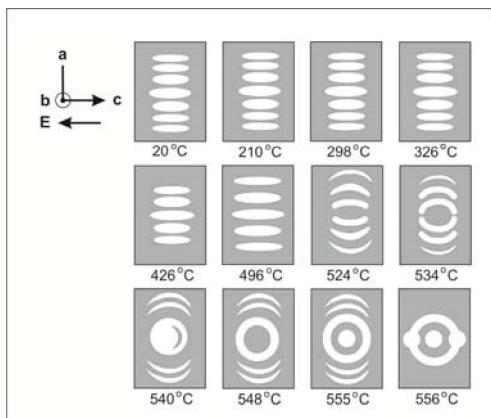


Рис. 2. Картинны рассеяния кристаллом BSN на экране в дальнем поле при различных температурах. Лазерный луч направлен перпендикулярно оптической с-оси, поляризация противоположна этой оси.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты показали соответствие температурных изменений картин рассеяния на экране в дальнем поле при направлении луча перпендикулярно оптической оси и поляризации вдоль оси температурным аномалиям на кривых интенсивности несмещенной компоненты рассеяния в области  $20\text{-}600^{\circ}\text{C}$  [5] и эволюции нанодоменных структур в температурной области  $20\text{-}300^{\circ}\text{C}$  [2, 3]. Рис.1. При противоположном направленбласии поляризации луча наблюдается сложная картина трансформации структуры рассеяния в области  $496\text{-}556^{\circ}\text{C}$ . Рис.2.. Сделан вывод о квази-тетрагональной структуре несоразмерной фазы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. J. Schneck, J.C. Toledano, C. Joffrin, J. Aubree, B. Joukoff, and A. Gabeltaud**, Neutron scattering study of the tetragonal-to-incommensurate ferroelastic transition in barium sodium
- 2. S. Mori, N. Yamamoto, Y. Koyama, Y. Uesu**. Evolution of ferroelastic domain structure in an niobate, Phys. Rev. B, 25, 1766-1785. incommensurate phase of barium sodium niobate, Phys. Rev., **1995**, B 52, 6158-6161.
- 3. J. M. Kiat, G Calvarin, J. Schneck**, Coexistence of the 1q incommensurate phasesand memory effect in barium sodium niobate, Phys. Rev. B 49. 1994. 776-785.
- 4. Pan Xiao-qing, Hu Mei-shen ,Yao Ming-hui, Feng Duan.**, Tem study of the incommensurate phase and related phase transitions in barium sodium niobatePhys. Stat. Sol., **1985**, 92, 57.
- 5. S.V. Ivanova**, Central peak in Raman-scattering spectra of nanodomain crystal”, AASCIT Journal of Nanoscience, 1(4), 2015, 39-42.

S.V. Ivanova.

P.N. Lebedev Physical Institute of RAS, Russia,  
119991, Moscow, Leninskii Pr. 53, E-mail: [ivanova@sci.lebedev.ru](mailto:ivanova@sci.lebedev.ru)

## INCOMMENSURATE STRUCRURES IN NANODOMAIN CRYSTAL

*The structure of the scattered radiation by a nonlinear barium sodium niobate) crystal in a far field in the temperature range of  $20\text{-}600^{\circ}\text{C}$  was studied. The results showed that the*

*temperature changes of the scattering patterns correspond to temperature anomalies on the intensity curves of the central scattering component [5] with the direction of the ray perpendicular to the optical axis and the polarization along the one and the complex scattering structure with polarization in the opposite*

**SCATTERING, CENTRAL PEAK, NANO-DOMAIN STRUCTURES PHASE TRANSITIONS,  
INCOMMENSURATE PHASES**