

АНИЗОТРОПИЯ РАССЕЯНИЯ СВЕТА В КРИСТАЛЛАХ БАРИЙ-НАТРИЕВОГО НИОБАТА

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

Исследована анизотропия рэлеевского рассеяния света в кристаллах барий-натриевого ниобата в области 20–600 °С. Различные картины рассеяния по осям а и с дают возможность однозначно определить направление сегнетоэлектрической оси в кристалле, а резкое изменение характера рассеяния при сегнетоэлектрическом фазовом переходе – температуру Кюри.

Кристаллы барий-натриевого ниобата $Ba_2NaNb_5O_{15}$ (БНН) относятся к сегнетоэлектрикам [1, 2], имеют большие нелинейные электрооптические коэффициенты, что делает их перспективными фоторефрактивными средами [3, 4]. Основными свойствами сегнетоэлектрических фоторефрактивных кристаллов является анизотропия, наличие спонтанной поляризации, возникающей вдоль сегнетоэлектрической оси при охлаждении кристаллов ниже точки Кюри, и доменной структуры, вносящей в кристалл оптическую неоднородность.

Барий-натриевый ниобат является одноосным сегнетоэлектриком, содержащим 180-градусные домены в сегнетоэлектрической фазе [4, 5].

В данной работе исследовалась анизотропия 90-градусного рассеяния света в кристалле БНН в широкой температурной области (20–600 °С). Исследуемые кристаллы выращивались методом Чохральского на кафедре физики кристаллов физического факультета МГУ, имели состав, близкий к конгруэнтному, и практически не имели слоев роста ($\Delta n \approx 10^{-5}$). Образцы, ориентированные по направлениям [001], [100] или [010] (тетрагональные индексы), размером $2 \times 3 \times 5 \text{ мм}^3$ помещались в область перетяжки сфокусированного светового пучка (длина перетяжки 3 мм, поперечный диаметр светового пятна 20 мкм). В качестве источника возбуждения использовалась линия генерации $\lambda = 514,5 \text{ нм}$ аргонового лазера. Мощность лазера варьировалась от 30 до 300 мВт. Температура измерялась платиноплатинородиевой термомпарой, расположенной вблизи кристалла.

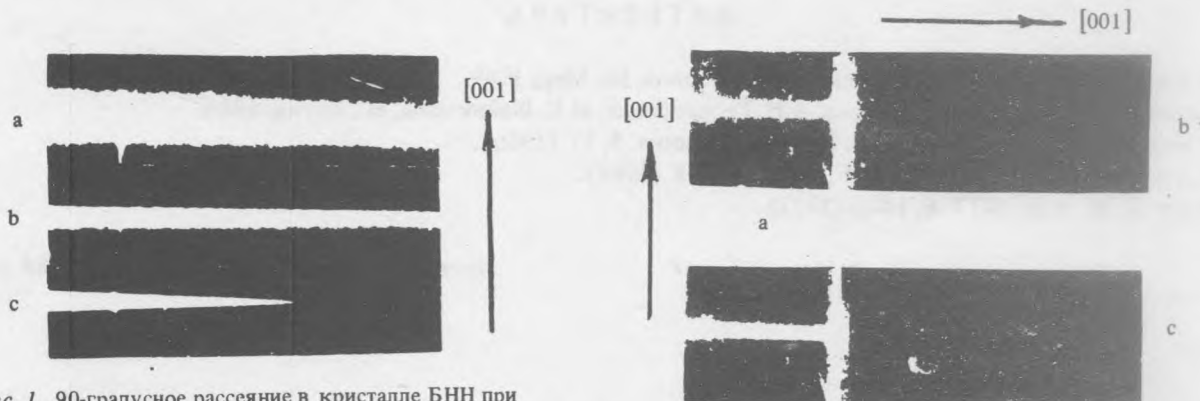


Рис. 1. 90-градусное рассеяние в кристалле БНН при температурах 20 °С (а), 500 °С (б), 560 °С (с).

Рис. 2. 90-градусное рассеяние в кристаллах БНН в зависимости от ориентации образцов при комнатной температуре. Направление лазерного луча перпендикулярно оси с (а), вдоль оси с (б, с).

Сфокусированный лазерный луч распространялся в кристалле перпендикулярно сегнетоэлектрической оси и имел направление поляризации, параллельное этой оси. В такой геометрии $x(zz)y$ в кристалле наблюдалось рассеяние, имеющее зернистую структуру в виде ярко светящихся точек (рис. 1 а, б; рис. 2 а) как в кристаллах нулевой (выращенных по направлению $[001]$), так и 90-градусной (выращенных по направлению $[010]$) ориентации. Однако в кристаллах 90-градусной ориентации точечные рассеивающие центры исчезают при $\sim 300^\circ\text{C}$ вблизи фазового перехода (ФП) второго рода, а в кристаллах нулевой ориентации сохраняются вплоть до сегнетоэлектрического ФП ($\sim 560^\circ\text{C}$).

При распространении излучения вдоль оси с кристалла БНН рассеяния на точечных центрах не наблюдалось (рис. 2 б).

Описанная анизотропия рассеяний характерна и для монокристаллов БНН и позволяет визуально определять направление сегнетоэлектрической оси. Для этого требуется найти в кристалле направление, в котором лазерный луч, проходящий через образец, вызывает в нем рассеяние на точечных центрах (рис. 2 а). Такой эффект наблюдается, когда лазерный луч распространяется по оси а в плоскости ас. Перпендикулярное лучу направление однозначно определяет направление оси с кристалла. Поляризация луча в этой геометрии совпадает с полярной осью с (рис. 2 а).

Вблизи сегнетоэлектрического ФП лазерный луч в кристалле резко сужается (рис. 1 в) из-за градиента температур в образце. Температура Кюри в сегнетоэлектрических кристаллах определяется по резкому изменению какого-либо физического свойства (теплоемкость, изменение ширины запрещенной зоны, диэлектрическая проницаемость и т.д.) для сегнетоэлектриков с ФП первого рода. В момент резкого сужения луча, а для кристаллов нулевой ориентации — исчезновения точечных центров рассеяния температура кристалла равна температуре Кюри. Одновременно на температурной зависимости рэлеевского рассеяния наблюдается резкий скачок, соответствующий этому ФП /6/.

При распространении излучения ($\lambda = 633,0$ и $514,5$ нм) в направлении, близком к $[001]$, при комнатной температуре в образцах БНН, номинально чистых и с примесью железа $\sim 0,05$ вес. % наблюдалась пространственная модуляция рассеяния света (рис. 2 с), которая была обнаружена ранее в области сегнетоэлектрического ФП /7/.

Описанная анизотропия 90-градусного рассеяния света характерна для полидоменных и монокристаллов БНН.

Авторы благодарны В.С. Маслову и Н.И. Киреевой за оптическую обработку кристаллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М. П., Степанов С. Н., Хоменко А. В. Фоточувствительные электрооптические среды в голографии и оптической обработке информации. М., Наука, 1982.
2. Фридкин В. М. Фотосегнетоэлектрики. М., Наука, 1979.
3. Одулов С. Г., Олейник О. И. Квантовая электроника, 14, № 4, 886 (1987).
4. Кузьминов Ю. С. Сегнетоэлектрические кристаллы для управления лазерным излучением. М., Наука, 1982, с. 213.
5. Наумова И. И., Александровский А. Л., Леонтьева И. Н. Вестник МГУ, 20, 30 (1979).
6. Иванова С. В., Наумова И. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 4, 36 (1985).
7. Иванова С. В., Наумова И. И., Султанова Т. Т. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 1, 5 (1989).

Поступила в редакцию 20 марта 1989 г.