

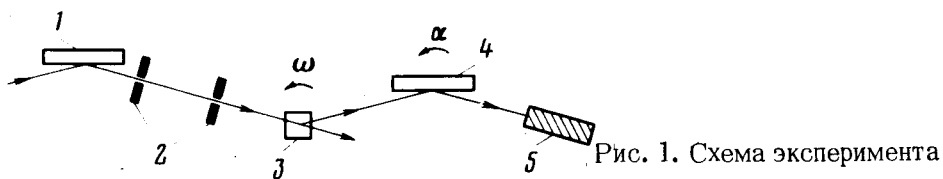
## КРИТИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИГИДРОФOSFATE КАЛИЯ (KDP)

А.Н.Зисман

Впервые изучено диффузное рассеяние рентгеновского излучения в окрестности трикритической точки на линии структурного фазового перехода. Получены значения индекса  $\nu$ , характеризующего поведение радиуса корреляции  $\nu = 0,23 \pm 0,05$  со стороны низкосимметричной и  $\nu = 0,43 \pm 0,1$  со стороны высокосимметричной фазы.

В ходе работы по рентгеновскому исследованию параметра порядка в KDP в окрестности трикритической точки мы столкнулись с аномальным увеличением интенсивности дифрагированного пучка (рефлекс (200)) в непосредственной окрестности фазового перехода ( $|T - T_c| \sim 0,1\text{K}$ ). Это явление наиболее естественным образом объясняется ростом диффузного рассеяния в окрестности фазового перехода, впервые описанном Ландау [1]. Как известно, именно диффузное рассеяние несет информацию о поведении радиуса корреляции флуктуаций в окрестности фазового перехода. К сожалению, использовавшееся нами экспериментальное оборудование не позволяло надежно разделить когерентную и некогерентную компоненты дифрагированного пучка, что необходимо для получения количественной информации о диффузном рассеянии.

Все изложенное и побудило нас предпринять настоящую работу, целью которой являлось количественное исследование диффузного рассеяния в окрестности трикритической точки на линии сегнетоэлектрического фазового перехода в KDP<sup>1)</sup>.



Геометрическая схема эксперимента показана на рис. 1. Рентгеновский пучок от молибденового анода после брэгговского отражения (111) на кристалле-монокроматоре 1, изготовленном из совершенного монокристалла кремния, проходит через коллиматор 2, где выделяется  $K_{\alpha 1}$ -линия. Полученный таким образом пучок попадает на исследуемый кристалл 4 под углом  $\alpha$ . Рассеянный пучок регистрируется детектором 5.

<sup>1)</sup> До настоящего времени мы не встречали в литературе упоминания о количественных исследованиях диффузного рассеяния и поведения радиуса корреляции в окрестности трикритической точки на линии структурного фазового перехода.

талл 3, где отражается по Лауэ. Рассеянное на образце излучение после брэгговского отражения (111) на германиевом кристалле-анализаторе 4 регистрируется сцинтилляционным счетчиком 5. Все три кристалла были размещены на гониометре ГУР-5. Образец, имеющий размеры  $1 \times 1 \times 5 \text{ мм}^3$  по осям  $X, Y, Z$  соответственно (ось  $Z$  перпендикулярна плоскости чертежа) размещался в ячейке высокого давления.

Температура ячейки стабилизировалась с точностью  $\pm 0,2 \text{ мК}$ , а давление поддерживалось с точностью  $\pm 0,2 \text{ бар}$ . Исследовавшийся кристалл являлся частью монокристалла, исследованного ранее dilatометрически [2], для которого были установлены координаты трикритической точки  $P = 2640 \pm 40 \text{ бар}$   $T = 109,8 \pm 0,2 \text{ К}$ . Брэгговские углы для отражения (111) анализатора и монохроматора и исследуемого отражения (200) кристалла KDP весьма близки по величине, что позволило получить узкие ( $\sim 8''$ ) когерентные дифракционные пики при довольно значительной угловой расходимости ( $\sim 1'$ ) падающего пучка [3]. Если отражающие плоскости всех трех кристаллов параллельны, интенсивность рентгеновского пучка, регистрируемого детектором, определяется суммой диффузной и дифрагированной компонент. Однако, если повернуть образец на небольшой угол  $\omega$  относительно оси  $Z$  ( $\omega \gtrsim 30'$ ) кристалл — анализатор будет отражать в детектор только диффузную компоненту, а для регистрации когерентной составляющей необходимо развернуть кристалл-анализатор на угол  $\alpha \approx \omega$ , что определяется условием непрерывности тангенциальной составляющей когерентной компоненты на границе исследуемого кристалла [3, 4]. На рис. 2 показана интенсивность как функция угла поворота кристалла-анализатора при значении  $\omega \approx 30''$ . Таким образом, установив первоначально все три кристалла в отражающее положение и снимая распределение интенсивности  $I(\omega)$  в области  $\omega \gtrsim 30''$  мы получаем зависимость диффузной компоненты  $I(g)$  для векторов  $q$ , лежащих в плоскости ( $XY$ ) и перпендикулярных вектору обратной решетки  $K$  для отражения (200). Величина вектора  $q$  связана с величиной  $\omega$  соотношением

$$|q| \approx |K| |\sin \omega| \approx |K| |\omega|. \quad (1)$$

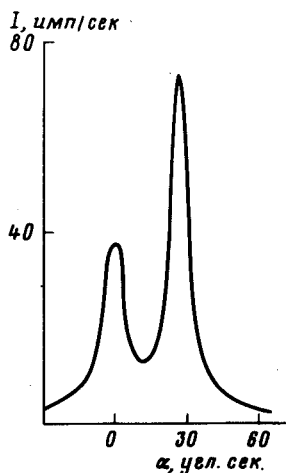


Рис. 2. Зависимость интенсивности  $I$  от угла поворота анализатора  $\alpha$  при  $\omega \approx 30''$

Как известно [5], в кристаллах типа KDP в силу наличия пьезоэффекта в неполярной фазе критическими являются только те флуктуации  $\Delta\eta$ , волновой вектор которых лежит в плоскости (XY) и параллелен одной из кристаллографических осей X или Y. Таким образом, как следует из изложенного выше, при  $\omega$ -сканировании окрестности узла (200) обратной решетки наблюдается рассеяние именно на критических флуктуациях. В кристаллах типа KDP они вызывают поперечную волну деформации, которая и является основным источником диффузного рассеяния. Согласно [6] интенсивность диффузной компоненты в этих условиях запишется

$$I(\mathbf{q}) \sim \frac{|K|^2}{|\mathbf{q}|^2} \overline{|\Delta\eta(\mathbf{q})|^2}. \quad (2)$$

В то же время выражение для критических флуктуаций при условии  $\mathbf{q} \parallel \mathbf{e}_x$  или  $\mathbf{q} \parallel \mathbf{e}_y$  может быть записано в виде

$$\overline{|\Delta\eta(q)|^2} \sim \frac{r_c^2(\tau) T}{1 + r_c^2(\tau) g^2/2}, \quad (3)$$

где  $\tau = (T - T_c)/T_c$ ,  $r_c$  — радиус корреляции. Подставляя в (2) (3) и (1) получаем окончательное выражение для интенсивности диффузного рассеяния  $I$  как функции угла  $\omega$  и температуры  $T$ :

$$I(\omega, T) = \frac{I_0(T)}{1 + r_c^2 K^2 \omega^2/2}, \quad (4)$$

где

$$I_0(T) = \text{const } T r_c^2(\tau).$$

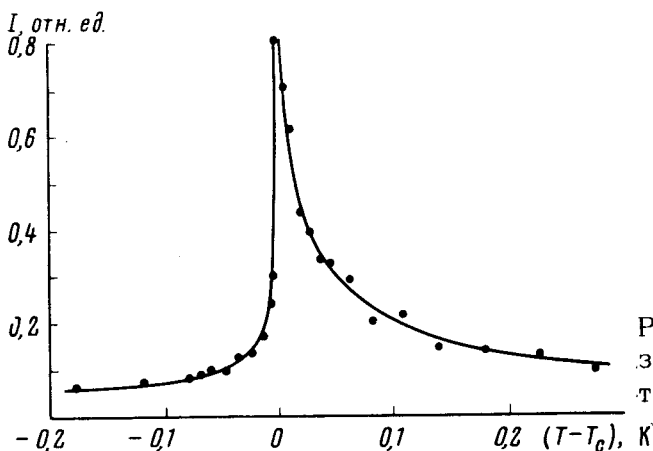


Рис. 3. Экспериментальная зависимость  $I_0$  от температуры при  $P = 2637,5$  бар

Статистическая обработка экспериментальных зависимостей  $I(\omega)$  полученных при давлении  $P = 2637,5$  бар в различных температурах в угловом диапазоне  $\omega \in (-0,2^\circ; +0,2^\circ)$  показала, что они адекватно опи-

сываются выражением (4). С наибольшей точностью при такой обработке определяется величина  $I_0(T)$  пропорциональная согласно (4) квадрату радиуса корреляции. Полученная зависимость  $I_0(T)$  в непосредственной окрестности перехода показана на рис. 3. Как известно, в окрестности фазового перехода радиус корреляции  $r_c$  списывается выражением:  $r_c \sim |r|^{-\nu}$ . Статистическая обработка экспериментальной зависимости  $I_0(T)$  с одновременным поиском значений индекса  $\nu$  и температуры перехода  $T_c$  дала величину  $\nu = 0,43 \pm 0,1$  для  $T > T_c$  и  $\nu' = 0,23 \pm 0,05$  для области  $T < T_c$  на 95%-ном уровне вероятности. Этот результат хорошо согласуется с выводами теоретических работ [5, 7, 8]. Согласно этим работам в окрестности трикритической точки на линии структурного фазового перехода из-за наличия ненулевого модуля сдвига радиус корреляции со стороны упорядоченной фазы описывается индексом  $\nu' = \beta$  ( $\beta$  – индекс параметра порядка и равен  $\beta = 0,25$ ). В то же время со стороны неупорядоченной фазы  $\nu = 0,5$ .

В заключение автор считает своим долгом поблагодарить С.М. Стишова, В.М. Каганера, Э.К. Ковьева, И.В. Александрова за постоянный интерес и содействие в работе, а также А.П. Леванюка, С.А. Минюкова и Д.Е. Хмельницкого за обсуждение полученных результатов.

Институт кристаллографии  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
24 июля 1981 г.

## Литература

- [1] Ландау Л.Д. ЖЭТФ, 1937, 7, 1232.
- [2] Зисман А.Н., Качинский В.Н., Стишов С.М. Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 172.
- [3] Пинскер З.Г. "Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах", М.: Наука, 1974.
- [4] Iida A., Kohra K. Phys. Stat. sol. (a), 1979, 51, 533.
- [5] Леванюк А.П., Собянин А.А. Письма в ЖЭТФ, 1970, 11, 540.
- [6] Кривоглаз М.А. "Теория рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов реальными кристаллами", М.: Наука, 1967.
- [7] Ginzburg V.L., Levanyuk A.P. Phys. Lett. Ser. A, 1974, 47, 345.
- [8] Леванюк А.П. ЖЭТФ, 1974, 66, 2255.