

## АНОМАЛЬНОЕ ПРОПУСКАНИЕ НЕЙТРОНОВ В СОВЕРШЕННОМ КРИСТАЛЛЕ CdS

С.Л.Шильштейн, В.И.Марухин, Н.Каланов, В.А.Соменков,

Л.А.Сысоев

Теория когерентных явлений, сопровождающих взаимодействие нейтронов с идеальным кристаллом [1, 2], показывает, что неупругие каналы ядерной реакции могут быть частично или полностью подавлены. Это должно приводить к "аномальной прозрачности" кристалла при выполнении условий Брэгга-Вульфа. Согласно [1, 2] когерентность должна сохраняться и в резонансном рассеянии, несмотря на большое время жизни составного ядра, наличие спиновой и изотопической некогерентности и теплового движения атомов в кристалле. Учет этих факторов приводит лишь к некоторому ослаблению эффекта подавления неупругих каналов.

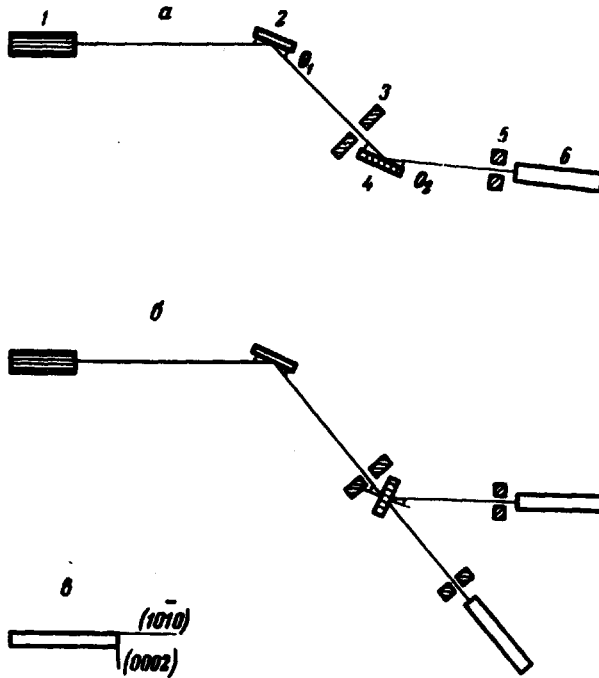


Рис. 1. Схема расположения кристаллов. *a* – отражение по Бреггу; *b* – отражение по Лауэ; *c* – ориентировка образца. 1 – коллиматор, 2 – монохроматор (монокристалл Ge), 3, 5 – ограничители пучка, 4 – монокристалл CdS, 6 – детектор

Экспериментально аномальное пропускание нейтронов наблюдали [3, 4] преимущественно потенциальном рассеянии и слабом поглощении в условиях, когда энергия нейтронов была далека от резонансной. Изучение этого явления в резонансной области позволило бы получить ответ на вопрос о сохранении ко-

герентности при резонансном рассеянии. Однако измерения вблизи резонанса связаны с известными трудностями: во-первых, необходимы достаточно совершенные и большие кристаллы, построенные из ядер с низколежащими резонансными уровнями, во-вторых, сильное поглощение приводит к резкому уменьшению интенсивности. В данной работе изучали отражение и пропускание нейтронов совершенным кристаллом  $\alpha$ -CdS промежуточной толщины ( $1 < \mu t < 10$ ), в диапазоне энергий, сравнимых с энергией возбуждения резонанса ядер  $\text{Cd}^{113}$  (0,178 эв). Когерентность должна проявляться уже в промежуточном случае, а величина эффектов должна быть существенно больше, чем в случае толстого кристалла ( $\mu t > 10$ ).

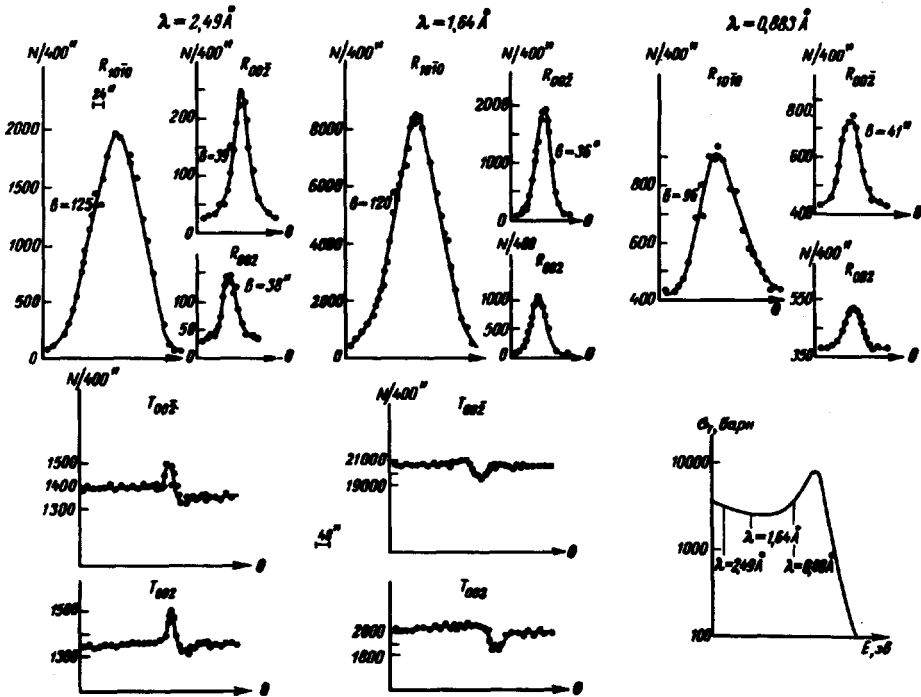


Рис. 2. Кривые брегговских (1010) и лауэвских (0002) и (0002) отражений (R) и пропускание (T). В правом нижнем углу показана энергетическая зависимость полного сечения  $\sigma_t(E)$  кадмия в тепловой области

Измерения проводили на универсальном автоматизированном дифрактометре с переменной длиной волны [5] на реакторе ИРТМ ИАЭ им. И.В.Курчатова. Для монохроматизации пучка нейтронов (первичная коллимация —  $20^\circ$ ), использовали отражение (111) от большого ( $90 \times 30 \times 5 \text{ мм}^3$ ) идеального кристалла Ge (рис. 1), так как его брегговские углы близки к углам отражения (0002) кристалла CdS, что важно для уменьшения дисперсии двухкристального спектрометра [6]. Образец представлял собой пластину ориентировки (1010), площадью около  $5 \text{ см}^2$  и толщиной в 1 мм ( $\mu t = 14$  при 0,178 эв), вырезанную из кристалла CdS, полученного методом Бриджмена — Стокбаргера и отожженного при равновесных давлениях серы и кадмия [7].

Ширины кривых отражения (рис. 2) согласуются с расчетными и определяются дисперсией двухкристального спектрометра при  $\theta_1 \neq \theta_2$ . Различие интенсивностей отражений (0002) и (0002) обусловлено нарушением закона Фриделя

( $F_{HKL} \neq F_{\bar{H}\bar{K}\bar{L}}$ ) для нецентросимметричного кристалла CdS в условиях, когда мнимая часть амплитуды рассеяния сравнима с действительной.

Из кривых (рис. 2) и табл. 1 видно, что лауэвские отражения (0002) и (000 $\bar{2}$ ) всего лишь на порядок слабее брегговских (10 $\bar{1}$ 0), тогда как в случае обычного поглощения разница составляла бы два-три порядка. Следовательно, когда кристалл находится в отражающем положении, поглощение нейтронов существенно уменьшается ( $\mu_{\text{эфф}} \approx 0,3\mu$ ). Этот эффект наблюдается и в кривых пропускания, хотя здесь измерения затруднены неполным поглощением падающей волны в кристалле промежуточной толщины. Кроме того, при приближении к резонансу резко возрастает фон, а доля монохроматических нейтронов уменьшается в соответствии с максвелловским распределением в спектре реактора.

Для ослабления фона быстрых нейтронов применяли монокристаллические кварцевые фильтры.

#### Интегральные коэффициенты отражения

$$\rho = \frac{1}{I_0} \int R(\theta) d\theta$$

$\lambda, \text{Å}$	$\mu t$	$\rho(000\bar{2})$	$\rho(0002)$	$\rho(10\bar{1}0)$
0,88	7,3	$0,68 \cdot 10^{-7}$	$0,29 \cdot 10^{-7}$	$1,80 \cdot 10^{-6}$
1,64	4,7	$3,47 \cdot 10^{-7}$	$1,68 \cdot 10^{-7}$	$3,85 \cdot 10^{-6}$
2,49	5,9	$1,63 \cdot 10^{-7}$	$0,72 \cdot 10^{-7}$	$3,65 \cdot 10^{-6}$

Наиболее четко эффект аномального пропускания удалось наблюдать на кривых пропускания при  $\lambda = 2,49 \text{ Å}$  ( $\mu t = 5,9$ ), имеющих дисперсионную форму, обусловленную интерференцией двух волновых полей ("прошедшего" и "отраженного"), что характерно для кристалла промежуточной толщины. С уменьшением  $\mu t$  при  $\lambda = 1,64 \text{ Å}$  (см. ход сечения на рис. 2) "глубина провала", в соответствии с теорией, возрастает, а высота максимума пропускания уменьшается. При  $\lambda = 0,88 \text{ Å}$  удалось наблюдать только аномальное отражение нейтронов, поскольку из-за слабой эффективности кварцевых фильтров при комнатной температуре в этой области энергий отношение эффект-фон на кривой пропускания слишком мало. Интересно, что величина особенностей на T-кривых для (0002) и (000 $\bar{2}$ ) приблизительно одинакова, в то время как интенсивности отражений (0002) и (000 $\bar{2}$ ) различаются сильно. Это согласуется с формулами в [1, 2].

Полученные результаты подтверждают сохранение когерентности в резонансном рассеянии, выражающейся в существовании аномального пропускания нейтронов вблизи резонанса (эффект подавления неупругих каналов). Для наблюдения эффекта непосредственно в резонансе Cd<sup>113</sup> требуется некоторая оптимизация эксперимента. Количественное сравнение полученных результатов с теорией будет сообщено отдельно.

Авторы признательны А.Афанасьеву, Ю.Кагану и Н.Черноплекову за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию  
8 июня 1970г.

## Литература

- [ 1 ] Ю.Каган, А.М.Афанасьев, ЖЭТФ, 49, 1504, 1965.
  - [ 2 ] Ю.Каган, А.М.Афанасьев, ЖЭТФ, 50, 271 1966.
  - [ 3 ] I.W.Knowles, Acta Cryst., 9, 61, 1956.
  - [ 4 ] D.Sippel et al., Phys. Lett. 14, 174, 1965.
  - [ 5 ] В.А.Соменков и др. Доклад на рабочем совещании по применению рассеяния нейтронов в физике твердого тела, Свердловск, 1967.
  - [ 6 ] А.Х.Комптон, С.К.Алисон. Рентгеновские лучи. Теория и эксперимент, Гостехиздат, 1941.
  - [ 7 ] Л.А.Сысоев и др., в сб. "Рост кристаллов", вып. 6, Изд. Наука, 1965, стр. 261
-