

РАССЕЯНИЕ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ

А.Н.Дюмин, В.А.Рубан, Б.Б.Токарев, М.Ф.Власов

Исследовалось рассеяние быстрых нейтронов в монокристалле германия. Экспериментально показано, что при ориентации кристаллографической оси по направлению движения нейтронов возникает дополнительное рассеяние.

При прохождении быстрых нейтронов через кристалл из-за наличия дальнедействующего электромагнитного (швингеровского) взаимодействия¹, в принципе, по аналогии с каналированием заряженных частиц, могут ожидать особенности, обусловленные ориентацией кристаллографической оси по отношению к падающему пучку. Ранее такая возможность рассматривалась теоретически, в частности, в работах²⁻⁵.

Настоящая публикация содержит результаты экспериментального исследования этого вопроса. При постановке работы в качестве исходных использовались данные расчетов^{2,3} упругого рассеяния пучка быстрых нейтронов, падающих на атомную цепочку под углом θ . В этом случае выполняются условия когерентности при рассеянии в направлениях, образующих поверхность конуса с угловым раствором θ вокруг атомной цепи. Вследствие когерентности возникает дополнительное рассеяние и с учетом швингеровского взаимодействия зависимость полного сечения рассеяния от угла между кристаллографической осью и направлением движения нейтрона в минутной области. Эта зависимость и являлась предметом исследования в эксперименте.

Работа проводилась на горизонтальном канале реактора ВВР-М ИЯИ АН УССР на установке, показанной на рис. 1. Нейтронный пучок ограничивался двумя стальными коллиматорами длиной по 2000 мм с каналом (штрих-пунктирная линия) 3×3 мм². Между ними помещалось гониометрическое устройство с исследуемым образцом, позволявшее осуществлять повороты с точностью $\sim 1'$. Нейтроны регистрировались сцинтилляционным детектором, разде-

лявшим по форме импульса сигналы от быстрых нейтронов и γ -лучей. Эффективная энергия нейтронов составляла ~ 3 МэВ; разброс по энергиям для поставленной задачи не имел большого значения.

В качестве объекта исследования служил монокристалл германия с мозаичностью $< 40''$ толщиной 56 мм. Предварительно на нем были сделаны два среза, плоскости которых с точностью $\sim 1'$ совпадали с кристаллографическими (111) и (220), и лежащая на их пересечении ось $[1\bar{1}0]$ выставлялась вдоль оси коллиматоров. Дополнительный контроль и окончательная юстировка монокристалла проводились по дифракции γ -лучей на той же установке (рис. 1). С этой целью пучок γ -лучей от источника ^{198}Au (активность $\sim 30\text{Ки}$, $E_\gamma = 412$ кэВ) пропускаться через коллиматоры. Затем кристалл поворачивался в вертикальной или горизонтальной плоскостях и наблюдались минимумы в скорости счета прошедшего пучка в зависимости от угла, обусловленные дифракцией на кристаллографических плоскостях. По положению этих минимумов ось $[1\bar{1}0]$ ориентировалась вдоль пучка с точностью $\sim 1'$, а из их полуширин оценивалось угловое разрешение установки $\sim 3'$.

Основной эксперимент состоял в следующем. После юстировки указанным способом изучалась зависимость скорости счета быстрых нейтронов, прошедших через монокристалл, от угла их влета по отношению к оси $[1\bar{1}0]$; при этом поворот происходил в горизонтальной (111) плоскости в интервале углов $\pm 40'$. Подробно методика измерений и контрольные опыты описаны в работе ⁶.

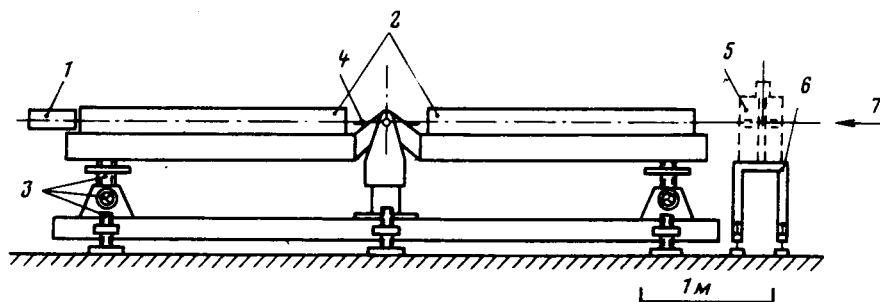


Рис. 1

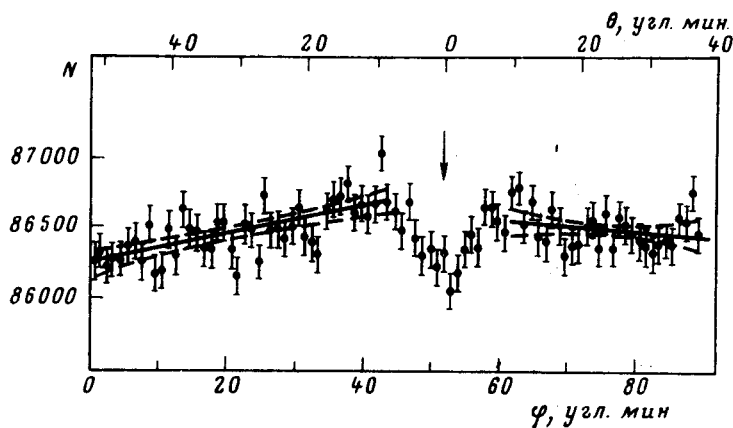


Рис. 2

Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 - детектор, 2 - коллиматоры, 3 - устройство для их юстировки, 4 - гониометрическое устройство с образцом, 5 - источник ^{198}Au , 6 - юстировочный столик, 7 - пучок нейтронов

Рис. 2. Зависимость скорости счета быстрых нейтронов от угла влета по отношению к оси кристалла. На верхней шкале абсцисс угол отсчитывается от направления оси $[1\bar{1}0]$ по пучку, определенного из дифракции γ -лучей. Данные вне минимума хорошо описываются прямыми, показанными вместе с областью 95% доверительной вероятности

Результаты измерений показаны на рис. 2. Приведенные ошибки являются статистическими, следующими из нормального распределения. Проведенный эксперимент показал:

- 1) наблюдается ясно выраженный минимум в зависимости скорости счета от угла;
- 2) положение этого минимума с точностью $\sim 1'$ совпадает с направлением кристаллографической оси вдоль пучка нейтронов; последнее определено независимо по дифракции γ -лучей;
- 3) обнаруженное дополнительное рассеяние отвечает сечению $\sim 3 \cdot 10^{-26} \text{ см}^2$, тогда как полное сечение швингеровского рассеяния на германии составляет $\sim 4 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$.

При угловом разрешении и точности настоящего эксперимента полученные данные находятся в соответствии с расчетами^{2,3} по рассеянию нейтронов на изолированных атомных цепочках и хорошо согласуются с результатами⁵, учитывавшими взаимное влияние цепочек. Тот факт, что наблюдавшееся на опыте усиление рассеяния обусловлено именно направлением кристаллографической оси, подтверждалось следующим: ось выводилась из пучка нейтронов в вертикальной плоскости на угол $\pm 5'$ и проводились те же измерения: при этом никакой зависимости скорости счета от угла не замечалось.

Таким образом, экспериментально обнаружено дополнительное рассеяние быстрых нейтронов в кристалле германия, возникающее при ориентации кристаллографической оси вдоль направления движения нейтронов. Полученные результаты находят объяснение при теоретическом рассмотрении.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.П.Вертебному за постоянное внимание к работе и ее поддержку, И.Я.Коренблиту за ценные обсуждения и А.И.Курбакову и В.А.Трунову за практическую помощь при постановке эксперимента.

Литература

1. Schwinger J. Phys. Rev., 1948, 73, 407.
2. Дюмин А.Н., Коренблит И.Я., Рубан В.А., Токарев Б.Б. Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 413.
3. Дюмин А.Н., Коренблит И.Я., Рубан В.А., Токарев Б.Б. Нейтронная физика. Материалы 5-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 1980, ч. 2, М.: ЦНИИАтоминформ, 1980, с. 152.
4. Высоцкий В.И., Кузьмин Р.М. ЖЭТФ, 1982, 82, 177.
5. Барышевский В.Г., Зайцева А.М. Изв. высш. уч. зав., сер. Физика, 1985, № 3, 103.
6. Дюмин А.Н., Рубан В.А., Токарев Б.Б., Власов М.Ф. Препринт ЛИЯФ (в печати).