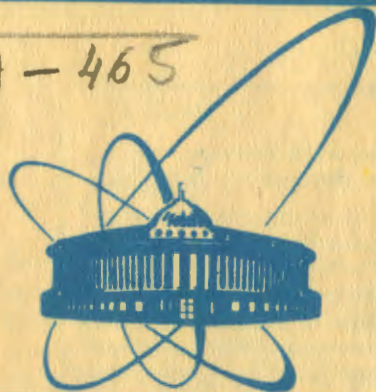


A-465



сообщения
Объединенного
Института
Ядерных
Исследований
Дубна

2370/2-81

18/5-81

P3-81-57

Ю.А.Александров, М.Врана*, Т.А.Мачехина,
П.Микула*, Р.Михалец, Л.Н.Седлакова, Б.Халупа*

МНОГОКРАТНОЕ РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ
В МОНОКРИСТАЛЛЕ КРЕМНИЯ,
НАБЛЮДАЕМОЕ МЕТОДОМ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

* Институт ядерной физики ЧСАН, Ржеж, ЧССР.

1. ВВЕДЕНИЕ

Дифракция нейтронов совершенными монокристаллами изучалась до сих пор в основном на стационарных реакторах ^{1/}. Только в последнее время появились работы, в которых использована методика времени пролета в сочетании с импульсным источником нейтронов ^{2,3/}. При рассеянии "белого" пучка нейтронов монокристаллическим образцом могут возникнуть ситуации, когда на сфере отражения находятся два или более узла обратной решетки, то есть нейтроны данной энергии отражаются в соответствии с условием Брэгга от комбинации нескольких типов плоскостей. Такое рассеяние называется многократным брэгговским рассеянием. Оно зависит от многих факторов: геометрических размеров, мозаичности и ориентации образца, угла рассеяния и разрешающей способности установки ^{4-6/}.

Целью данной работы являлось изучение многократного рассеяния нейтронов в совершенном монокристалле кремния /в геометрии прохождения/ в зависимости от углового разрешения установки, изменяющегося вследствие введения коллиматора или анализирующего монокристалла германия в рассеянный пучок нейтронов.

2. ЭКСПЕРИМЕНТ

Измерения проводились на нейтронном спектрометре WKSН-300 ^{7/} находящемся на пучке реактора ИБР-30 ^{8/}. На рис.1 показана принципиальная схема установки. Суммарная пролетная база нейтро-

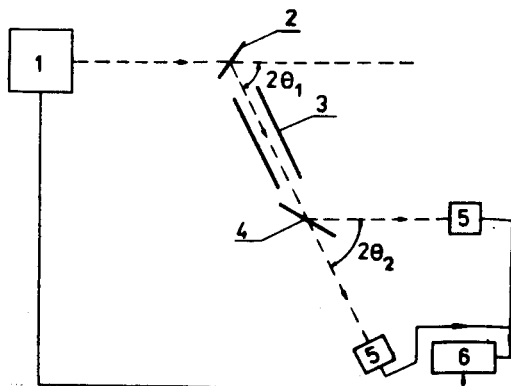


Рис.1. Схема установки:
1 - активная зона реактора; 2 - монокристалл Si;
3 - коллиматор отраженного пучка; 4 - монокристалл Ge; 5 - детектор нейтронов; 6 - временной анализатор.

и при $\omega = 84'$ $\theta = 77^\circ 27'$ $\theta = 74^\circ 19'$

нов от замедлителя до детектора составляла 15 м. Горизонтальная и вертикальная расходимость падающего пучка нейтронов была постоянной и составляла $\sim 1^\circ 20'$. Угол рассеяния нейтронов монокристаллом кремния $2\theta = 77^\circ 27'$, монокристаллом германия $2\theta = 74^\circ 19'$. Ширина канала временного анализатора $\tau = 32$ мкс.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучалась дифракция нейтронов монокристаллом Si, установленным в положение на прохождение. Толщина кристалла $t = 1/500 \pm 20$ мк и диаметр $\phi = 76,5$ мм. Дифракция нейтронов происходила на семействе плоскостей (hh0). Расходимость отраженного пучка нейтронов изменялась помещением в пучке коллиматора или изогнутого монокристалла Ge.

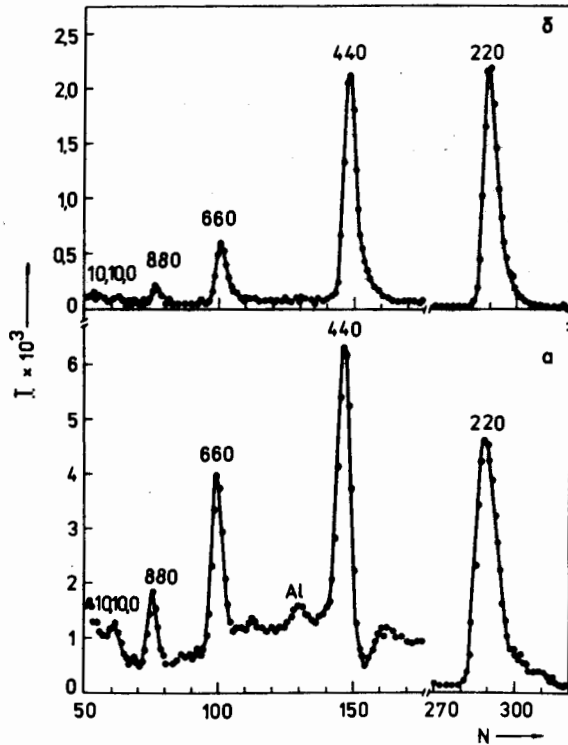


Рис.2. Нейтронограмма монокристалла Si в положении на прохождение с горизонтальной коллимацией отраженных нейтронов: $\omega = 84'$ /а/ и $\omega = 36'$ /б/.

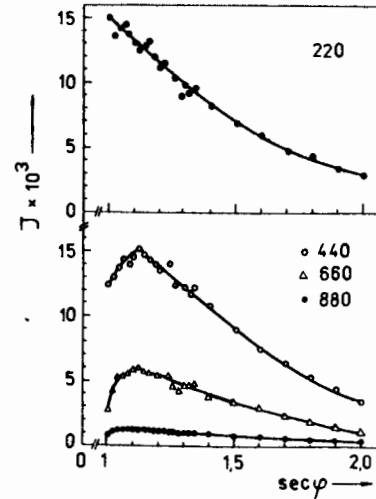


Рис.3. Зависимость интегральной интенсивности J от азимутального угла поворота ϕ кристалла вокруг вектора \vec{r}_{hh0} .

На рис.2а показан временной спектр нейтронов при ширине ω кривой отражения от монокристалла Si, равной $84'$, на рис.2б - тот же спектр при $\omega = 36'$, при постоянной вертикальной расходимости, равной $\sim 60'$. Плоскость рассеяния была параллельна плоскости (110) /азимутальный угол $\phi = 0^\circ$ /.

Поворачивая монокристалл вокруг вектора рассеяния нейтронов, можно менять его ориентацию, сохраняя условие Брэгга для одно-

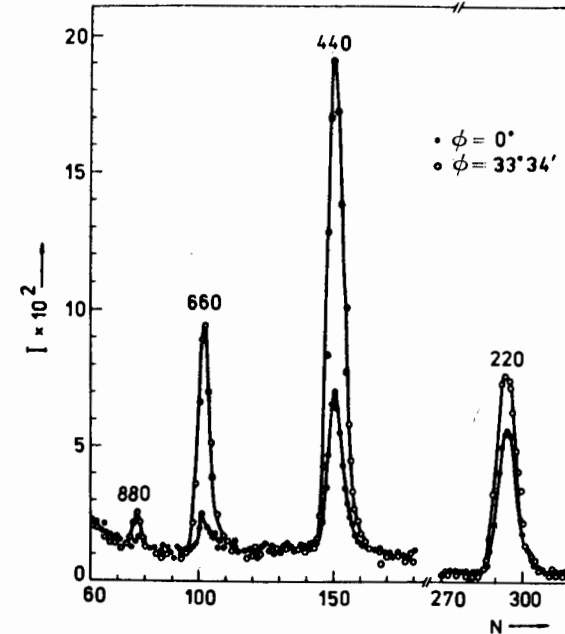


Рис.4. Нейтронограмма, полученная от системы кристаллов Si-Ge при горизонтальной расходимости $\omega = \theta'$ и углах $\phi = 0^\circ$ /а/ и $\phi = 33^\circ 34'$ /б/.

кратного рассеяния. На рис.3 приведены результаты измерений интегральной интенсивности нейтронов в зависимости от азимутального угла ϕ в интервале углов $0-60^\circ$ при $\omega = 36'$.

Используя в качестве анализатора рассеянных нейтронов монокристалл Ge с постоянной решетки a_0 , очень близкой к Si, можно еще более снизить горизонтальную расходимость пучка, отраженного от первого монокристалла. На рис.4 показан временной спектр нейтронов от системы Si-Ge при $\omega = 6'$ и углах $\phi = 0^\circ$ и $\phi = 33^\circ 34'$.

4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ экспериментальных результатов в пространстве обратной решетки позволяет определить плоскости, ответственные за появление аномалий в интегральной интенсивности нейтронов отдельных рефлексов.

На рис.5 показаны расчетные кривые многократных рефлексов для различных длин волн нейтронов в зависимости от ориентации образца /угла ϕ для отражений (220) и (440)/.

Временной спектр нейтронов на рис.2а можно объяснить, полагая, что вблизи отражения (440) имеют место отражения $(13\bar{1})$, $(31\bar{1})$, $(1\bar{3}\bar{3})$..., которые проявляются как эффект "выедания" спектра нейтронов.

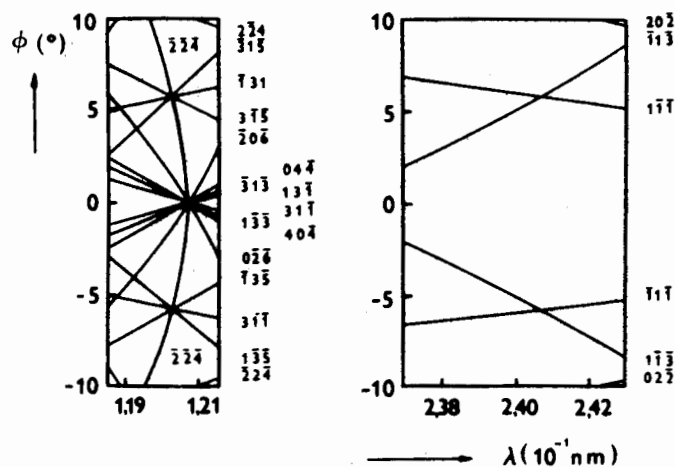


Рис.5. Зависимость появления многократных отражений от азимутального угла для отражений (220) и (440).

При улучшении коллимации отраженного пучка нейтронов эффект "выедания" исчезает /рис.2б/, но многократное рассеяние остается. В этом можно убедиться, поворачивая монокристалл вокруг вектора рассеяния $\vec{r}_{(hh0)}$. Для отражения (220) изменение интенсивности в зависимости от угла ϕ /рис.3/ происходит только за счет изменения геометрических размеров отраженного пучка. При наших условиях эксперимента зависимость интегральной интенсивности от угла ϕ должна быть одинакова для всех отражений в случае отсутствия многократного рассеяния. На рис.3 видно, что для отражений (440), (660) и (880) существует заметное отклонение от зависимости интегральной интенсивности для (220).

Анализ временных спектров нейтронов, полученных от системы Si-Ge, показывает, что и в этом случае существует многократное отражение, которое приводит к увеличению интегральной интенсивности отражений (440), (660) и (880) при угле $\phi = 30^\circ 34'$ по сравнению с $\phi = 0^\circ$. При этом интегральная интенсивность нейтронов, отраженных от (220), остается практически неизменной.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что многократное брэгговское отражение может существенно усложнить некоторые исследования с совершенными монокристаллами по методу времени пролета. Так как этот метод найдет широкое применение в связи с введением в действие интенсивных импульсных источников нейтронов /9,10/, то следует принимать специальные меры, чтобы избежать многократных отражений или создавать условия, при которых они в меньшей степени скажутся на результатах.

Авторы благодарят Б.Гашкову, А.Ложкарева и Я.Вавру за помощь в измерениях и при обработке результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rauch H., Petrascheck D. In: Topics in Current Physics, vol.6: Neutron Diffraction (Ed. H.Dachs). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1978.
2. Eichhorn F. et al. phys.stat.sol.(a), 1977, 40, p.205.
3. Alexandrov Yu.A. et al. The Sixth Conference of Czechoslovak Physicists. Ostrava, CSSR, 27-31.8, 1979.
4. Moon R., Shull C. Acta Cryst., 1964, 17, p.805.
5. Малышевски Э. и др. ОИЯИ, РЗ-3377, Дубна, 1967.
6. Mikula P. et al. Acta Cryst., 1979, A35, p.962.

7. Maliszewski E. et al. IAEA Symposium on Inelastic Scattering of Neutrons in Solids and Liquids. Copenhagen, 20-24 May, 1968.
8. Frank I.M. Particles and Nucleus, 1972, 2, p.805.
9. Шабалин Е.П. Импульсные реакторы на быстрых нейтронах. Атомиздат, М., 1976.
10. Carpenter T.H. Nucl.Instr.Meth., 1977, 145, p.91.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 января 1981 года.