

О ВОЗРАСТАНИИ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ

Г.А.Иферов, Г.П.Похил, А.Ф.Тулинов

1. В работе [1] было отмечено, что при использовании монокристаллической мишени выход продуктов ядерных реакций под действием заряженных частиц существенно уменьшается, если падающий пучок направлен вдоль одной из главных осей кристалла, т.е. если выполняются условия так называемого каналирования пучка. Это явление было экспериментально обнаружено для случая реакции (p, γ) на монокристаллах Al и Si. Ниже показано, что существуют условия, при которых эффект каналирования приводит к обратному явлению – возрастанию выхода продуктов реакций,

При выполнении условий каналирования квазипериодический характер поперечного движения частиц в канале приводит к тому, что распределение средней плотности частиц по сечению канала является существенно неравномерным. Плотность частиц достигает максимума в центре канала и уменьшается к периферии. Возникает своеобразная фокусировка частиц в каналах. Очевидно, что если ядра, на которых изучается реакция, расположены в районе оси канала, то будут созданы условия для "прицельной" бомбардировки, что приведет к увеличенному выходу продуктов реакций. Существенным фактором этого увеличения является также возрастание средней длины пробега бомбардирующих частиц при их движении в канале [2]. Для выделения эффекта возрастания выхода в чистом виде целесообразно на оси канала размещать ядра, отличные от ядер основной решетки. В принципе, система введенных в канал атомов будет возмущать движение частиц в каналах, однако при некоторых условиях возмущение может быть незначительным. Для оценки степени выполнения этих условий можно использовать значение величины $\alpha = (Z_2/Z_1)(l_1/l_2)$, где Z_1 и Z_2 – заряды ядер основной решетки и "примеси", l_1 и l_2 – расстояния между соседними ядрами в соответствующих цепочках. Легко показать, что при $\alpha \ll 1$ возмущение можно не учитывать. Описанная выше ситуация может

возникать как при наличии в кристаллах примесных атомов внедрения, так и в случае сложных кристаллов, содержащих ядра с заметно различающимися значениями Z . Все изложенное выше, разумеется, относится не только к каналам, расположенным вдоль главных осей кристалла, но и к каналам, образованным соседними плоскостями решетки [1].

2. Было проведено исследование реакции $H^2(d, p)H^3$ на монокристалле Nb, насыщенного дейтерием до концентрации (по количеству атомов) 1%. При этом, условие $\alpha \ll 1$ заведомо выполнялось. Из литературы известно (см. [3]), что атомы водорода в ячейке Nb (объемно-центрированная кубическая решетка) могут располагаться как в октаэдрических, так и в

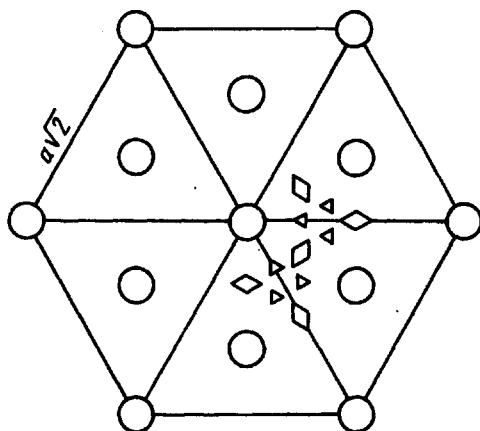


Рис.1. Проекция кристаллической решетки ниобия с примесью дейтерия на плоскость $\{111\}$. \circ – проекции цепочек атомов ниобия, \diamond – проекции цепочек центров октаэдрических междуузлий, Δ – проекции цепочек центров тетраэдрических междуузлий

тетраэдрических междуузлиях. На рис. 1 изображены проекции цепочек атомов ниобия и возможных мест расположения атомов водорода на плоскость $\{111\}$. Из рисунка видно, что атомы водорода располагаются в центральных областях каналов, направленных вдоль оси $\{111\}$. Эта ось и устанавливалась в направлении пучка дейтронов. Измерения проводились на каскадном ускорителе НИИЯФ МГУ при энергии дейтронов 440 кэВ. Угловой разброс частиц в пучке не превышал $0,2^\circ$. Первоначальное ориентирование образца проводилось с помощью теней, возникающих в угловых распределениях дейтронов, упруго рассеянных на монокристаллической мишени. Для уточнения ориентировки измерялась зависимость выхода упруго рассеянных дейтронов от угла между осью $\{111\}$ и направлением пучка. Угол изменялся путем вращения мишени. Минимальный выход соответствовал совмещению оси кристалла и оси пучка. Протоны из реакции $H^2(d, p)H^3$ регистрировались полупроводниковым счетчиком.

Для того, чтобы возникающее при вращении мишени изменение положения теней не вносило заметной погрешности в определение величины выхода продуктов реакции, апертура счетчика выбиралась достаточно большой (0,390 стер). Большие размеры счетчика позволяли также снизить общую дозу облучения, что было важно для уменьшения радиационных повреждений решетки. На рис.2 приведены кривые зависимости выхода протонов из реакции $H^2(d, p)H^3$ и упруго рассеянных дейтронов от угла между

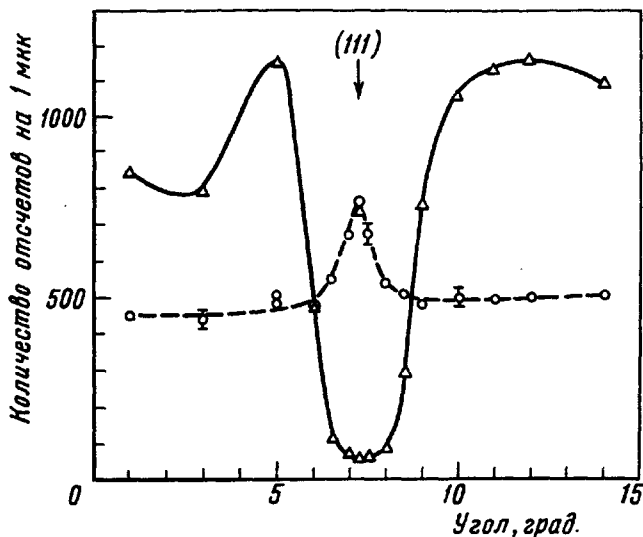


Рис.2. Зависимость выхода (d, p) реакции (— O —) и упругого рассеяния (— Δ —) от углового положения мишени по отношению к пучку

осью {111} кристалла и осью пучка. Из рис.2 видно, что при выполнении условий каналирования выход продуктов реакции возрастает. Относительно малая ширина протонного пика может быть обусловлена тем, что возрастание выхода реакции в основном связано с дейтронами, движущимися вблизи оси канала; очевидно, что соответствующие этим дейтронам входные углы заметно меньше критического угла каналирования.

Авторы глубоко признательны чл.-корр. АН СССР Е.М.Савицкому и сотрудникам Института металлургии им.Байкова Г.С.Бурханову и Н.Н.Бокаревой за приготовление монокристаллических образцов. Мы благодарим также В.С.Куликаускаса и А.А.Пузанова за помощь в работе.

Институт ядерной физики
Московского
Государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
24 января 1967 г.

Литература

- [1] Lindhard. Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk., 34, 14, 1965.
- [2] Gibson, Erginsoy, Wegner, Appleton. Phys. Rev. Lett., 15, 8, 1965.
- [3] Б.Юм-Розери, Г.Рейнор. Структура металлов и сплавов., М., 1959.