

РАДИАЦИОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛА ЗОЛОТА БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Р.И.Гарбер, Г.П.Доля, В.М.Колада, А.А.Модлин, А.И.Федоренко

1. Высокоэнергетичное радиационное распыление атомов золота было обнаружено [1] при бомбардировке в вакууме монокристаллической золотой фольги пучком протонов с энергией $0,3 \text{ Мэв}$. Картина пятен осадка распыленных атомов золота, полученная на коллекторе, расположенном за бомбардируемой мишенью, обнаружила симметрию, связанную со структурой кристалла и объясняемую передачей энергии и импульса от бомбардирующих протонов преимущественно вдоль плотноупакован-

ных рядов атомов в решетке монокристалла. Механизм этого процесса получил название фокусировки столкновений [2].

Распыление кристаллов под действием быстрых ионов и, в частности, фокусировка атомных столкновений, происходящая при этом, изучаются давно и всесторонне [3]. Однако, несмотря на отсутствие принципиальных отличий в механизме распыления кристаллов ускоренными ионами и быстрыми нейтронами, изучению распыления металла под действием быстрых нейтронов посвящена лишь одна работа [4], хотя косвенные сведения о процессе переноса атомов вещества на значительные расстояния в процессе облучения быстрыми нейтронами были получены давно [5] и даже было предложено [6] использовать явление распыления атомов вещества под действием быстрых нейтронов для определения числа смещенных атомов.

Представляло интерес исследовать, имеет ли место анизотропия распыления атомов из кристалла золота, обусловленная фокусировкой атомных столкновений, при бомбардировке кристалла быстрыми нейтронами.

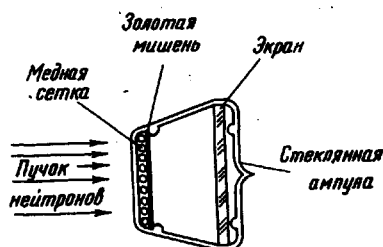


Рис. 1

2. Эксперимент проводился на пучке 14 Мэв нейтронов с интенсивностью $10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$, полученном из нейтронного генератора ФТИ АН УССР в результате $D-T$ -реакции.

Монокристаллическая золотая мишень толщиной 2500 \AA и площадью 1 см^2 с кристаллографической ориентацией $\{100\}$, полученная эпитаксиальным выращиванием на кристаллической подложке из NaCl, была смонтирована на электронномикроскопической медной сетке внутри стеклянной ампулы (рис.1). На расстоянии 2 мм от мишени был установлен стеклянный экран, служащий коллектором для распыленных атомов, диаметром 15 мм, покрытый со стороны мишени слоем алюминия для лучшего прилипания распыленных атомов золота. Ампулу откачивали до разрежения 10^{-6} мм рт.ст., после чего герметизировали.

После облучения мишени интегральным потоком быстрых нейтронов $2,32 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ ампулу вскрывали и извлекали экран-коллектор с осадком распыленных атомов. Экран в специальном алюминиевом контейнере помещали в ядерный реактор ВВР-М ИФ АН УССР, где он активировался потоком тепловых нейтронов $10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ в течение 5 дней. Образовавшийся при этом изотоп золота Au^{198} имел период полураспада 2,7 дня. Число атомов золота на экране измеряли с помощью сцин-

тилляционного счетчика и анализатора АИ-100, путем регистрации вторичных $0,412 \text{ Мэв}$ γ -лучей, испускаемых при распаде Au^{198} .

Угловое распределение распыленных атомов в осадке на экране регистрировали с помощью автордиографирования осадка.

3. Обнаружено, что в результате нейтронной бомбардировки из поверхности монокристаллической золотой мишени было выбито $6 \cdot 10^{10}$ атомов золота, что соответствует коэффициенту распыления $3 \cdot 10^{-3}$ атомов на один упавший на мишень быстрый нейтрон,

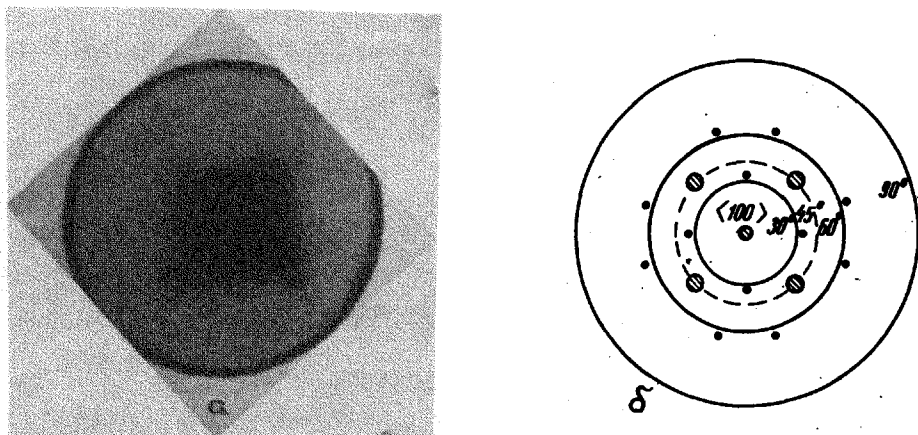


Рис.2

Из теории рассеяния нейтронов [7] следует, что 14 Мэв нейтроны будут производить в золоте первичные смещенные атомы со средней энергией $0,12 \text{ Мэв}$. Если принять пороговую энергию смещения атома из узла решетки кристалла золота $E_d = 30 \text{ эв}$, то среднее число смещенных атомов золота на один энергетичный первичный смещенный атом, рассчитанное согласно [8], будет равно $2 \cdot 10^4$ атомов, а среднее число всех смещенных атомов в объеме мишени при облучении интегральным потоком быстрых нейтронов $2,72 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ будет $2,28 \cdot 10^{12}$. Таким образом, из 10^{12} смещенных в объеме мишени атомов 10^{10} атомов вылетело из ее поверхности.

На рис.2(а и б) приведены автордиограмма картины осадка распыленных атомов золота на экране, полученного после бомбардировки монокристаллической золотой мишени с кристаллографической ориентацией $\{100\}$ и стереографическая проекция г.ц.к. решетки на плоскость, параллельную грани $\{100\}$. Картина осадка образована четырьмя боковыми и одним центральным пятнами, обусловленными преимущественным распылением атомов золота в четырех направлениях $\langle 110 \rangle$ и одном $\langle 100 \rangle$, соответственно.

Обнаруженный преимущественный выход распыленных частиц в низкоиндексных кристаллографических направлениях подтверждает существование механизма фокусировки столкновений при нейтронной бомбардировке кристаллов.

Литература

- [1] M.W. Thompson. *Phil. Mag.*, 4, 139, 1959.
- [2] Р.И.Гарбер, А.И.Федоренко. *УФН*, 83, 385, 1964.
- [3] М.Каминский. *Атомные столкновения на поверхности металлов*, изд. Мир, М., 1967.
- [4] K.Keller, R.V.Lee. *J.Appl. Phys.*, 37, 1890, 1966.
- [5] G.W.Callendine, V.A.Ridolfo, M.L.Pool. *Phys. Rev.*, 86, 642, 1953.
- [6] S.J.Taimuty. *Nucl. Sci. and Eng.*, 10(4), 403, 1961.
- [7] С.Глесстон, М.Эдлунд. *Основы теории ядерных реакторов*, ИЛ, М., 1954.
- [8] Дж.Динс, Дж.Виньярд. *Радиационные эффекты в твердых телах*, ИЛ, М., 1960.