

сон Н.Н. В кн.: Геомагнитные измерения и приборы. М.: ИЗМИРАН, 1986, с. 5.

- [2] Александров Е.Б., Балабас М.В., Бонч-Бруевич В.А. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 12. С. 749.
- [3] Александров Е.Б., Балабас М.В., Бонч-Бруевич В.А. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 24. С. 1501.
- [4] Померанцев Н.М., Рыжков В.М., Скороцкий Г.В. Физические основы квантовой магнитометрии. М.: Наука, 1972. 448 с.
- [5] Карпов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука, 1984. 320 с.

Поступило в Редакцию
27 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

05.2; 12

РЕНТГЕНОВСКАЯ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВАЯ ПЛАСТИНКА НА ОСНОВЕ ДИСЛОКАЦИОННОГО КРИСТАЛЛА

Н.М. О л е х н о в и ч, А.В. П у ш к а р е в

В последнее время расширяются исследования по дифракционной поляризации рентгеновских лучей, представляющие интерес для развития рентгеновской поляриметрии и дифракционно-поляризационного анализа реальных кристаллов. В этой связи возникает проблема анализа состояния поляризации произвольно поляризованных рентгеновских пучков. Как и в оптике видимого света, однозначное определение характеристик поляризации рентгеновского излучения в общем случае может быть выполнено только с помощью поляриметра, включающего анализатор и фазовый компенсатор (в частности, четвертьволновую пластинку), вносящий известную разность фаз между σ - и π -компонентами анализируемого пучка (σ -компонента электрического вектора волны перпендикулярна, а π -компонента параллельна плоскости рассеяния). Без фазового компенсатора, например, нельзя отличить пучок с круговой поляризацией от полностью деполаризованного пучка.

Фазовый компенсатор для рентгеновского диапазона в принципе может быть построен на явлении дифракционного двупреломления в совершенном кристалле [1]. При Лауэ-дифракции в таком кристалле σ - и π -компоненты распространяются с разной фазовой скоростью. В результате на выходе между указанными когерентными компонентами как в проходящем, так и в дифрагированном пучках возникает

дополнительная разность фаз (δ), которая при данной толщине кристалла быстро изменяется в зависимости от угла отклонения от брэгговского. Из-за этого сильно ограничивается угловая апертура и ширина спектрального окна фазового компенсатора. В результате с помощью такого компенсатора можно анализировать рентгеновские пучки только с очень малой угловой расходимостью (порядка $0.1''$). Формирование подобных пучков связано с большими потерями интенсивности и требует высокоточной гониометрической аппаратуры. Создание фазового компенсатора на использовании дупреломления вне области сильного отражения [2] ограничено трудностью получения совершенных кристаллов соответствующих материалов.

Явление дифракционного дупреломления обнаружено в дефектных кристаллах [3]. В данной работе показана возможность создания четвертьволновой пластинки на основе дислокационных кристаллов с угловой апертурой на 2-3 порядка большей, чем для пластинки из совершенного кристалла.

Для иллюстрации такой возможности была изготовлена четвертьволновая пластинка из монокристалла LiF с плотностью дислокаций $N_g \sim 10^5 \text{ см}^{-2}$ для $Si K_\alpha$ излучения. Полуширина кривой брэгговского рассеяния для кристалла, выбранного для изготовления указанной пластинки, составляла $63''$. Использовался проходящий пучок при симметричной Лауэ-дифракции (рефлекс 200). С целью установления толщины пластинки, при которой в проходящем пучке между σ - и π -компонентами набегающая разность фаз $\delta = \pi/2$, измерялась интенсивность J_ψ рассеяния кристалл-анализатором проходящего пучка в зависимости от угла его поворота (ψ) вокруг оси анализируемого пучка. Электрический вектор линейно поляризованного излучения, падающего на пластинку, составлял с плоскостью рассеяния угол 45° . Когда разность фаз $\delta > \pi/2$, минимум на кривой угловой зависимости приведенной величины измеряемой интенсивности ($I = \frac{J_\psi}{J_{45} + J_{135}}$) наблюдается при $\psi \approx 45^\circ$, а максимум при $\psi \approx 135^\circ$. При $\delta < \pi/2$ положения максимума и минимума меняются местами, и при $\delta = \pi/2$ интенсивность не зависит от угла ψ (рис. 1). Толщина используемого кристалла, соответствующая четвертьволновой пластинке, составила 435 мкм. Угловая апертура ее несколько превышала полуширину кривой брэгговского рассеяния.

Четвертьволновая пластинка на основе дислокационного кристалла не только вносит между σ - и π -компонентами дополнительную разность фаз $\pi/2$, но и несколько изменяет степень когерентности анализируемого пучка. Если на такую пластинку падает линейно поляризованный пучок с равными по величине σ - и π -компонентами, прошедший пучок будет иметь степень когерентности ρ_{OK} , разность фаз между σ - и π -компонентами - $\pi/2$ и параметр дихроизма - X_0 (отношение интенсивности π -компоненты к интенсивности σ -компоненты). Параметры ρ_{OK} , X_0 - характеристики четвертьволновой пластинки. При падении на пластинку

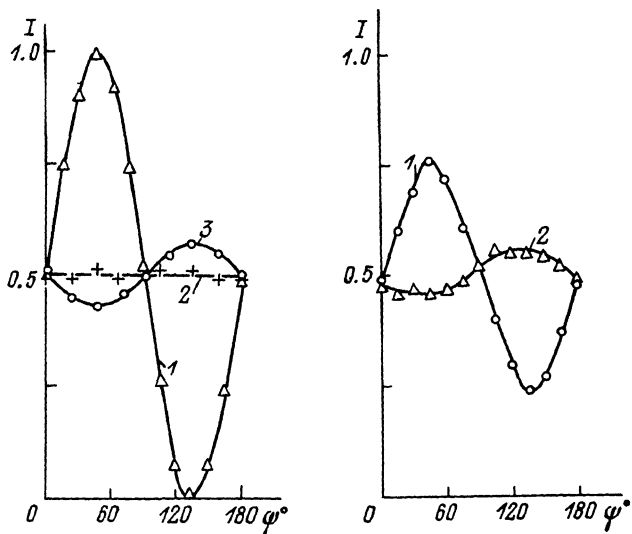


Рис. 1. Угловая зависимость интенсивности рассеяния кристалл-анализатором проходящего пучка при Лауэ-дифракции в LiF с $N_g \sim 10^5 \text{ см}^{-2}$: 1 - $t = 0$, 2 - $t = 435$, 3 - $t = 546$ мкм.

Рис. 2. Угловая зависимость интенсивности рассеяния кристалл-анализатором анализируемого пучка: 1 - четвертьволновая пластинка выведена, 2 - четвертьволновая пластинка введена.

пучка, имеющего степень когерентности P_K , разность фаз между σ - и π - компонентами - ψ и параметр дихроизма - X , выходящий пучок будет характеризоваться следующими параметрами: $P'_K = P_{OK} P_K$, $\psi' = \psi + \pi/2$, $X' = X_0 X$. Угловая зависимость интенсивности рассеяния кристалл-анализатором такого пучка определится соотношением

$$J'_\psi = J'_{XX} \left[\cos^2 \psi + X_0 X \sin^2 \psi + P_{OK} P_K \sqrt{X_0 X} \sin 2\psi \cos \left(\psi + \frac{\pi}{2} \right) \right]. \quad (1)$$

Измерив J'_ψ при $\psi = 0, 45, 90$ и 135° , находим

$$X_0 X = \frac{J'_{90}}{J'_0}, \quad (2)$$

$$P_{OK} P_K \cos \left(\psi + \frac{\pi}{2} \right) \frac{2(X_0 X)^{1/2}}{1 + X_0 X} = \frac{J'_{45} - J'_{135}}{J'_{45} + J'_{135}}. \quad (3)$$

Из измерений J_{ψ} без четвертьволновой пластинки определяются χ и $\rho_K \cos \varphi$:

$$\chi = \frac{J_{90}}{J_0}, \quad (4)$$

$$\rho_K \cos \varphi \frac{2\chi^{1/2}}{1+\chi} = \frac{J_{45} - J_{135}}{J_{45} + J_{135}}. \quad (5)$$

Из полученной системы уравнений (3, 5) находятся степень когерентности ρ_K и разность фаз φ для анализируемого пучка.

На рис. 2 в качестве примера применения выше описанной четвертьволновой пластинки представлены результаты поляризационного анализа проходящего пучка при Лауэ-дифракции в кристалле с плотностью дислокаций выше 10^7 см^{-2} . Из характера угловой зависимости интенсивности рассеяния кристалл-анализатором указанного пучка при введенной и выведенной четвертьволновой пластинке непосредственно следует, что данный пучок является эллиптически поляризованным. Количественный анализ на основе (3, 5) показал, что разность фаз между σ - и π -компонентами в пучке составляет 0.35 рад, а степень когерентности - 56%.

Таким образом, обнаруженное явление двупреломления рентгеновского излучения при Лауэ-дифракции в дислокационных кристаллах, проявляющееся в широкой области изменения плотности дислокаций [3], открывает новые возможности в развитии рентгеновской поляриметрии, в частности, для создания четвертьволновой пластинки с увеличенной на 2-3 порядка угловой апертурой. Следует при этом отметить, что толщина четвертьволновой пластинки и ее характеристики зависят от плотности дислокаций в кристалле.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] H a r t M. // *Phil. Mag.* 1978. V. 38. N 1. P. 41-56.
- [2] Д м и т р и е н к о В.Е., Б е л я к о в В.А. // *Письма в ЖТФ.* 1980. Т. 6. В. 23. С. 1440-1443.
- [3] О л е х н о в и ч Н.М., П у ш к а р е в А.В. В сб.: Тезисы второго совещания по всесоюзной межвузовской комплексной программе "Рентген". Ереван, 1987, с. 50-51.

Институт физики твердого тела
и полупроводников АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию
3 февраля 1989 г.