

В. П. Кладько, Т. Г. Крыштаб

ВЛИЯНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА БРЭГГОВСКУЮ ДИФРАКЦИЮ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ КВАЗИЗАПРЕЩЕННЫХ ОТРАЖЕНИЙ В МОНОКРИСТАЛЛАХ GaAs

Поведение интегральных интенсивностей (ИИ) в зависимости от упругой деформации изучено в ряде теоретических и экспериментальных работ (см., например, [1, 2]). В этих работах исследован характер зависимости ИИ от деформации при различных уровнях поглощения и нагрузки. В работе [2] изучено поведение ИИ в случае геометрии Брэгга для симметричных и асимметричных отражений типа 220 и 333 в зависимости от уровня деформации. Отмечено, что ИИ дифрагированной волны в изогнутом кристалле превышает ее значение для недеформированного (совершенного) и является асимметричной по отношению к направлению изгиба отражающих плоскостей. В последних работах [3, 4] при изучении дифракции γ -излучений с использованием квазизапрещенных отражений (КЗО) получены неоднозначные результаты. Для объяснения несоответствия экспериментальных и теоретических значений ИИ сделано допущение о влиянии упругих деформаций, однако каких-либо данных о влиянии упругой деформации на ИИ КЗО в случае геометрии как Лауэ, так и Брэгга к настоящему времени в литературе не имеется.

Цель настоящей работы — изучение особенностей поведения ИИ в случае геометрии Брэгга для КЗО в упругодеформированных кристаллах GaAs.

Измерения проводились на двукристалльном спектрометре в положении $(n, -m)$ с использованием $\text{CuK}\alpha_1$ -излучения. С помощью щелевой коллимации выделялась $K\alpha_1$ -компонента пучка размером $0,05 \times 0,1$ мм с расходимостью $2,5'$. Для решения поставленной задачи использовались монокристаллические химически полированные пластины GaAs с плоскостью поверхности (100) при разориентировке не более 10° . Плотность дислокаций в образцах не превышала 10^3 см^{-2} .

Использовались симметричные отражения 200 и 400. Макроизгиб образцов осуществлялся с помощью односторонних шлифовки абразивом М-100 и покрытия воском. Эти два вида обработки позволяли получать противоположные направления изгибов отражающих плоскостей. Расчет интегральной отражательной способности (ИОС) проводился по известным формулам [5].

Полученные в данной работе экспериментальные значения ИОС для недеформированных кристаллов соответствуют расчетным для идеального кристалла для отражений 200 и 400, что свидетельствует о незначительном влиянии дефектов структуры на ИИ.

В случае изогнутого кристалла для отражения 400 наблюдается увеличение ИИ, аналогичное полученному в [2] как для положительных, так и отрицательных деформаций. Для отражения 200 наблюдается аномальное поведение ИИ: в случае положительной деформации — увеличение ИИ по сравнению с ИИ недеформированного кристалла ($R^{\text{э}}_i/R^{\text{д}}_i > 1$), а в случае отрицательной — уменьшение ИИ ($R^{\text{э}}_i/R^{\text{д}}_i < 1$), $R^{\text{э}}_i, R^{\text{д}}_i$ — ИОС соответственно для идеального («динамического») кристалла и экспериментальная. Как показано в [6], для GaAs при использовании $\text{CuK}\alpha$ -излучения и КЗО 200 $R^{\text{к}}_i/R^{\text{д}}_i \approx 1$, где $R^{\text{к}}_i$ — ИОС для идеального-мозаичного («кинематического») кристалла. Для объяснения аномального поведения ИИ проведен расчет зависимости ИОС в приближении кинематической и динамической моделей от структурного фактора F (рис. 1). Как следует из рис. 1, указанное выше соот-

ношение $R_{ki}/R_{di} \approx 1$ выполняется лишь при $F = F_0$. Нарушение этого равенства приводит к чувствительности ИИ к различным искажениям структуры.

Аномальный ход ИИ качественно можно объяснить следующим образом. Изгиб поверхности кристалла приводит к изменению параметра решетки a как вдоль поверхности, так и перпендикулярно ей (см. рис. 2). При этом изменение параметра решетки вызывает изменение структурного фактора [6]. Следовательно, условие $R_{ki}/R_{di} \approx 1$ уже выполняться не будет и в зависимости от того, больше или меньше будет

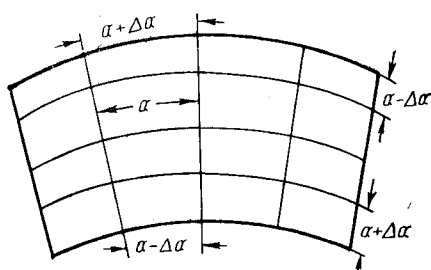
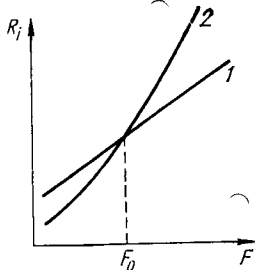


Рис. 1. Теоретические зависимости $R_i(F)$ в приближении динамической (1) и кинематической (2) моделей

Рис. 2. Изменение параметра решетки дифракционных плоскостей при упругом изгибе

F , чем F_0 , полученное в результате деформации, может иметь место как $R_i^a > R_i^d$, так и $R_i^a < R_i^d$. Поэтому экспериментально наблюдаемое увеличение или уменьшение ИИ связано, по-видимому, с изменением F при изгибе кристалла, а значит, изменение степени структурного совершенства, приводящее к изменению F , может существенно изменять величину ИИ. Это противоречит утверждениям работы [7] об отсутствии влияния различных дефектов на величину ИИ и свидетельствует о необходимости более тщательного рассмотрения различных дефектов при использовании КЗО. Полученный в работе результат можно использовать для экспрессного изучения распределения упругих деформаций и их знака в бинарных монокристаллах.

РЕЗЮМЕ. Досліджено особливості впливу пружної деформації на брегівську дифракцію рентгенівських променів при використанні квазізаборонених відбиттів (КЗВ) у монокристалах GaAs. Встановлено і пояснено аномальне зменшення інтегральної інтенсивності (нижче динамічної границі) для КЗВ. Показано можливість практичного застосування вивченого ефекту.

SUMMARY. The peculiarities of the elastic deformation effect on the Bragg diffraction of X-rays were investigated for using quasiforbidden reflections (QFR) in GaAs single crystals. An «anomalous» decrease of the integral intensity for QFR (below the dynamic limit) was found and explained. The practical application of the studied effect is shown.

1. Чуховский Ф. Н. // Металлофизика.— 1980.—2, № 6.— С. 3—27; 1981.—3, № 5.— С. 3—29.
2. Габриэлян К. Т., Кисловский Е. Н., Прокопенко И. В. и др. // ФТТ.— 1986.—28, вып. 10.— С. 2935—2940.
3. Курбатов А. И., Рубинова Э. Э., Соболев Н. А. и др. // Кристаллография.— 1986.— 31, вып. 5.— С. 979—985.
4. Горбачева Н. И., Курбанов А. И., Мильвидский М. Г. и др. // Там же.— С. 994—996.
5. Пинскер З. Г. Рентгеновская кристаллооптика.— М.: Наука, 1982.
6. Pietsch U., Mahlberg J., Unger K. // Phys. status solidi B.— 1985.— 131, N 1.— P. 67—73.
7. Fujimoto J. // Jap. J. Appl. Phys.— 1986.—25, N 2.— P. 291—292.