

Дифракция рентгеновских лучей от упруго изогнутого кристалла, промодулированного поверхностной акустической волной

В.И. Пунегов¹

¹ Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, Россия

На сегодняшний день опубликовано большое количество экспериментальных и теоретических работ по дифракции рентгеновских лучей в изогнутых кристаллах. Однако, в большинстве случаев теоретические расчеты кривых дифракционного отражения (КДО) не совпадают с экспериментальными измерениями. Это связано с тем, что численные расчеты выполняются с использованием одномерных уравнений дифракции, в то время как необходимо применять двумерные уравнения Такаги-Топена. Кроме того, требуется использовать пространственно ограниченные рентгеновские пучки [1].

В настоящее время кроме КДО, проводятся измерения карт распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве (reciprocal space maps (RSMs)). Имеется всего одна экспериментальная работа, в которой измерена карта RSM от изогнутого кристалла [2].

Совсем недавно выполнено исследование дифракции синхротронного излучения в изогнутом кристалле, промодулированном поверхностной акустической волной (ПАВ) [3]. Получены топографические изображения с дифракционными сателлитами, которые соответствуют измеренным профилям КДО в результате модуляции ПАВ.

Поскольку отсутствует теория и метод вычисления карт RSM рентгеновской дифракции от изогнутого кристалла, промодулированного ПАВ, что затрудняет проведение экспериментов, данная работа посвящена решению этой проблемы.

В работе, используя двумерные рекуррентные соотношения [4], выполнено теоретическое исследование рассеяния рентгеновских пучков на изогнутом кристалле, промодулированном ПАВ. Рассмотрена рентгеновская дифракция (300) с длиной волны 0.1 нм на изогнутом кристалле LiNbO₃, промодулированном ПАВ. Толщина кристалла составляла 20 мкм. Длина ультразвуковой волны $\Lambda=4$ мкм.

Численные расчеты RSM выполнены в логарифмическом масштабе, отношение интенсивностей между соседними линиями составляет 0.273. На рис. 1 показаны карты в обратном пространстве для разных случаев дифракции рентгеновского пучка от кристалла LiNbO₃. Поперечный размер падающего рентгеновского пучка 50 мкм, что при угле дифракции 20 градусов давало засветку рентгеновским пучком поверхности кристалла 140 мкм.

На рис. 1a показана карта RSM от недеформированного кристалла. Рисунок 1b демонстрирует контуры равной интенсивности от изогнутой структуры с радиусом изгиба 5м. Угловое распределение интенсивности рассеяния от планарного кристалла,

промодулированного ПАВ, представлено на рис. 1c. Дифракция ограниченного рентгеновского пучка на изогнутом кристалле, промодулированном ПАВ, показана на рис. 1d.

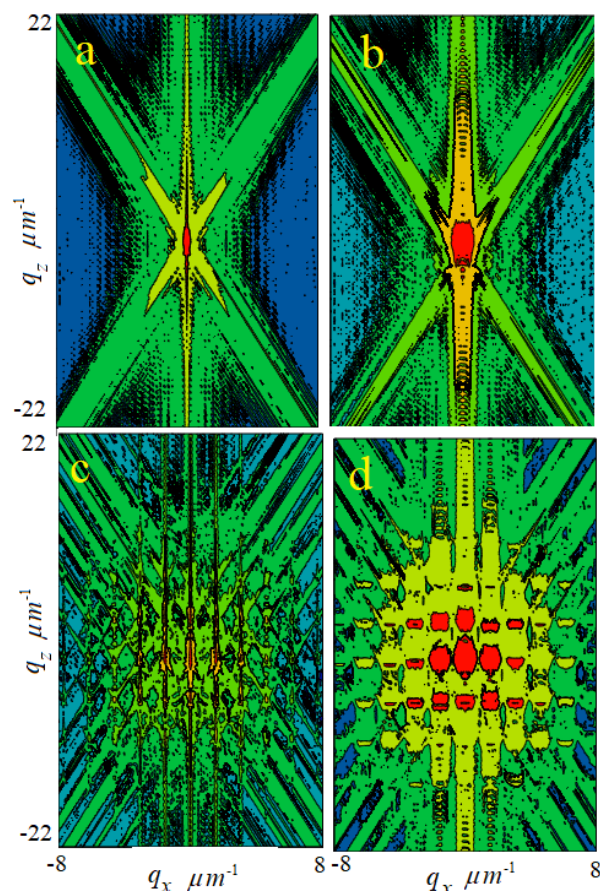


Рис. 1. Расчетные карты распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве для разных случаев дифракции рентгеновского пучка от кристалла LiNbO₃. а) недеформированный кристалл; б) изогнутый кристалл; в) недеформированный кристалл, промодулированный ПАВ; д) изогнутый кристалл, промодулированный ПАВ.

1. D.M. Malkov, V. Punegov. J. Appl. Cryst., 2024, 57, 296-305.
2. A. Neels, A. Domman. NSTI-Nanotech., 2010, 2, 182-185.
3. R. Fakhrtdinov, D. Irzhak, S. Kumanyaev, K. Pundikov, D. Roshchupkin, A. Seregina. Materials Letters, 2026, 405, 139810.
4. V.I. Punegov, S.I. Kolosov. J. Appl. Cryst., 2022, 55, 320-328.