

Спектральное разложение полихроматического рентгеновского излучения в термоупруго изогнутом монокристалле кварца в геометрии Лауэ

Т.Г. Довлатян¹, А.Н. Шахвердян¹, Р.К. Мирзоян¹, К.Г. Труни¹, К.Т. Айрапетян¹, В.Н. Агабекян¹, И.А. Бабаян¹, С.Н. Нореян¹

¹ Институт прикладных проблем физики Национальной академии наук Республики Армения, 0014, РА, г. Ереван, ул. Грачья Нерсисяна, 25

В настоящей работе исследована дифракция узкоколлимированного полихроматического рентгеновского излучения в монокристалле кварца при наличии температурного градиента в условиях симметричной геометрии Лауэ. Цель работы заключалась в создании рентгеновского спектрометра с управляемыми спектральными и угловыми характеристиками - светосилой и разрешающей способностью.

Экспериментальные исследования выполнены на Х-срезе кварца размерами $35 \times 32 \times 6,77$ мм³ для семейства отражающих атомных плоскостей ($10\bar{1}0$), ориентированных перпендикулярно большой поверхности кристалла. Рабочий пучок формировался вертикальными коллимационными щелями $10 \times 0,02$ мм² и $10 \times 0,05$ мм², обеспечивавшими угловую расходимость порядка 90 угл. сек. Температурный градиент создавался цилиндрической нихромовой спиралью сопротивлением 2 Ом, установленной вдоль боковой грани образца, температура нагреваемого края изменялась от комнатной температуры до 700 °С. Пространственное распределение отраженного пучка регистрировалось координатным детектором ADVARix TIMEPIX-3 с размером пикселя 55 мкм на расстояниях 134 и 180 см от кристалла.

Показано, что при отсутствии значительного температурного градиента от образца отражается преимущественно линия $AgK\alpha_1$. По мере увеличения градиента наблюдаются монотонный рост интегральной интенсивности и сужение поперечного сечения отраженного пучка, что указывает на уменьшение эффективной толщины области брэгговской дифракции внутри кристалла. При дальнейшем увеличении деформации в условие отражения входит также линия $AgK\alpha_2$, и на секционных топограммах формируются пространственно разделенные пучки, соответствующие различным длинам волн первичного полихроматического излучения.

Анализ топограмм и кривых качания показал рост интенсивности, сужение отраженного пучка и появление спектрально разделенных компонент $AgK\alpha_1$ и $AgK\alpha_2$ (рис. 1).

Для уточнения углового расстояния между линиями и их угловой ширины использована двухкристалльная схема с кварцевым кристаллом-анализатором толщиной 0,29 мм, установленным на

расстоянии 55 см от исследуемого образца. Измеренные кривые качания при различных температурах края кристалла подтвердили изменение брэгговских углов и уменьшение углового расстояния между линиями по сравнению с недеформированным случаем.

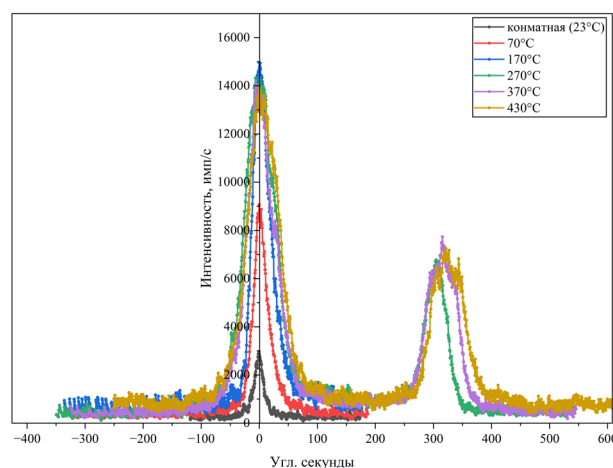


Рис. 1. Кривые качания при различных температурах нагреваемого края кристалла.

На основе геометрического анализа распространения лучей в пределах треугольника Бормана получены оценки спектральной ширины разложенного пучка, а также выражения для линейной и угловой дисперсий предлагаемой схемы. Установлено, что основной вклад в спектральную ширину вносит член, связанный с радиусом кривизны отражающих плоскостей.

Таким образом, изменение температурного градиента в монокристалле кварца позволяет управлять условиями брэгговского отражения различных компонент полихроматического рентгеновского излучения. Предложенная схема обеспечивает одновременное спектральное разложение и фокусировку дифрагированных пучков и может быть использована как основа рентгеновского спектрометра нового типа, позволяющего повысить угловую разрешающую способность до двух раз по сравнению с традиционными схемами при сохранении регулируемой светосилы.