

Параметрическое рентгеновское излучение релятивистских электронов в монокристалле кварца в присутствии теплового градиента

В.Р. Кочарян¹, В.В. Маргарян¹, Г. Кубе², С. Строков², С.Н. Нореян¹, Г.Ф. Хачатрян¹, Ю.М. Черепенников¹, Е.А. Мкртчян¹, А.П. Потылицын¹, А.Е. Мовсисина¹

¹Институт прикладных проблем физики НАН РА, ул. Нерсисяна, 25, Ереван, 0014, Армения

²Немецкий электронный синхротрон DESY, Ноткестр. 85, 22607, Гамбург, Германия

Рентгеновское излучение сегодня широко используется для визуализации и исследования внутренней структуры материалов как в современной медицине и биологии, так и в фундаментальных научных исследованиях благодаря своим свойствам проникновения, поглощения, дифракции, отражения и рассеяния.

В настоящее время передовые исследования в области рентгеновской визуализации проводятся в лабораториях, оснащённых крупными электронными ускорителями, поскольку такие исследования требуют высокой яркости, мощности, монохроматичности и когерентности излучения.

В качестве альтернативных источников рентгеновского излучения могут использоваться: параметрическое рентгеновское излучение (ПРИ), возникающее при движении заряженной частицы в кристалле; канальное излучение; переходное излучение, возникающее на границах раздела сред. Во всех этих случаях наблюдается значительное усиление интенсивности излучения в определённых направлениях для заданной длины волны. Например, в лаборатории LEBRA Университета Нихон был создан источник параметрического рентгеновского излучения (LEBRA-PXR) на основе сравнительно небольшого линейного ускорителя электронов с энергией 100 МэВ. Его характеристики сопоставимы с источниками аналогичного когерентного рентгеновского излучения, работающими на крупных ускорительных комплексах с энергиями в десятки ГэВ.

Для практического применения ПРИ обычно необходим ускоритель электронов с большим током пучка. Это ограничение может быть частично устранено за счёт оптимизации толщины кристаллической мишени, величины мозаичности кристалла, либо введения специальных деформаций в монокристалл, например, изгиба соответствующих атомных плоскостей.

Наличие внешних акустических полей или температурного градиента в кристаллических монохроматорах, работающих в геометрии Лауэ, позволяет значительно увеличить интенсивность отражённого пучка и управлять его спектрально-угловыми характеристиками.

Высокая чувствительность дифрагированного рентгеновского пучка к деформациям рассеивающего кристалла, включая акустические колебания и температурные градиенты, делает актуальным исследование зависимости интенсивности параметрического рентгеновского излучения, возникающего при прохождении релятивистских электронов через

кристалл, от величины приложенного температурного градиента.

С этой целью, проведено экспериментальное исследование параметрического рентгеновского излучения, генерируемого релятивистскими электронами в монокристалле кварца под воздействием температурного градиента с использованием электронов энергией 1.4 ГэВ. Измерения выполнялись на испытательной пучковой линии DESY II (TB21).

Спектр ПРИ регистрировался от отражающих атомных плоскостей ($10\bar{1}1$) кристалла кварца без и при приложении температурного градиента, направленного перпендикулярно этим плоскостям. Спектры ПРИ приведены на рисунке 1.

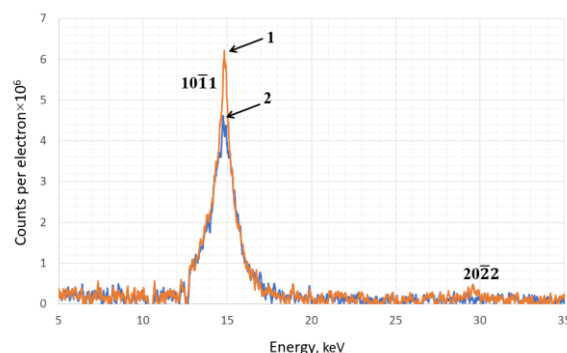


Рис. 1. Рентгеновские спектры от атомных плоскостей ($10\bar{1}1$) при энергии пучка 1.4 ГэВ, толщине кристалла 0.7 мм, $\theta_b \approx 7^\circ$ и приложенном к кристаллу температурном градиенте (1) $\Delta T/\Delta x = 120$ К/см и (2) $\Delta T/\Delta x = 0$ К/см.

Экспериментальные результаты показывают, что наличие температурного градиента приводит к увеличению интенсивности параметрического рентгеновского излучения. Этот эффект объясняется переносом переходного излучения, возникающего при входе электронов в кристалл. При этом полуширина спектрального пика параметрического рентгеновского излучения практически не изменяется.