

Анализ двухкристальной линии задержки для фемтосекундных импульсов рентгеновского лазера на свободных электронах

Бушуев В.А., Петров И.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, МГУ, ГСП-1 Москва, 119991, Россия

e-mail: vabushuev@yandex.ru

Для рентгеновских исследований быстропротекающих процессов в атомной физике, физике конденсированного состояния, физике высокомолекулярных соединений и др. необходимо проводить эксперименты в режиме “pump and probe”, в которых один импульс является возбуждающим, а второй импульс, который падает на исследуемый объект с некоторой временной задержкой, является зондирующим импульсом. Для управления временем задержки в [1-3] были предложены линии задержки (ЛЗ), состоящие из достаточно большого числа отдельно расположенных кристаллов (от 3-х до 8-ми) в геометриях на отражение и на прохождение, что накладывает жесткие условия на длину волны излучения и на стабильность положения кристаллов. Кроме того, в [1-3] отсутствуют расчеты формы и интенсивности задержанных импульсов.

Ранее в наших работах [4-6] была построена динамическая теория дифракции рентгеновских когерентных [4] и случайных [5, 6] импульсов в кристаллах и многослойных структурах. В [7, 8] нами было показано, что вследствие большой спектральной ширины падающего импульса РЛСЭ его отражение от многослойной кристаллической структуры приводит к образованию серии задержанных отраженных импульсов.

В настоящей работе предложена простая и эффективная схема линии задержки, которая состоит из двух плоскопараллельных монокристаллов, разделенных некоторым воздушным промежутком L . Толщины кристаллов варьируются от долей до десятка глубин экстинкции. Их межплоскостные расстояния отличаются на некую малую величину Δd такую, что расстояние между пиками спектрального брэгговского отражения в несколько раз превышает ширины этих пиков. Так как импульсы РЛСЭ характеризуются высокой пространственной когерентностью и весьма посредственной временной когерентностью, то спектр падающего импульса перекрывает оба пика. В итоге каждый кристалл является отражающим в своей спектральной области и практически прозрачным в другой области. Время задержки $\tau = 2L/c$ можно плавно регулировать простым изменением ширины воздушного промежутка. Подробно проанализировано влияние толщин кристаллов, величины Δd , длительности и времени когерентности импульсов на форму и интенсивность отраженных задержанных импульсов. Обсуждается использование этой двухкристальной схемы для повышения степени временной когерентности РЛСЭ в режиме self-seeding.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-02-00887.

Литература

1. Joksch S., Graeff W., Hastings J., Siddins D.P., Rev. Sci. Instrum., 63 №1, 1114-1118 (1992).
2. Roseker W., Franz H., Schulte-Schrepping H., et al., J. Synchr. Rad., 18 №4, 481-491 (2011).
3. Stetsko Y.P., Shvyd'ko Y.V., Stephenson G.B., Appl. Phys. Lett., 103 №17, 173508(4) (2013).
4. Bushuev V.A., J. Synchrotron Rad., 15 №4, 495-505 (2008).
5. Bushuev V.A., Samoylova L., Nucl. Instr. Meth. A, 635, №4, S19-S23 (2011).
6. Бушуев В.А., Самойлова Л., Кристаллография, 56 №5, 876-885 (2011).
7. Бушуев В.А., Петров И.А., Доклады конференции “Рентгеновская оптика – 2016” (Черноголовка, 2016 г.), С. 16-18.
8. Бушуев В.А., Петров И.А., Труды XXI Международного симпозиума “Нанопизика и наноэлектроника” (Нижний Новгород, 13-16 марта 2017 г.), Т. 1. С. 365-366 (2017).