

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ ПРЕЛОМЛЯЮЩИЕ ЛИНЗЫ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ДИАПАЗОНОВ СПЕКТРА

Дудчик Ю.И.

*НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь,
dudchik@bsu.by*

Многоэлементная преломляющая линза для рентгеновских лучей является новым элементом рентгеновской оптики. Линза позволяет фокусировать рентгеновские лучи с энергией фотонов от 5 кэВ до 30 кэВ в пятна микронных и субмикронных размеров, а также получать изображения объектов в рентгеновских лучах с субмикронным разрешением.

Поскольку действительная часть показателя преломления $1-\delta$ в рентгеновском диапазоне спектра меньше единицы, то фокусирующая линза для рентгеновских лучей является двояковогнутой. Величина δ мала и, например, для фотонов с энергией 10 кэВ в кремнии равна $4,5 \cdot 10^{-6}$. Поэтому фокусное расстояние одной линзы велико и составляет несколько метров. Для того, чтобы уменьшить фокусное расстояние линзы в N раз (или увеличить ее оптическую силу в N раз) целесообразно использовать вместо одной линзы N соосно расположенных линз.

Нами разработаны многоэлементные преломляющие рентгеновские линзы, выполненные в виде стеклянного капилляра, заполненного двояковогнутыми эпоксидными микролинзами с радиусом кривизны, равным радиусу канала капилляра [1]. Разработанные рентгеновские линзы прошли тестирование на синхротронах в США, Японии, Германии, Франции, Германии, Китая, России, где была показана их способность фокусировать рентгеновские лучи с энергией фотонов 7–20 кэВ в пятно микронных размеров [2]. Например, линза, содержащая 349 эпоксидных микролинз с радиусом кривизны 100 мкм каждая, фокусирует рентгеновские лучи с энергией 18 кэВ в пятно размером 1,5 мкм.

Однако поскольку показатель преломления рентгеновских лучей уменьшается с ростом энергии фотонов E_γ как $1/(E_\gamma)^2$, то эффективность преломляющей линзы ограничена областью энергии фотонов около 70 кэВ. В качестве линзы для гамма-излучения нами предлагается многоэлементная система, содержащей заданное число N расположенных соосно микролинз с радиусом кривизны поверхности R ,

при этом линзы выполнены двояковыпуклыми из материала с большим атомным номером.

Основанием для выбора указанной конструкции линзы для гамма-излучения являются недавно полученные экспериментальные данные, которые опубликованы в [3], о том, что при энергии гамма-излучения больше чем 0,7 МэВ действительная часть показателя преломления в кремнии становится больше единицы.

Проведенные нами расчеты показали, что фокусное расстояние системы, содержащей 10 золотых двояковыпуклых микролинз с радиусом кривизны поверхности 100 мкм, составляет 0,17 м для фотонов с энергией 1 МэВ. Ожидается, что предложенная многоэлементная преломляющая линза для гамма-излучения позволит фокусировать гамма-излучение с энергией фотонов около 1 МэВ в субмикронные пятна.

1. Yury Dudchik. Design and Application of X-Ray Lens in the Form of Glass Capillary Filled by a Set of Concave Epoxy Microlenses. Optical Fiber Communications and Devices. Edited by: Moh. Yasin, Sulaiman W. Harun and Hamzah Arof (Ed.), ISBN: 978-953-307-954-7, Publisher:InTech, February 2012. P.77–94.
2. Dudchik, Yu. et al. Using of a microcapillary refractive X-ray lens for focusing and imaging. Spectrochimica Acta. 2007. V. B62. P. 598–602.
3. Hab, D. et al. The Refractive Index of Silicon at Ray. Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 184802 [4 pages].