

УДК 539.216, 535.317.61-34
ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЛОМЛЯЮЩЕЙ
РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНЗЫ И ПИНХОЛ КАМЕРЫ

Ю. И. ДУДЧИК
НИУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ
ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ им. А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Источники рентгеновских лучей характеризуются целым рядом параметров, один из которых – размер. Так размер фокусного пятна анода рентгеновской трубки может меняться со временем, поэтому его нужно контролировать, что важно с практической точки зрения.

Получить изображение источника рентгеновского излучения можно с использованием многоэлементной преломляющей рентгеновской линзы [1], а также с использованием пинхол камеры [2].

В данном сообщении для получения изображения источника рентгеновского излучения в качестве оптического элемента была использована пинхол камера (камера-обскура) и многоэлементная преломляющая рентгеновская линза. Изображение источника излучения визуализировалось с использованием цифровой рентгеновской камеры.

Объектом исследования является фокальное пятно рентгеновской трубки БСВ-17 с медным анодом. Паспортное значение фокального пятна трубки БСВ-17 равно $0,6 \times 8 \text{ мм}^2$. Угол между зеркалом анода и рабочим пучком составлял 6° , поэтому эффективное фокусное пятно трубки (проекция реального пятна на направление пучка) имеет размер $0,6 \times 0,84 \text{ мм}^2$.

Для получения изображения фокального пятна была создана установка, показанная на рис. 1, где 1 – рентгеновская трубка в кожухе, 2 – пинхол камера; 3 – цифровая рентгеновская камера.

В качестве изображающего использовались свинцовая пинхол камера с отверстием размером в 100 мкм и многоэлементная преломляющая рентгеновская линза с фокусным расстоянием 92 мм для 8-кэВ фотонов.

В качестве рентгеновской камеры для регистрации изображения источника излучения использовалась ПЗС камера фирмы Photonic Science (модель FDI VHR) со сцинтиллятором, нанесенным на волоконно-оптическую шайбу.

С помощью пинхол камеры были получены изображения фокусного пятна рентгеновской трубки при различных значениях следующих параметров: а – расстояние от источника до пинхол камеры, b – расстояние от пинхол камеры до рентгеновской камеры, t – экспозиции.

На рис. 2 показаны изображения источника излучения при $a = 170 \text{ мм}$, $b = 170 \text{ мм}$ и различных экспозициях t: 1 с, 3 с, 5 с.

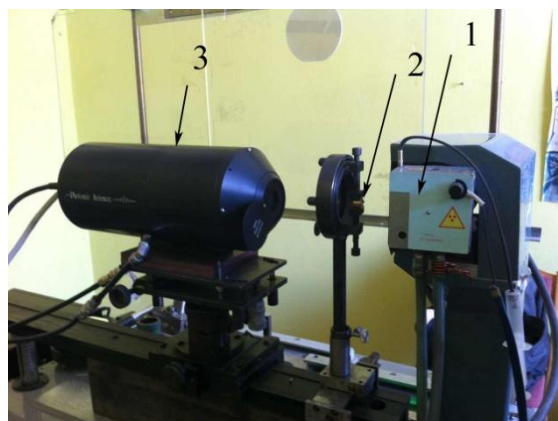


Рис. 1. Установка для определения размеров фокусного пятна рентгеновской трубки

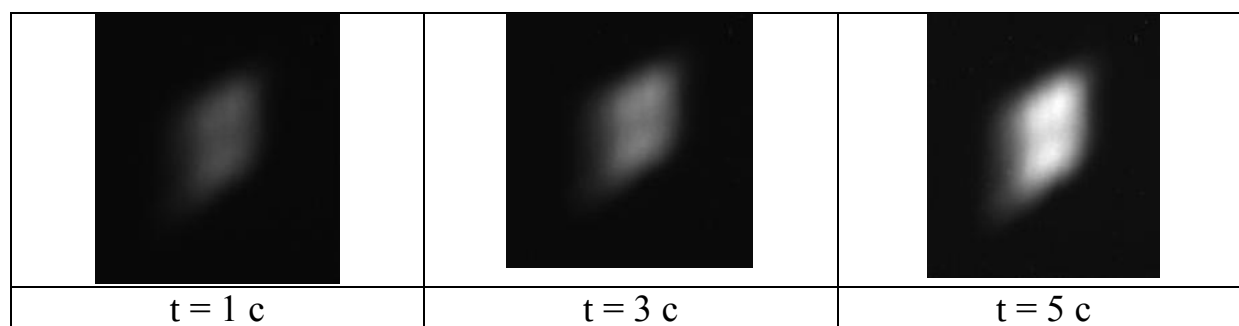


Рис. 2. Изображения фокусного пятна рентгеновской трубки, полученное с использованием пинхол камеры при различных экспозициях

Полученные изображения обрабатывались в программе Image Pro Express. В результате расчетов установлено, что размер источника излучения (эффективное фокусное пятно рентгеновской трубки) составляет 0,53х0,75 мм, что близко к паспортному значению.

Дополнительно для получения изображения фокусного пятна рентгеновской трубки использовалась многоэлементная преломляющая рентгеновская линза, содержащая 72 двояковогнутых эпоксидных микролинз с радиусом кривизны 50 мкм каждая. Фокусное расстояние рентгеновской линзы для фотонов с энергией 8 кэВ составляет 92 мм. Преломляющая рентгеновская линза является изображающим устройством. Если источник излучения имеет размер S и расположен на расстоянии a от линзы, то положение изображения источника относительно линзы и его размер S_1 находятся из следующих соотношений:

$$1/a + 1/b = 1/f, S_1 = S(f/(a-f)),$$

где b – расстояние от линзы до плоскости изображения, f – фокусное расстояние рентгеновской линзы.

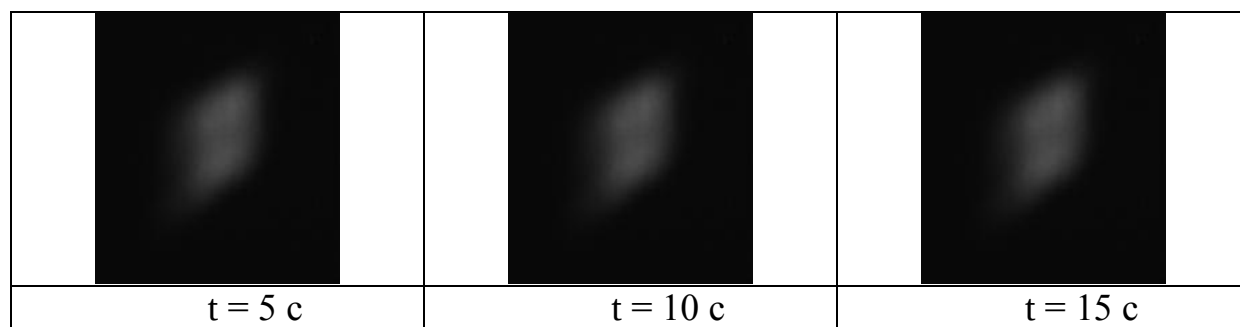


Рис. 3. Изображения фокусного пятна рентгеновской трубки, полученное с использованием преломляющей рентгеновской линзы при различных экспозициях

В исследованиях рентгеновская линза располагалась вместо пинхол камеры (см. рис. 1) на удвоенном фокусном расстоянии ($a = 2f = 184$ мм) от фокусного пятна рентгеновской трубки, а рентгеновская камера - на удвоенном фокусном расстоянии от линзы ($b = 2f = 184$ мм). В соответствии с формулой линзы для данной геометрии формирования пучка можно ожидать, что в плоскости изображения будет наблюдаться изображение фокусного пятна рентгеновской трубки в пропорции 1:1.

На рис. 3 приведено изображение фокусного пятна рентгеновской трубки БСВ-17, полученное с использованием преломляющей рентгеновской линзы при различных экспозициях. Проведенный анализ изображений показал, что их размер и форма достаточно хорошо совпадают с аналогичными изображениями, полученными с использованием пинхол камеры. Увеличение экспозиции объясняется ослаблением рентгеновского излучения в материале линзы.

Таким образом, исследования показали перспективность использования пинхол камеры и преломляющей рентгеновской линзы для определения размеров источников рентгеновского излучения.

Работа выполнена в рамках задания 4.43 подпрограммы «Техническая диагностика» ГПНИ «Механика, техническая диагностика, металлургия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дудчик, Ю. И. Многоэлементная сферическая преломляющая линза для формирования микро- и наноразмерных пучков рентгеновского излучения / Ю. И. Дудчик // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1. Физика. Математика. Информатика. – 2008. – № 2. – С. 26–30.
2. Дудчик, Ю. И. Получение изображения источников рентгеновского излучения с использованием пинхол камеры / Ю. И. Дудчик, И. Ю. Звягин // Приборостроение-2013: материалы 6-ой Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 290–292.

E-mail: dudchik@bsu.by