

УДК 535.317; 535-34,548.732

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ В РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИНХОЛ-КАМЕРЫ И ОПТИКИ КУМАХОВА

Дудчик Ю. И., Балухо И. Н., Кольчевский Н. Н.

НИУ «Институт прикладной физическим проблем имени А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Предложен метод получения изображения объектов в рентгеновских лучах с использованием линзы Кумахова и цифровой рентгеновской пинхол-камеры. Линза используется для фокусировки рентгеновских лучей, пинхол-камера – для формирования и записи изображения объекта. Определены параметры линзы Кумахова, получены изображения тестового объекта в рентгеновских лучах.

Ключевые слова: рентгеновское излучение; рентгеновская линза Кумахова; рентгеновская пинхол-камера.

X-RAY IMAGING WITH PINHOLE CAMERA AND KUMAKHOV OPTICS

Dudchik Y., Balukho I., Kolchevsky N.

A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems BSU
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. A method for obtaining images of objects in X-rays using a Kumakhov lens and a digital X-ray pinhole camera is proposed. A lens is used to focus X-rays, a pinhole camera is used to form and record an image of an object. The parameters of the Kumakhov lens were determined, and X-ray images of the test object were obtained.

Key words: X-rays, Kumakhov X-ray lens, pinhole X-ray camera.

Адрес для переписки: Дудчик Ю. И., ул. Курчатова, 7, г. Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: dudchik@bsu.by

Просвечивание материалов и изделий рентгеновскими лучами широко используется в технической диагностике для определения структурных особенностей последних. Для регистрации пространственного распределения рентгеновского излучения используется фотопленка или цифровая 2-D камера. Для формирования рентгеновского пучка используются различные элементы рентгеновской оптики, например пинхолы, многоэлементные преломляющие рентгеновские линзы, зонные пластинки. Пинхол представляет собой экран с отверстием. В качестве материала экрана используется, например свинцовая фольга, диаметр отверстия может быть выбран из интервала от 5 мкм до, например, 200 мкм. Пинхол-камера используется для получения изображения источников рентгеновского излучения и, как объектив микроскопа, для получения флуоресцентного изображения объектов, как это показано, например, нами в [1, 2].

На рисунке 1 показано полученное изображение фокусного пятна рентгеновской трубки БСВ-24 с использованием пинхола диаметром 200 мкм и цифровой рентгеновской камеры. Изображение источника излучения регистрировалось с помощью рентгеновской камеры Photonic Science. Размер рабочей области рентгеновской камеры составляет 18×12 мм², число пикселей равно 4008×2670 . Размер пикселя камеры составляет 4,5 мкм. При съемке объекта использовалась функция биннинга, которая позволяет объединять несколько пикселей камеры в один. Расстояние от источника излучения до фокусного пятна рентгеновской трубки – 175 мм, расстояние от пинхола

до камеры – 175 мм. На рисунке 1 также нанесена измерительная сетка, которая позволяет определить размер источника излучения. Экспериментально определенный размер источника излучения совпадает с паспортными данными рентгеновской трубки.

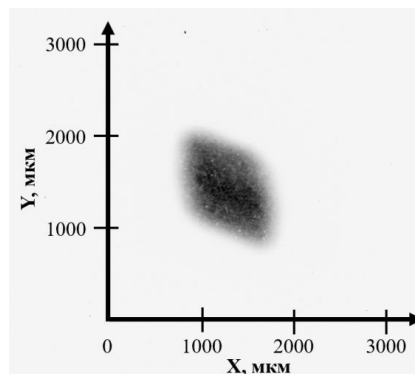


Рисунок 1 – Изображение фокусного пятна рентгеновской трубки и нанесенная измерительная сетка

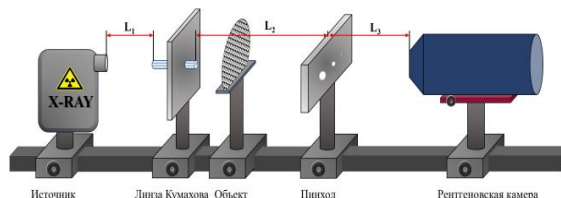


Рисунок 2 – Рентгеновский микроскоп с линзой Кумахова и пинхол-камерой

Для получения изображений объектов в рентгеновских лучах с использованием пинхол-ка-

меры и оптики Кумахова была реализована рентгенооптическая система, схема которой показана на рисунке 2.

Система содержит источник рентгеновских лучей, линзу Кумахова, пинхол и цифровую рентгеновскую камеру. Линза Кумахова использовалась для формирования сходящегося рентгеновского пучка. Линза содержит большое число стеклянных изогнутых микрокапилляров диаметром около 5 мкм. Выходная апертура линзы – 5,65 мм, входная – 3,5 мм. На рисунке 3 показана измеренная зависимость диаметра пучка рентгеновского излучения, сформированного линзой Кумахова, от расстояния между линзой и рентгеновской камерой. Диаметр пучка измерялся путем анализа изображения пятна, зафиксированного камерой.

Видно, что диаметр рентгеновского пучка уменьшается с ростом расстояния от линзы. Расстояние, где диаметр сфокусированного пучка минимальный, принимается за фокусное расстояние линзы Кумахова. Фокусное расстояние использованной линзы Кумахова для 8 кэВ фотонов (энергии характеристических фотон атомов меди-материала анода рентгеновской трубки) составляет 175 мм, диаметр рентгеновского пучка в фокусе линзы – 1,5 мм. Эксперимент проводился при следующих параметрах рентгеновской трубки: напряжение $U = 22$ кВ, ток $I = 8$ мА. Для рентгеновской камеры Photonics Science были заданы следующие параметры съемки: время экспозиции – 20 с, биннинг 2.

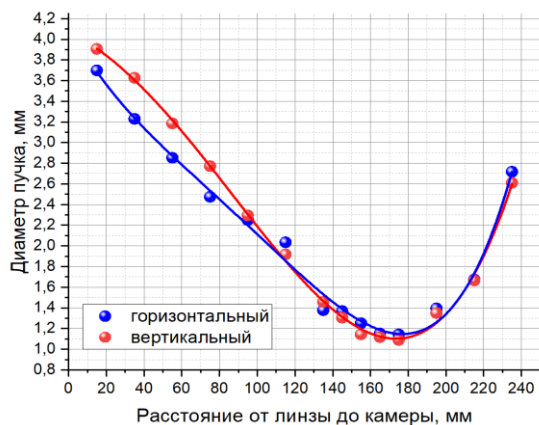


Рисунок 3 – Измеренная зависимость диаметра пучка рентгеновского излучения от расстояния между линзой Кумахова и рентгеновской камерой

Собрана и отъюстирована рентгенооптическая система, состоящая из рентгеновского источника, линзы Кумахова, пинхола и детектора Photonics Science. Расстояние от источника до линзы $L_1 = 152$ мм, расстояние от линзы до пинхола $L_2 = 175$ мм, расстояние от пинхола до детектора $L_3 = 175$ мм. Параметры рентгеновской трубки: $U = 22$ кВ, $I = 2$ мА, режим работы рентгеновской камеры: экспозиция 15 с, биннинг 2. Полученное

изображение рентгеновского источника в схеме экспериментальной установки с линзой Кумахова и пинхол-камерой показано на рисунке 4.

В качестве объекта исследования выбрана металлическая сетка с круглыми отверстиями, которая располагалась вплотную за линзой Кумахова (рисунок 2), диаметр отверстия в сетке равен 0,352 мм. Расстояние от пинхола до камеры $L_3 = 175$ мм. Параметры режима работы рентгеновской трубки: $U = 22$ кВ, $I = 8$ мА, режим работы рентгеновской камеры: экспозиция 30 сек, биннинг 4. Полученное экспериментальное изображение сетки приведено на рисунке 5.

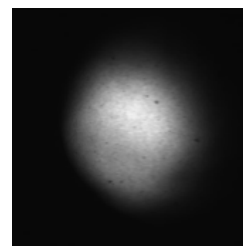


Рисунок 4 – Изображение рентгеновского пучка для системы с линзой Кумахова и пинхол-камерой

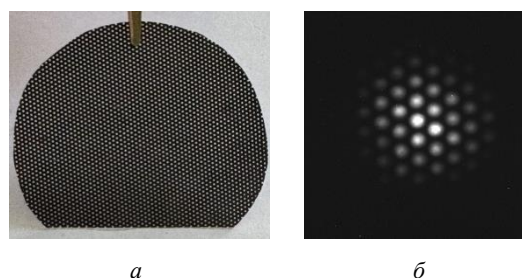


Рисунок 5 – Видимое изображение сетки (а) и рентгеновское изображение сетки (б) сформированное пинхол-камерой

Таким образом, проведенные исследования впервые показали возможность использования оптики Кумахова и пинхол-камеры для получения изображения объектов в рентгеновских лучах.

Благодарности. Работа частично поддержана Министерством образования Республики Беларусь в рамках задания 3.12 ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», подпрограмма «Техническая диагностика».

Литература

1. Дудчик Ю. И. Получение изображения источников рентгеновского излучения с использованием пинхол камеры [Текст] / Ю.И. Дудчик, И.Ю. Звягин // Приборостроение -2013: материалы 6-ой Межд. научно-техн. конференции БНТУ. – Минск, 2013. – С. 290 – 292.
2. Дудчик, Ю. И. Получение изображения объектов во вторичных рентгеновских лучах с использованием пинхол камеры / Ю. И. Дудчик, Г. И. Хилько, Ю. К. Ломашко // Приборы и методы измерений: научно-технический журнал. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 169–175.