

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ОБРАТНОРАССЕЯННЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИНХОЛ КАМЕРЫ

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета.
Минск, Республика Беларусь. dudchik@bsu.by

Показано, что пинхол камера может быть использована для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах.

Рентгеновские лучи широко используются для просвечивания изделий и материалов с целью определения внутренних неоднородностей. Комплекс аппаратуры для этих целей содержит источник рентгеновских лучей и цифровую камеру или фотопленку. Объект располагается между источником и камерой, изображение получается за счет того, что различные участки объекта по-разному поглощают рентгеновские лучи. Такое изображение называется тeneвым. В ряде случаев получить тeneвое изображение затруднительно из-за невозможности поместить камеру или фотопленку в требуемом месте. Поэтому в последние годы разрабатываются методики получения изображения объектов с использованием обратнорассеянных рентгеновских лучей.

Для получения изображения объекта в обратнорассеянных лучах объект сканируют узконаправленным рентгеновским пучком, а рассеянное излучение регистрируется детектором, который располагается со стороны источника излучения. Сканирование требует длительного времени. Перспективным видится разработка систем, в которых изображение объекта в обратнорассеянных рентгеновских лучах регистрируется с использованием двумерных ПЗС-камер.

Пинхол камера, или камера-обскура, является одним из элементов оптики видимого и рентгеновского диапазонов спектра, которые позволяют получать изображения объектов и источников излучения. Пинхол камера представляет собой отверстие радиусом R в непрозрачном для излучения экране, которое работает как объектив с пространственным разрешением порядка R . В области видимого излучения пинхол камера является, скорее, экзотическим элементом из-за малой светосилы, хотя существует целое направление в фотографии с использованием пинхол камеры в качестве объектива фотоаппарата. Основное преимущество пинхол камеры – отсутствие хроматических аберраций.

В области рентгеновского диапазона спектра пинхол камеры широко используются в качестве оптического элемента для получения изображения фокусного пятна рентгеновской трубки с пространственным разрешением около 5–10 мкм [1]. Ранее нами было показано, что с помощью пинхол камеры можно получать изображения объектов во вторичных (флуоресцентных) рентгеновских лучах, которые получают при освещении объекта излучением от рентгеновской трубки [2]. При этом было установлено, что пространственная разрешающая способность системы составляет около 200 мкм при экспозиции 60 с.

В данном сообщении показано, что пинхол камера может быть использована для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах. В этом состоит отличие результатов данной работы от результатов работы [2], где изображение объектов получается во флуоресцентных рентгеновских лучах.

Для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах был изготовлен стенд, включающий в себя рентгенооптическую систему на основе пинхол и двумерной ПЗС камер, структурная схема стенда показана на рисунке 1, фотография стенда представлена на рисунке 2.

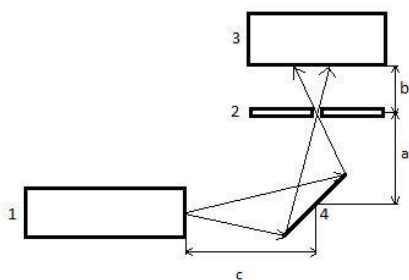


Рисунок 1 – Структурная схема стенда:
1- рентгеновская трубка; 2- пинхол камера; 3- рентгеновская камера; 4- объект исследования



Рисунок 2 – Фотография стенда (вид сверху):
1 – рентгеновская трубка; 2 – объект;
3 – пинхол камера; 4 – рентгеновская ПЗС-камера

В качестве источника рентгеновских лучей использовалась рентгеновская трубка БСВ-17 с медным анодом. Рабочее напряжение на аноде трубки – 32 кВ, анодный ток – 14 мА.

В качестве рентгеновской камеры для регистрации изображения использовалась ПЗС камера фирмы Photonic Science (модель FDI VHR). Камера содержит ПЗС матрицу, к которой присоединена волоконно-оптическая шайба с нанесенным сцинтиллятором на основе соединения $Gd_2O_2S:Tb$. Размер рабочей области рентгеновской камеры составляет 18×12 мм², число пикселей равно 4008×2670 , размер стороны пикселя составляет 4,5 мкм. При съемке объектов использовалась функция биннинга, которая позволяет объединять несколько пикселей камеры в один. Сигнал от выделенных пикселей суммируется. Использовалось значение биннинга, равное 8, что соответствует эффективному значению размера пикселя 36 мкм.

Изготовленная пинхол камера представляет собой свинцовую пластину с отверстием, диаметр которого равен 100 мкм. Толщина пластины выбрана равной 200 мкм, чтобы поглощать флуоресцентное и рассеянное от объекта рентгеновское излучение.

В исследованиях объект 2 (рисунок 2) облучался рентгеновскими лучами от рентгеновской трубки 1. Пинхол камера 3 располагалась между объектом и рентгеновской ПЗС камерой 4 так, чтобы сформировать на рентгеночувствительном окне камеры изображение объекта в обратнорассеянном рентгеновском излучении.

Во время эксперимента пинхол камера располагалась на расстоянии, $a = 30$ мм от объекта исследований и на расстоянии $b = 15$ мм от рентгеновской камеры. Таким образом, пинхол камера формировала уменьшенное в 2 раза изображение объекта.

В качестве образцов использовались игла, свинцовая и пластмассовая пластины с отверстиями, фотографии образцов показаны на рисунках 3, 5, 7. При облучении железной иглы рентгеновскими лучами от рентгеновской трубки с медным анодом возникает флуоресцентное рентгеновское излучение от атомов железа, которое и формирует изображение объекта на входном окне рентгеновской камеры. При облучении пластмассовой пластины рентгеновскими лучами флуоресцентное излучение приходится на мягкий диапазон спектра, и изображение объекта формируется за счет обратно рассеянных рентгеновских лучей. Для случая свинцовой пластинки, по-видимому, изображение объектов формируется как за счет флуоресцентного излучения атомов свинца (L-линия), так и за счет обратнорассеянного рентгеновского излучения.

На рисунках 4, 6, 8 показаны полученные изображения образцов во вторичных рентгеновских лучах. Экспозиция при съемке составляла 60 с.

Проведенная оценка пространственной разрешающей способности рентгенооптической системы методом анализа теневой картины от объекта, который испускает рентгеновские лучи показала, что пространственная разрешающая способность системы составляет от 200 до 500 мкм.

Работа поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, проект Ф16Р-070.



Рисунок 3 – Фотография иглы



Рисунок 4 – Изображение иглы во вторичных рентгеновских лучах

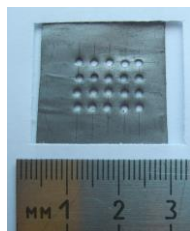


Рисунок 5 - Фотография свинцовой пластины с отверстиями

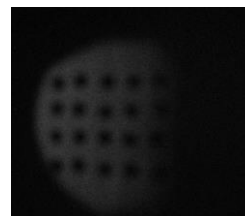


Рисунок 6 – Изображения свинцовой пластины с отверстиями в обратнорассеянных рентгеновских лучах

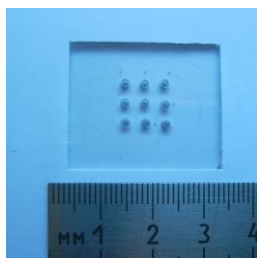


Рисунок 7 - Фотография пластмассовой пластины с отверстиями

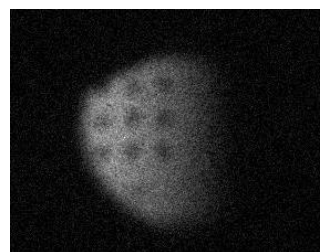


Рисунок 8 – Изображения пластмассовой пластины с отверстиями в обратнорассеянных рентгеновских лучах

Список литературы

1. Дудчик, Ю.И. Получение изображения источников рентгеновского излучения с использованием пинхол камеры [Текст] / Ю.И.Дудчик, И.Ю. Звягин // Материалы 6-ой Межд. научно-техн. конференции «Приборостроение -2013». БНТУ. – Минск, 2013. – С. 290-292.
2. Дудчик, Ю.И. Получение изображения объектов во вторичных рентгеновских лучах с использованием пинхол камеры [Текст] / Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, Ю.К. Ломашко // Приборы и методы измерений.- Т.7, № 2. – 2016. – С. 123-130.