

Получение рентгенофлуоресцентных изображений объектов с использованием КМОП-камеры с пинхолом

Д.А. Золотов¹, И.Г. Дьячкова¹, А.В. Бузмаков¹, В.Е. Асадчиков¹, С.В. Кузин², А.С. Кириченко²

¹ Отделение “Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова” Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники НИЦ “Курчатовский институт”

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

² Институт солнечно-земной физики СО РАН 664033 Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 126А

В настоящее время при изучении химического состава исследуемых объектов широкое развитие получили методы рентгеновской флуоресцентной микроскопии. Например, применение в качестве объектива пинхола с малым диаметром отверстия (камера-обскура) позволяет получать информацию о пространственном распределении различных химических элементов на площади в несколько квадратных сантиметров с пространственным разрешением на уровне 50–100 мкм [1]. После прохождения через пинхол рентгенофлуоресцентные фотоны, испускаемые исследуемым образцом, регистрируются позиционно-чувствительным детектором. Применение детекторов с зарядовой связью (ПЗС) или комплементарной структурой металл-оксид-полупроводник (КМОП) с их прямой регистрацией рентгеновских лучей и высокой чувствительностью по энергии позволяет проводить исследования химического состава с возможностью варьировать геометрическое увеличение. В отличие от поликапиллярной оптики камера-обскура имеет ряд преимуществ благодаря простоте юстировки, большому полю зрения и низкой стоимости изготовления.

Целью настоящей работы являлось разработка и тестирование детектора для получения изображения объектов во вторичных флуоресцентных рентгеновских лучах с использованием свинцового пинхола в качестве объектива и цифровой КМОП-камеры для последующей регистрации рентгеновского изображения.

Тестирование предложенной схемы проводилось на рентгеновском дифрактометре ДИТОМ-М (рис.1). Образец с заранее известным составом закреплялся на держателе и освещался полихроматическим пучком от рентгеновской трубки с молибденовым анодом типа БСВ-45. Двумерный детектор на основе КМОП-сенсора Sony с размером пикселя 1.85 мкм и свинцовым пинхолом располагался перпендикулярно падающему рентгеновскому пучку. Размер отверстия пинхола составлял 350 мкм. Расстояние «образец-детектор» подбиралось таким образом, чтобы геометрическое увеличение было однократным (рис. 2).

С целью регистрации одиночных флуоресцентных фотонов на детекторе снимались серии изображений от 500 до 1000 кадров с экспозицией 5 секунд. В результате с применением дальнейшей математической обработки были получены результирующие флуоресцентные спектры для ряда металлических объектов и кристаллов разного химического состава. Затем на их основе рассчитывалась зависимость, связывающая энергию вторичного флуоресцентного кванта с отчетами, регистрируемыми двумерным

детектором. Достигнуто пространственное разрешение на уровне нескольких десятков микрометров.

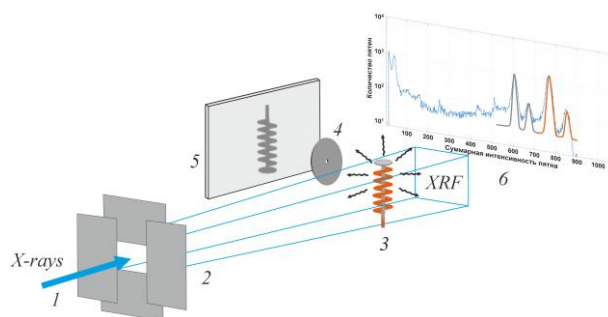


Рис. 1. Схема установки для получения рентгенофлуоресцентных изображений. 1 – источник рентгеновского излучения (рентгеновская трубка); 2 – блок щелей; 3 – объект исследования; 4 – пинхол из свинца; 5 – двумерная КМОП-камера; 6 – результат цифровой обработки.

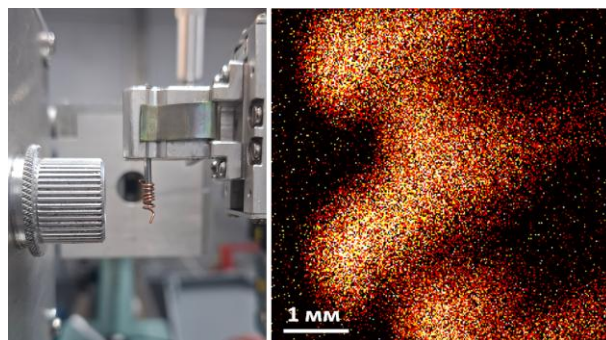


Рис. 2. Фотография детектора и исследуемого образца (слева); результирующее рентгенофлуоресцентное изображение (справа).

Таким образом, создан прототип прибора для получения двумерных флуоресцентных изображений, что создает задел для последующего трехмерного картирования по химическим элементам исследуемых объектов различной природы.

Работа проведена в рамках задания Министерства науки и высшего образования России (грант № 075-15-2025-458) (в части проектирования и изготовления двумерного детектора) и в рамках государственного задания НИЦ “Курчатовский институт” (в части получения и обработки рентгеновских изображений).

1. Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, Ю.К. Ломашко. Приборы и методы измерений, (2016), 7, 169-175.