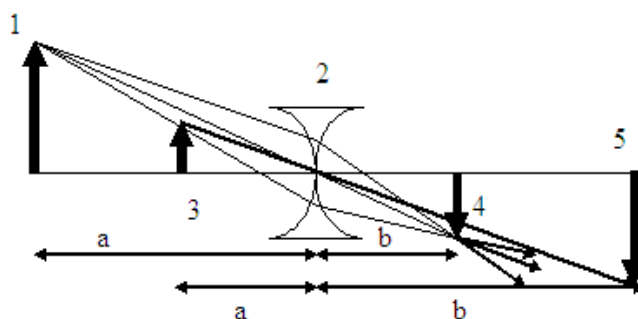


РЕНТГЕНОВСКИЙ МИКРОСКОП С УВЕЛИЧЕННЫМ ПОЛЕМ ЗРЕНИЯ

Описаны исследования по увеличению поля зрения рентгеновского микроскопа с объективом на основе многоэлементной преломляющей линзы. Для увеличения поля зрения микроскопа использована пластина из пористого оксида алюминия с наноразмерными порами, которая размещена между источником излучения и объектом.

Ранее нами было показана перспективность использования разработанных в НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ многоэлементных преломляющих рентгеновских линз в качестве объектива рентгеновского микроскопа [1-4]. В качестве источника излучения для освещения объекта может быть использована рентгеновская трубка или синхротронный источник излучения. Преимущество синхротронного источника излучения состоит в том, что, он является монохроматическим, недостатком микроскопа с таким источником излучения является небольшое поле зрения, ограниченное апертурой линзы. Ранее нами было показано, что пластинка из пористого оксида алюминия с наноразмерными порами рассеивает микропучок рентгеновского излучения [5]. Эта особенность пластинки была использована в данной работе для увеличения поля зрения рентгеновского микроскопа и уменьшения сферических aberrаций системы.

На рисунке 1 показана схема формирования изображения объекта в микроскопе с объективом на основе преломляющей рентгеновской линзы [1-4]. Рентгеновские лучи от источника излучения 1 фокусируются линзой в плоскости изображения источника, обозначенного на рисунке 1 цифрой 4. Если между источником и линзой поместить объект, то лучи, рассеянные объектом, будут сфокусированы линзой в плоскости изображения объекта, обозначенной цифрой 5.



1 – источник излучения; 2 – рентгеновская линза; 3 – объект; 4 – изображение источника;
5 – изображение объекта

Рисунок 1 – Схема формирования изображений объекта и источника излучения в микроскопе

Указанная рентгенооптическая схема была реализована нами на синхротроне NSRL в г. Хэфей (КНР) [4]. Микроскоп состоит из системы вывода синхротронного пучка, многоэлементной преломляющей линзы и рентгеновской камеры. В качестве объектива рентгеновского микроскопа использовалась линза, разработанная в НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ. Линза состоит из 147 двояковогнутой эпоксидной микролинзы с радиусом кривизны 50 мкм каждая. Длина линзы равна 20 мм, фокусное расстояние- 45 мм для фотонов с энергией 8 кэВ.

В качестве объекта исследования использовалась золотая сетка № 1500 с числом ячеек на один дюйм равным 1500, толщина проволоки составляет 6 мкм. В качестве рентгеновской камеры использовалась камера фирмы Photonic Science, модель X-ray

Fast Digital Imager. Число пикселей составляет 1380 x 1030, размер одного пикселя равен 6,45 мкм.

На рисунке 2 показано изображение сетки № 1500, полученное на синхротроне NSRL с использованием указанной выше линзы. Источник рентгеновского излучения находился на расстоянии 16 м до линзы, рентгеновская камера располагалась на расстоянии $b= 570$ мм до линзы, объект - на расстоянии $a= 49$ мм до линзы, увеличение $M = b/a$ при этом равнялось 11,6. Экспозиция- 300 с.

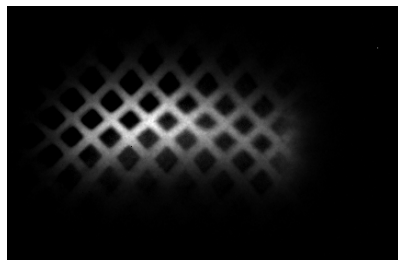


Рисунок 2 – Изображение сетки № 1500 в рентгеновских лучах, полученное на синхротроне NSRL с использованием рентгеновской линзы при увеличении $M= 11,6$

Как видно из рисунка 2 в поле зрения микроскопа попадает 5-9 квадратов сетки, размер одного квадрата составляет 19,93 мкм.

Для увеличения поле зрения микроскопа нами была изменена схема съемки объекта. Для этого между источником излучения и объектом в виде сетки № 1500 и на расстоянии 10 мм от нее была размещена пластинка из пористого оксида алюминия с наноразмерными порами. Толщина пластинки - 70 мкм. Диаметр пор в пластинке ~ 40 нм, плотность пор $\sim 1.2 \times 10^{10}$ см⁻². Поры проходят через пластинку насквозь, что было подтверждено полученной SEM- фотографией обратной стороны пластины.

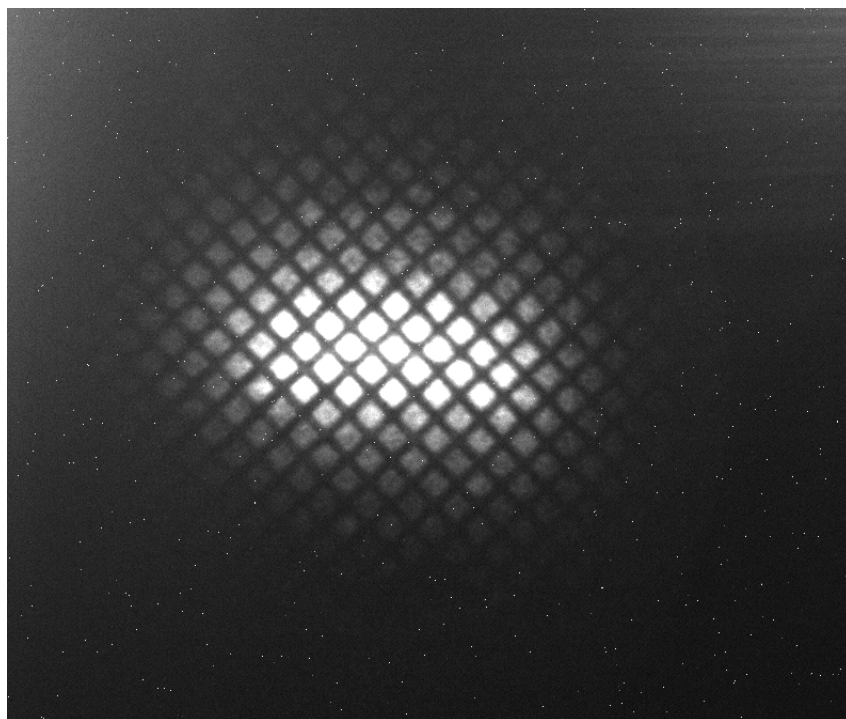


Рисунок 3– Изображение сетки № 1500 в рентгеновских лучах, полученное на синхротроне NSRL с использованием пластинки из пористого оксида алюминия в качестве рассеивателя рентгеновских лучей. Увеличение $M= 11,6$

На рисунке 3 показано изображение сетки № 1500, полученное на синхротроне NSRL с использованием пластинки из пористого оксида алюминия в качестве рассеивателя рентгеновских лучей. Увеличение, как и для случая, показанного на рисунке 2 составляет $M=11,6$. Как видно из рисунка 3, поле зрения микроскопа увеличилось примерно в 2 раза по сравнению со случаем, показанным на рисунке 2. Это связано с тем, что пластинка рассеивает рентгеновские лучи и в объектив попадает излучение в направлениях ранее недоступное для обозрения.

Таким образом, разработанная система на основе пористого оксида алюминия может быть использована в рентгеновской микроскопии для увеличения поля зрения.

Список литературы

1. Дудчик, Ю.И. Рентгеновский проекционный микроскоп с протяженным источником излучения и объективом на основе преломляющей линзы // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. – 2007.– №1– С. 32 - 38.
2. Using of a microcapillary refractive X-ray lens for focusing and imaging / Yu.I. Dudchik , F.F. Komarov , M.A. Piestrup, C.K. Gary, H. Park, J.T. Cremer // Spectrochimica Acta, 62B, (2007), P. 598 – 602.
3. Дудчик, Ю.И. Рентгеновский микроскоп на основе короткофокусной многоэлементной преломляющей линзы // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика.-2009.- №2– С. 38 - 43.
4. Рентгеновская микроскопия с использованием синхротронного излучения и элементов преломляющей рентгеновской оптики / Ю.И.Дудчик ,Ч. Хуанг, Б. Му, Т. Ванг, Г. Пан // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика.-2010.- №2– С. 38 - 43.
5. Дудчик, Ю.И. Рассеяние рентгеновских лучей на структурах с протяженными наноразмерными каналами [Текст]/ Ю.И. Дудчик, Л.А. Власукова, Ф.Ф. Комаров и др. // Материалы VII Международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом, ВИТТ-2007».–Минск, 2007.– С. 248 - 250.

X-ray microscope with compound refractive lens as an objective and synchrotron source is designed. To increase a field of view of the microscope porous alumina plate with nanosized pores was used. The plate could scatter parallel light to stray light. In result the field of view of the microscope was increased.

Дудчик Ю. И., заместитель директора по научной работе НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: dudchik@bsu.by.

Хуанг Ченгча, аспирант физического факультета Университета Тонгжи, Шанхай, КНР.

Му Баожонг, старший научный сотрудник Института точной оптической инженерии Университета Тонгжи, Шанхай, КНР

Ванг Тяньшан, профессор, директор Института точной оптической инженерии Университета Тонгжи, декан физического факультета Университета Тонгжи, Шанхай, КНР.

Пан Гуокуинг, профессор, заведующий лабораторией Источника синхротронного излучения, г. Хэфей, КНР.