

ФОКУСИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ПРОФИЛИРОВАННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЗЕРКАЛ

*В.В.Аристов, С.В.Гапонов, В.М.Генкин, Ю.А.Горбатов,
А.И.Ерко, В.В.Мартынов, Л.А.Матвеев, Н.Н.Салащенко,
А.А.Фраерман*

Впервые экспериментально получена фокусировка рентгеновского излучения, отраженного от многослойного интерференционного зеркала с профилированной поверхностью как для амплитудной, так и фазовой модуляции фронта рентгеновской волны.

Интенсивное освоение диапазона электромагнитного излучения с длинами волн от 1 до 200 Å на рубеже 1980-х годов стало возможно с появлением новых методов технологии микроразработки. Субмикронная технология и многослойные структуры позволили реализовать идеи создания элементов для фокусировки, передачи изображений, спектроскопии в мягком рентгеновском излучении. Развитие этих работ открыло возможность создания рентгеновских микроскопов и телескопов высокого разрешения, сканирующих методов фотоэлектронной спектроскопии.

Развитие дифракционных элементов рентгенооптики ведется в настоящее время по нескольким направлениям. Так, например, создание дифракционной оптики просвечивающего типа на зонных пластинках Френеля, киноформных линзах¹ и использование когерентных эффектов для передачи изображений с высоким разрешением^{2, 3} обусловлено применениями в микроскопии и литографии. Другим направлением является создание зеркальных дисперсионных элементов на основе многослойных структур^{4, 5}. Эти элементы также пригодны для фокусировки излучения, однако чрезвычайно жесткие требования к качеству поверхности подложки затрудняют получение малой величины фокального пятна.

Фокусировка излучения достигается с помощью квазипериодического рельефа на поверхности многослойного зеркала. Профиль поверхности показан на рис. 1. В качестве исходного многослойного зеркала была использована структура Ni - С.

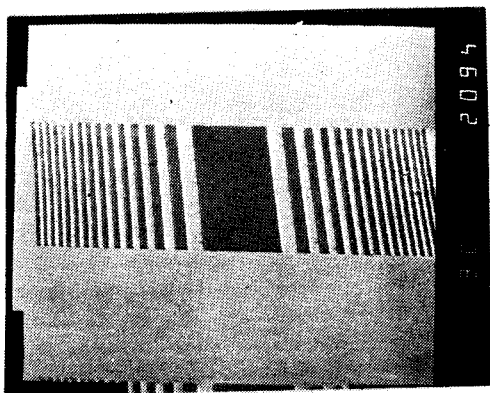
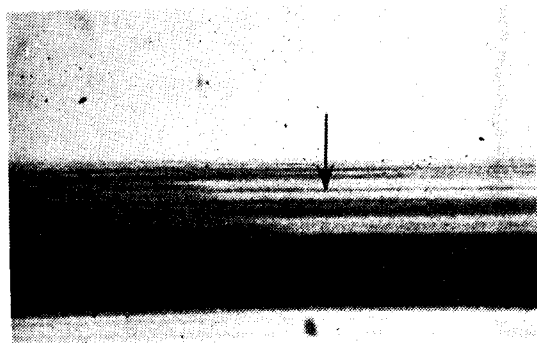
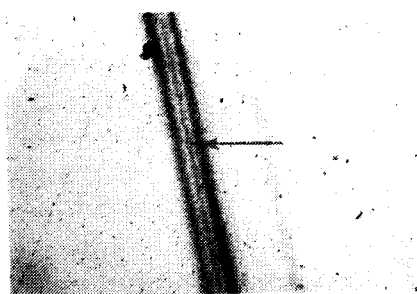


Рис. 1. Профиль поверхности многослойного зеркала



a



b

Рис. 2. *a* – Изображение в фокальной плоскости при амплитудной модуляции фронта рентгеновской волны; *b* – изображение в фокальной плоскости при фазовой модуляции фронта рентгеновской волны. Стрелкой отмечено положение фокальной линии

В качестве источника рентгеновского излучения использовалась рентгеновская трубка с линейным фокусом и анодом из Fe. Излучение трубки коллимировалось с помощью стандартного щелевого коллиматора с размером обеих щелей 50 мкм. На расстоянии 18 см от

коллиматора в ганиометрической головке устанавливалось зеркало с профилированной поверхностью. При размере центральной зоны рельефа 180 мкм и угла падения на поверхность зеркала $2 \div 2,2^\circ$ уменьшенное изображение щели наблюдалось на расстоянии 1,7 см от фокусирующего элемента. В качестве регистратора были использованы голографические пластинки "Микрат ЛОИ-2" с собственным разрешением 0,2 мкм.

На рис. 2 приведены полученные изображения в области характеристической линии спектра FeK α (а) при амплитудной модуляции, за счет создания профиля в зеркале, (б) фазовой модуляции, за счет нанесения на поверхность зеркала по четным зонам Френеля слоя золота $\sim 300 \text{ \AA}$, фронта рентгеновской волны. Размеры изображения щели ($\sim 6 \text{ мкм}$) соответствуют расчетному уменьшению оптической схемы эксперимента.

Приведенные результаты эксперимента демонстрируют возможность создания высокоэффективных фокусирующих монохроматоров в диапазоне мягкого рентгеновского излучения с помощью профилированных многослойных зеркал.

Авторы выражают благодарность Н.В.Горнаковой за изготовление фотошаблонов на установке электронно-лучевой литографии и проведение операции фотолитографии.

Литература

1. Ceglie AIP Conferens Proceedings №75 "Low- Energy X-Ray Diagnostics", Ed. Attwood P.T., Henko B.L., p. 124, 1981.
2. Aristov V.V., Erko A.I., Martynov V.V. Opt. Com., 1985, 53, 159.
3. Aristov V.V., Aoki S., Erko A.I., Kikuta S., Martynov V.V. Opt. Com., 1985, 56, 223.
4. Гапонов С.В., Гусев С.А., Платонов Ю.Я., Салащенко Н.Н. Искусственные многослойные отражающие и селективные элементы для мягкого рентгеновского излучения. Часть I. ЖТФ, 1984, 54, 747.
5. Ахсахалян А.Д., Гапонов С.В., Гусев С.А., Лучини В.И., Платонов Ю.Я., Салащенко Н.Н. Искусственные многослойные отражающие и селективные элементы для мягкого рентгеновского излучения. Часть II. ЖТФ, 1984, 54, 755.

Институт проблем технологии
микроэлектроники и особочистых металлов
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
25 июня 1986 г.