



**ВЫСОКОТОЧНАЯ
ДИАГНОСТИКА
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ:**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ
И СИНХРОТРОННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**



2023

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ПРОТЯЖЕННОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ОБЛАСТЕЙ В КОРОТКОПЕРИОДНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗЕРКАЛАХ

С. С. Сахоненков¹, Р. М. Смертин², Р. С. Плешков²,
В. Н. Полковников², Е. О. Филатова¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

²*Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород,
Россия*

e-mail: s.sakhonenkov@spbu.ru

Многослойные рентгеновские зеркала являются гибким инструментом для работы с рентгеновским излучением в широком диапазоне энергий: от экстремального ультрафиолета до жесткого рентгена. Данная гибкость обеспечивается за счет подбора оптимальной пары материалов слоев и их толщины для того или иного диапазона. Короткопериодные многослойные зеркала (с величиной периода менее 2—3 нм) используются для обеспечения работы рентгеновских микроскопов в диапазоне «окна прозрачности воды», каналов вывода синхротронного излучения и нейтронотводов, при проведении исследований высокотемпературной плазмы. Ключевым параметром многослойного зеркала, который определяет работу всей системы, является коэффициент отражения. На его величину влияет множество факторов, однако одним из основных является формирование переходных областей между слоями, которые приводят к уменьшению оптического контраста [1]. Стоит отметить, что в случае короткопериодных зеркал протяженность переходного слоя может быть сопоставима с номинальной толщиной исходных слоев, что может привести к уменьшению коэффициента отражения в разы. Переходные слои включают в себя межслоевую шероховатость, перемешивание слоев и образование химических соединений между ними. Их формирование происходит за счет перемешивания энергетичных налетающих атомов с атомами слоя-подложки при синтезе методом магнетронного

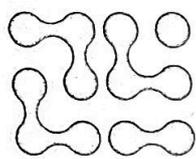
распыления и при взаимодиффузии слоев. Протяженность переходных слоев также может увеличиваться при нагреве зеркала по причине воздействия излучения большой мощности. Отсюда следует необходимость проведения детального исследования состава и протяженности переходных слоев в различных многослойных структурах для дальнейшего определения оптимального метода борьбы с формированием переходных слоев. Среди стандартных методов выделяют, как правило, использование ультратонких барьерных слоев [2], нитридизацию [3] и ионное ассистирование [4].

В данной работе рассматривается подход к исследованию состава и протяженности переходных областей в короткопериодных многослойных зеркалах с использованием методик рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии. Помимо этого, изучается влияние нагрева и введения тонких барьерных слоев на параметры переходных слоев, и как следствие, на отражательные характеристики зеркал.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 19-72-20125-П). Исследования методом РФЭС проводились на оборудовании ресурсного центра «Физические методы исследования поверхности» научного парка СПбГУ и станции НаноФЭС НИЦ «Курчатовский институт». Данные РД и ПЭМ были получены на оборудовании ресурсных центров «Рентгенодифракционные методы исследования» и «Нанотехнологии» научного парка СПбГУ.

Литература

1. Stearns D. G. The scattering of x rays from nonideal multilayer structures // J Appl Phys. — 1989. — Vol. 65, № 2. — P. 491—506.
2. Nicolet M.-A. Diffusion barriers in thin films // Thin Solid Films. — 1978. — Vol. 52, № 3. — P. 415—443.
3. Huang Q., Liu Y., Yang Y., Qi R., Feng Y., Kozhevnikov I. V., Li W., Zhang Z., et al. Nitridated Ru/B 4 C multilayer mirrors with improved interface structure, zero stress, and enhanced hard X-ray reflectance // Opt Express. — 2018. 3 Vol. 26, № 17. — P. 21803.
4. Spiga D., Pareschi G., Citterio O., Banham R., Basso S., Cassanelli M., Cotroneo V., Negri B., et al. Development of multilayer coatings (Ni/C-Pt/C) for hard x-ray telescopes by e-beam evaporation with ion assistance // Proceedings of SPIE / ed. Hasinger G., Turner M. J.L. — SPIE, 2004. — Vol. 5488. — P. 813.



ВДФМ 2023

СЕРТИФИКАТ

подтверждаем, что

Сахоженков Сергей Сергеевич

принял(а) участие с участием докладом
в III Всероссийской молодежной конференции
«Высокоточная диагностика функциональных материалов:
лабораторные и синхротронные исследования»

Председатель оргкомитета

С.Ю. Турищев

Воронеж
9-14 октября 2023

