

Многослойные структуры для зеркал гебелевского типа

К.В. Дуров, В.Н. Полковников, Н.И. Чхало, А.Д. Ахсаляян, Д.Г. Реунов, Е.С. Антюшин

Институт физики микроструктур РАН, 603951, Россия, Нижний Новгород, ГСП-105

Задача повышения эффективности коллимирующих и фокусирующих зеркал в области жесткого рентгеновского излучения ($\lambda \approx 0.1$ нм) появилась с начала работ Шустера и Гёбеля [1,2] и остается актуальной до сих пор [3,4]. Применение таких рентгенооптических элементов позволяет более чем на порядок увеличить интенсивность излучения в экспериментах по рентгеновской дифракции и малоугловому рассеянию. На сегодняшний день такими зеркалами оснащают многие современные аналитические приборы, например, дифрактометры ДРОН и Bruker.

В настоящей работе исследованы структурные характеристики и отражательная способность (рис. 1) различных зеркал, синтезированных методом магнетронного распыления: W/Si, NiMo/Si и NiMo/C.

Зеркала на основе NiMo/Si многослойной структуры не показали высокой отражательной способности. Полагается, что основные причины, которые приводили к снижению коэффициентов отражения данных зеркал – взаимная диффузия и образование химических соединений на границах раздела слоев.

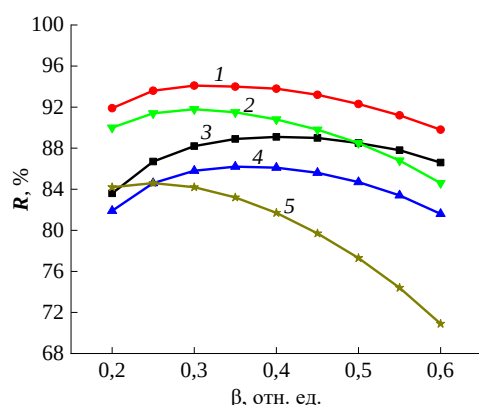


Рис. 1. Расчетные пиковые коэффициенты отражения на длине волны $\lambda = 0.154$ нм в зависимости от доли более «тяжелого» вещества в периоде многослойных структур Ni/C (1), NiMo/C (2), Ni/Si (3), NiMo/Si (4), W/Si (5); период $d = 4$ нм, число периодов $N = 100$, идеальные границы раздела слоев.

Методом реактивного магнетронного распыления с импульсной подачей азота в вакуумную камеру синтезированы зеркала NiMo/C с пиковыми коэффициентами отражения, превосходящими NiMo/Si и W/Si (рис. 2). Дополнительно проводился вакуумный отжиг NiMo/C до 320 °C, который приводил к росту коэффициентов отражения.

В работе приводится сравнение поперечных сечений интенсивности излучений, отраженных от гебелевских зеркал W/Si и NiMo/C. Результаты бы-

ли получены на стенде с рентгеновской трубкой дифрактометра ДРОН и стенде с острофокусной рентгеновской трубкой.

Также обсуждаются результаты моделирования подавления зеркалами W/Si и NiMo/C линии излучения Cu K β .

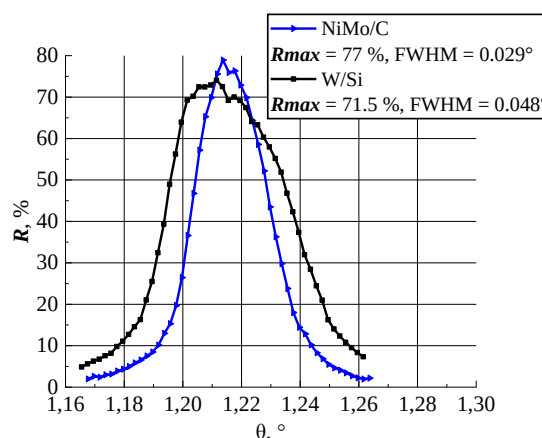


Рис. 2. Сравнение первых порядков отражения в центре рабочей области параболических гебелевских зеркал на основе многослойных структур NiMo/C и W/Si.

Продемонстрированная высокая отражательная способность NiMo/C зеркал позволяет утверждать, что их можно использовать как альтернативу широко используемой в мире паре материалов W/Si.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-72-30029-П.

1. M. Schuster, H. Göbel. J. Phys. D: Appl. Phys., 1995, 28, 270.
2. C. Michaelsen, P. Ricardo, D. Anders, M. Schuster, J. Schilling, H. Göbel. Advances in X-ray Analysis, 2000, 42, 308.
3. К.В. Дуров, В.Н. Полковников, Н.И. Чхало, А.А. Ахсаляян, И.В. Малышев. Журнал технической физики, 2024, 94, 8, 1280-1287.
4. К.В. Дуров, А.Д. Ахсаляян, И.В. Малышев, В.Н. Полковников, Н.И. Чхало. Журнал технической физики, 2025, 95, 9, 1808-1816.