

MODERN
XRAY
OPTICS

Школа молодых ученых
«Современная рентгеновская оптика - 2022»

Институт физики микроструктур РАН

2022

Труды школы молодых ученых «Современная рентгеновская оптика - 2022» (Нижний Новгород, 19-22 сентября 2022 г.)

Организаторы

Институт физики микроструктур РАН

Российский Научный Фонд

ООО «Интероптикс»

Организационный комитет

Салащенко Н.Н.

Чхало Н.И.

Полковников В.Н.

Пестов А.Е.

Зорина М.В.

Гарахин С.А.

Школа проводится при поддержке



РНФ <https://rscf.ru/>

Многослойная рентгеновская оптика дифракционного качества для перспективных задач физики, нанодиагностики и наноструктурирования конденсированного вещества.

Номер: 21-72-30029



ИФМ РАН <http://ipmras.ru/>



Xray-optics <http://xray-optics.ru/>



ООО «Интероптикс» <http://www.interoptics.ru/>



Современная рентгеновская оптика

12:50 – 13:10	<i>Антышева Г.Д.</i> Исследование термической стабильности периодических зеркал на основе бериллия методом комбинационного рассеяния
13:10 – 14:20	Обед
Дневное заседание Научные сообщения председатель: Малышев И.В.	
14:20 – 14:40	<i>Кольчевский Н.Н.</i> Анаберрационная поверхность преломляющей рентгеновской линзы
14:40 – 15:00	<i>Кольчевская И.Н.</i> Феникс линза
15:00 – 15:20	<i>Глаголев П.Ю.</i> Теоретический анализ формирования топологического рисунка методом рентгеновской литографии при использовании прозрачной маски
15:20 – 15:40	<i>Соломонов А.В.</i> Влияние барьерного слоя и температурного отжига на перемешивание слоёв многослойной структуры Cr/Sc
15:40 – 16:00	Кофе-брейк
Дневное заседание Научные сообщения председатель: Чхало Н.И.	
16:00 – 16:20	<i>Перекалов А.А.</i> Исследование эмиссионных спектров углеродсодержащих молекулярных газов в диапазоне длин волн 2,3-4,4 нм
16:20 – 16:40	<i>Гарахин С.А.</i> Лабораторные рефлектометры ИФМ РАН для исследования рентгенооптических элементов
16:40 – 17:00	<i>Шапошников Р.А.</i> Определение внутренних напряжений многослойных структур Mo/Si интерферометрическим методом
Закрытие	

19-22 сентября 2022 Нижний Новгород

Влияние барьерного слоя и температурного отжига на перемешивание слоёв многослойной структуры Cr/Sc

Соломонов А.В., Сахоненков С.С. Филатова Е.О..

Санкт-Петербургский государственный университет, ул. Ульяновская, д.1, Петродворец, Санкт-Петербург, Россия.

Многослойные рентгеновские зеркала на основе Cr и Sc используются в рентгеновской микроскопии биологических образцов в роли оптических элементов для длин волн в диапазоне 2.3-4.4 нм [1]. Из-за воздействия мощных потоков излучения данное приложение требует высокой термической и радиационной стабильности многослойных зеркал. Следствием воздействия излучения является нагрев и нарушение структурной целостности многослойных рентгеновских зеркал [2], что приводит к ухудшению их оптических характеристик.

В наших предыдущих исследованиях [3] анализ воздействия нагрева на структуру многослойных зеркал проводился методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Основным показателем деградации структуры являлось образование соединений, являющихся продуктами взаимодействия материалов слоёв. При отжиге на спектрах наблюдался рост компонент, отвечающих этим соединениям. Однако, Cr и Sc не взаимодействуют друг с другом, что заметно усложняет исследования и требует иных подходов.

На первых этапах работы были рассмотрены спектры тонких плёнок Cr и Sc с целью получить энергетическое положение и полуширины основных компонент. На следующем этапе был проведен анализ многослойной структуры Si/[Cr/Sc]₂₀₀ до отжига и отожжённой до 250, 350 и 450 °С. В неотоженном образце в Sc 2p спектре (самая информативная линия) присутствуют пики оксида скандия Sc₂O₃ и пики чистого скандия. Отжиг системы до 250 °С не приводит к существенным изменениям. Повышение температуры до 350 °С приводит к увеличению вклада металлического скандия и образованию карбида скандия ScC [4]. Карбиды образовывались в разных МИС!!! Отжиг до 450 °С приводит к дальнейшему росту пика, соответствующего металлическому скандию, его суммарный вклад в спектр составляет 45% (в неотоженном образце его вклад составлял не более 10%). Также в C 1s спектре мы можем наблюдать рост карбида скандия более чем на 40% относительно образца, отожженного до 350 °С. Объяснение такому увеличению компонент кроется в Cr 2p линии. При отжиге до 350 °С мы наблюдаем постепенный рост интенсивности пика, относящегося к Cr, однако при увеличении температуры до 450 °С происходит уменьшение интенсивности пика более чем в 4 раза. Это связано с поверхностной сегрегацией Sc на поверхность, в следствии чего мы видим резкое увеличение вклада соединений, содержащих скандий и уменьшение хрома.

Следующим этапом исследований было добавление в систему Cr/Sc барьерного слоя Be и Si. Введение барьерного слоя бериллия приводит к образованию дополнительного пика в спектре Sc 2p линии - бериллида скандия ScBe_x и увеличению вклада чистого скандия. Анализ спектров отожжённых образцов указывает на то, что бериллий в некоторой степени препятствует образованию карбида скандия до 350 °С. Следует отметить, что барьерный слой бериллия не препятствует поверхностной сегрегации скандия в процессе отжига.

Введение на межфазную границу системы Si/[Cr/Sc]₂₀₀ барьерного слоя Si приводит к образованию нового соединения ScSi_x. В процессе отжига системы обнаруживается образование незначительного содержания ScC и увеличение содержания Sc при 350 °С. Кремний в роли барьерного слоя препятствует поверхностной сегрегации скандия при отжиге до 450 °С.

Благодарности:

Ресурсному центру "Физические методы исследования поверхности" Научно-исследовательского парка Санкт-Петербургского государственного университета
Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-72-20125.

- [1] A. Guggenmos *et al.*, "Ion polished Cr/Sc attosecond multilayer mirrors for high water window reflectivity," *Opt. Express*, vol. 22, no. 22, p. 26526, Nov. 2014, doi: 10.1364/oe.22.026526.
- [2] M. Prasciolu, A. F. G. Leontowich, K. R. Beyerlein, and S. Bajt, "Thermal stability studies of short period Sc/Cr and Sc/B 4 C/Cr multilayers," *Appl. Opt.*, vol. 53, no. 10, p. 2126, Apr. 2014, doi: 10.1364/ao.53.002126.
- [3] A. U. Gaisin, A. V. Karataev, A. V. Solomonov, R. S. Pleshkov, N. I. Chkhalo, and E. O. Filatova, "Effect of annealing on the interface formation in Mo/Be multilayer structures without/with a barrier layer," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 23, no. 41, pp. 23978–23985, 2021, doi: 10.1039/d1cp03819b.
- [4] J. Zhou *et al.*, "Two-Dimensional Hydroxyl-Functionalized and Carbon-Deficient Scandium Carbide, ScC_xOH, a Direct Band Gap Semiconductor," *ACS Nano*, vol. 13, no. 2, pp. 1195–1203, 2019, doi: 10.1021/acsnano.8b06279.