# Кристаллическая структура слоев и переходных областей в нейтронных суперзеркалах [NixMoy/Ti]N

*Саяпина А.А., БугаевА.В., Конашук А.С.*

*Физический факультет СПбГУ, ул. Ульяновская, д. 3, г. Петергоф, Санкт-Петербург, 198504**E-mail: a.konashuk@spbu.ru*

Нейтронные методы диагностики играют ключевую роль в исследовании внутренней структуры и магнитных свойств конденсированных сред. Важным аспектом таких исследований является отражательная способность многослойных покрытий нейтроноводов, напрямую влияющая на интенсивность пучка нейтронов, в том числе при использовании суперзеркал на основе систем NixMoy/Ti. Эффективность данных структур сильно зависит от формирования протяженных переходных областей между слоями, возникающих вследствие интердиффузии атомов, химического взаимодействия и шероховатости границ, связанной с кристаллической структурой материалов. Данная проблема становится особенно острой для суперзеркал с ультратонкими слоями (единицы нанометров) и высоким параметром *m*, требующим точного контроля морфологии ультратонких слоев.

Целью данной работы было исследование кристаллической структуры слоев NixMoy и Ti, а также переходных областей в многослойных суперзеркалах в зависимости от толщины слоёв. Многослойные структуры NixMoy/Ti с толщиной слоев от 2 нм до 10 нм (для каждого образца номинальные толщины слоев NixMoy и Ti одинаковы между собой) были получены методом магнетронного распыления на установке «Диоген» (ПИЯФ им. Б.П. Константинова). В качестве подложек использовалось ультрагладкое стекло (Schott-AF32-ECO) SiO2 толщиной 0.4 мм. Данные рентгеновской дифракции были получены на дифрактометре Bruker D8 Discover (Научный парк СПбГУ).

Анализ полученных дифракционных кривых выявил наличие пиков Ni (111) и Ti (110), относящихся к кубической фазе никеля и титана, а также пиков относящихся к кристалитам соединений Ni-Ti. По формуле Шеррера [1] были рассчитаны размеры кристаллитов, соответственно, в слоях никеля и титана (табл. 1). Из представленной таблицы видно, что с увеличением толщины слоёв неодинаковым образом растёт размер кристаллитов. В случае титана размер кристаллитов Ti (110) для каждого образца в пределах погрешности составляет одинаковую долю от номинальной толщины слоя – то есть величина кристаллитов растёт пропорционально толщине слоя титана. В случае же кристаллитов Ni (111) их доля от номинальной толщины слоя никеля монотонно уменьшается с ростом толщины слоя никеля, начиная с 89% для толщины слоя 5 нм и приближаясь к тому же значению 65%, что и для слоёв титана, при толщине слоя 10 нм. Можно предположить, что в случае тонких слоёв с толщиной менее 10 нм протяжённость переходной области Ni-на-Ti превосходит соответствующее значение для границы Ti-на-Ni, но для проверки предположения требуются дополнительные исследования.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 24-72-10107.

*Таблица 1.* Рассчитанные размеры кристаллитов (±0,5 нм) и доля (±5 %) размера кристаллита от номинальной толщины слоя Ni или Ti для модельных многослойных структур стекло/[Ni0,95Mo0,05/Ti]N

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номинальная толщина слоёв, нм | Кристаллит | Размер кристаллита, нм | Доля от толщины слоя, % |
| 5 | Ni (111) | 4,4 | 89 |
| Ti (110) | 3,3 | 65 |
| 7,5 | Ni (111) | 6,0 | 80 |
| Ti (110) | 5,2 | 69 |
| 10 | Ni (111) | 6,6 | 66 |
| Ti (110) | 6,5 | 65 |

1. J. I. Langford and A. J. C. Wilson // J. Appl. Cryst. 1978. V. 11. P. 102-113.