

Список использованных источников

1. Takeda, Y. Phase Relation in the Oxygen Nonstoichiometric System, SrFeO_x ($2.5 \leq x \leq 3.0$) / Y. Takeda et al. // J. of Solid State Chemistry. – 1986. – Vol.63. – P. 237–249
2. Teraoka, Y. Oxygen permeation through perovskite-type oxides / Y. Teraoka et al. // Chem. Lett. – 1985. – P. 1743–1746.
3. Bahteeva, J.A. High-temperature ione transport in $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ / J.A. Bahteeva et al. // J. Solid State Electrochem. – 2004. – Vol.8. – P. 578–584.
4. Maignan, A. Magnetoresistance in the ferromagnetic metallic perovskite $\text{Sr}_x\text{FeCo}_x\text{O}_8$ / A. Maignan et al. // Solid State Sciences. – 2001. – Vol.3. – P. 57–63.
5. Taguchi, T. High Energy Ferrite Magnets / T. Taguchi et al. // Supplement au Journal de Physique III de mars. – 1997. – P. C1-311-C1-312.

Тульев В.В., к.ф.-м.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет,

Минск, Республика Беларусь

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СТРУКТУР Me/Al,
ПОЛУЧЕННЫХ ИОННО-АССИСТИРУЕМЫМ
ОСАЖДЕНИЕМ**

Ионно-лучевые технологии являются перспективными методами модифицирования свойств поверхности материалов [1, 2]. В процессе модифицирования в поверхностных слоях происходят сложные физико-химические процессы способные существенно изменить структуру и свойства поверхности [1, 2]. Изучение процессов, протекающих на поверхности при осаждении металлсодержащих покрытий в условиях ионного ассистирования, представляется важным для определения оптимальных условий получения покрытий с необходимыми свойствами. В работе предпринята попытка установить закономерности процессов взаимопроникновения элементов подложки и покрытия при осаждении тонких металлсодержащих покрытий и установления характера распределения элементов в приповерхностных слоях модифицированных образцов.

В данной работе на подложку из алюминия осаждались покрытия на основе Mo и W при ускоряющем напряжении $U = 7, 15, 20$ кВ и

плотности ионного тока $\sim 4\text{--}6 \text{ мкА/см}^2$. Интегральный поток ассистирующих ионов составлял $2 \cdot 10^{16}$ ион/см². В рабочей камере в процессе осаждения поддерживался вакуум $\sim 10^{-2}$ Па.

Изучение поверхности сформированных структур проходило методом резерфордского обратного рассеяния (РОР) ионов гелия. На основе метода РОР был определен элементный состав покрытий. Распределение элементов по глубине в приповерхностном слое строилось на основе данных РОР с использованием компьютерного моделирования.

Среднее зарядовое число Q^* в ионном пучке рассчитывалось по методике [3]. По среднему зарядовому числу определялась средняя энергия E_i ассистирующих ионов, величина которой была использована для расчета среднего проективного пробега R_p и страгглинга пробега ΔR_p ионов Mo^+ , W^+ в алюминии и коэффициентов распыления алюминия S_{Al} и металла S_{Me} ионами.

Спектры РОР ионов гелия от образца из образца из алюминия после осаждения покрытий на основе Мо при различных ускоряющих напряжениях U представлены на рисунке. На спектрах РОР полученных от Мо/Al-структур наблюдается сдвиг сигнала от атомов Al в сторону меньших каналов, что свидетельствует о наличии покрытия на поверхности образцов. Наблюдается изменение наклона сигнала от алюминия в области 110–120 каналов (спектры 2 и 3, рисунок) по сравнению со спектром от Al (спектры 1, рисунок). Изменение наклона сигнала от атомов Al происходит вследствие взаимопроникновения атомов покрытия и подложки при ионно-ассистируемом осаждении. Это свидетельствует о встречной диффузии атомов Al в покрытие и о диффузии атомов Мо (основы покрытия) в подложку. Изменение наклона сигнала от подложки на спектрах РОР структур Мо/Al- и W/Al-структур также говорит о различной глубине взаимопроникновения атомов покрытия и подложки.

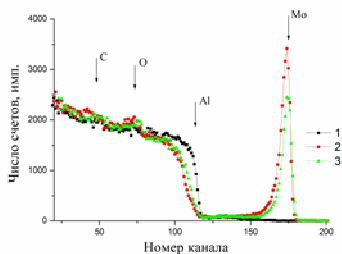


Рисунок – Спектры РОР ионов гелия от Al (1) и Mo/Al-структур (2, 3):

2 – $U = 15$ кВ, 3 – $U = 20$ кВ

Кроме этого на спектрах РОР от модифицированных образцов наблюдаются сигналы от атомов технологических примесей –

кислорода и углерода [2]. Появление С и О в покрытиях связано со спецификой работы ионного источника вакуумно-электродуговой плазмы. Источником С и О в осажденных покрытиях являются остаточные газы в вакуумной камере [2].

По спектрам РОР от алюминиевых образцов, до и после осаждения покрытий, были рассчитаны слоевые концентрации элементов покрытия. Данные приведены в таблице. Анализ слоевых концентрациях элементов сформированных покрытий показывает, что наибольшее количество молибдена и вольфрама в Mo/Al- и W/Al-структурах наблюдается при наименьшей энергии ассистирующих ионов ($U = 7$ кВ). Содержание атомов металла в покрытиях уменьшается при возрастании ускоряющего напряжения U , что можно объяснить ростом распыления формирующегося слоя при увеличении энергии ассистирующих ионов.

Анализируя содержание остальных элементов покрытия (С, О, Al) в модифицированных образцах, можно отметить, что при осаждении покрытий на основе Mo и W содержание углерода, кислорода и алюминия в модифицированных образцах по сравнению с исходным образцом уменьшается по мере увеличения ускоряющего напряжения U . Мы объясняем наблюдаемый эффект усилением распыления поверхности с ростом энергии ассистирующих ионов.

Таблица – Слоеые концентрации элементов в Mo/Al и W/Al

Структура	U , кВ	Слоеая концентрация компонентов, 10^{16} ат/см ²				
		С	О	Al	Mo	W
Al	–	14,0	2,5	–	–	–
Mo/Al	7	10,5	11,0	2,8	3,5	–
	15	8,6	8,8	1,6	2,7	–
	20	5,0	5,5	1,4	1,8	–
W/Al	7	14,0	6,0	1,8	–	2,5
	15	7,1	4,3	1,1	–	1,5
	20	2,8	3,1	0,7	–	0,8

При осаждении покрытий на основе Mo и W содержание кислорода в сформированных покрытиях выше, чем в исходном образце, хотя и уменьшается с ростом энергии ассистирующих ионов. В то же время содержания углерода в сформированных

покрытиях меньше, чем в исходном образце. При сравнении содержания кислорода в Mo/Al- и W/Al-структурах, полученных в одинаковых условиях, необходимо отметить, что количество кислорода больше в структурах Mo/Al. Установленное различие можно, по-видимому, связать с разной химической активностью Mo и W по отношению к кислороду.

Список использованных источников

1. Структура, термостойкость и микротвердость покрытий ZrO_2 , полученных разными методами / С.Г. Валухов [и др.] // Неорганические материалы. – 2016. – Т. 52. – № 4. – С. 457–463.

2. Анализ ядерно-физическими методами состава покрытий, нанесенных на Al осаждением Zr и W при одновременном облучении одноименными ионами / В.В. Тульев [и др.] // Физика и химия обработки материалов. – 1998. – № 4. – С. 33–36.

3. Implantation of titanium, chromium, yttrium, molybdenum, silver, hafnium, tantalum, tungsten and platinum ions generated by a metal vapour vacuum ion source into 440C stainless steel / J. Sasaki [et. al.] // Surf. Coat. Technol. – 1992. – Vol. 51. – P. 166–175.

**Чобот А.Н.¹, к.ф.-м.н., Латушко С.И.¹, Желудкевич Д.В.¹,
Сиколенко В.В.², к.ф.-м.н., Чобот Г.М.³, к.ф.-м.н., доцент,
Латушко Т.В.⁴, Карпинский Д.В.¹, к.ф.-м.н.**

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Минск,
Республика Беларусь

²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна,
Россия

³УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь

⁴УО «Белорусский государственный медицинский
университет», Минск, Республика Беларусь

**КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ
РАСТВОРОВ ФЕРРИТА ВИСМУТА
С ИОНАМИ-ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ ЖЕЛЕЗА**

Одним из условий инновационного развития АПК является использование новых функциональных материалов с улучшенными