

КОРРЕКЦИЯ ПРОФИЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПЫЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ДЛЯ АНАЛИЗА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. ЛОМЫГИН¹, Р.С. ЛАПТЕВ¹, И.А. ШУЛЕПОВ^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

Тонкопленочный анализ методами профилирования глубины основан на эрозии поверхностей в результате бомбардировки частицами с различной энергией, причем вещество непрерывно удаляется в зависимости от времени бомбардировки. Одним из таких методов является оптическая эмиссионная спектроскопия тлеющего разряда (GD-OES) [1]. Существуют методологические проблемы также возникают в профилировании глубины из-за физических и инструментальных артефактов, которые сопровождают ионное распыление ультратонких и тонких мультислойных покрытий [1], [2].

Мультислойное покрытие (МП) CrN/ZrN осаждалось методом магнетронного распыления на подложку из нержавеющей стали 08X18H10T. Общая толщина полученного покрытия составила 17 ± 1 мкм. МП Zr/Nb осаждалось методом магнетронного распыления Zr (чистота 99,99%) и Nb (чистота 99,99%) мишеней на подложку монокристаллического Si (100). Общая толщина полученных покрытий составила $1 \pm 0,1$ мкм, толщина индивидуальных слоев 25 ± 2 нм.

В GD-OES есть несколько путей корректировки спектров, первый – непосредственно подбор режимов распыления, второй – корректировка профилей распределения интенсивностей свечения элементов путем математических аппроксимаций, когда подбирается аппроксимирующая зависимость искажения профиля, в данном случае, использовалась экспоненциальная зависимость:

$$y = (y_0 + Ae^{R_0x}) + Z. \quad (1)$$

Для количественного анализа покрытий использовалась оже-спектроскопия (ОЭС). Концентрации определялись методом элементной чувствительности. Спектры в форме N(E) получены на модернизированном оже-спектрометре 09 – ИОС – 10 в ИФПМ СО РАН.

Профилирование по глубине для 25 ± 2 нм МП Zr/Nb изображено на рисунке 1.

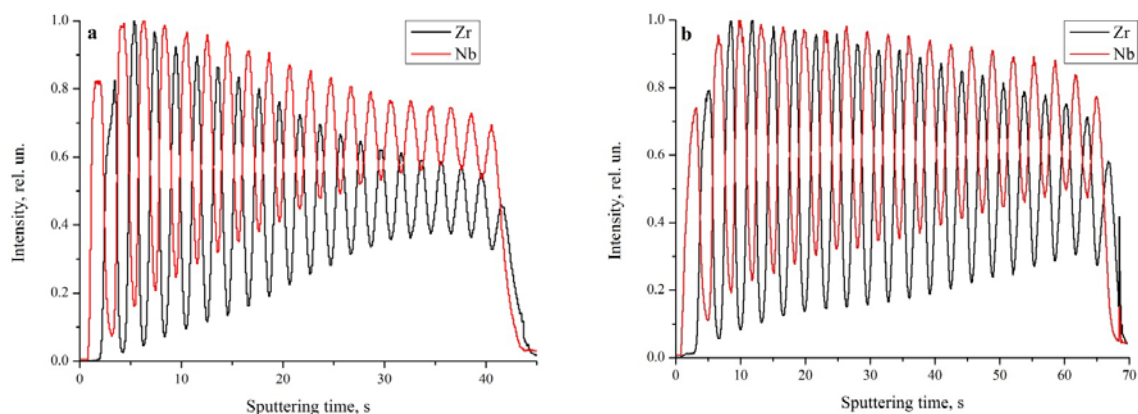


Рисунок 1 - Профили распределения элементов в МП Zr/Nb с толщиной индивидуальных слоев 25 ± 2 : а – исходный профиль, б – профиль после подбора режима распыления

Профилирование на рисунке 1, а и б производилось при следующих параметрах: мощность 20 и 40 Вт, давление 600 и 650 Па, частота импульсов 8 и 1 кГц, коэффициент

заполнения плазмы 50 и 25 %, соответственно. В результате качественного анализа химического состава покрытий, распределения слоев был получен исходный профиль распределения элементов в покрытии CrN/ZrN, изображенный на рисунке 2а. Как видно из рисунка 2а, интенсивности свечения элементов снижаются при приближении к подложке, что связано с различными физическими и инструментальными артефактами, одним из которых является «эффект кратера» [2]. Скорректированный профиль распределения изображен на рисунке 2б.

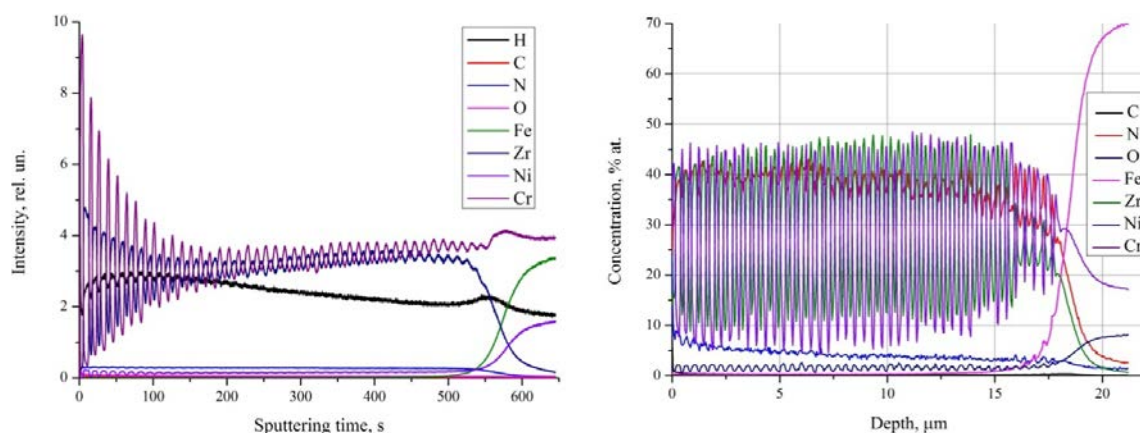


Рисунок 2 - Профили распределения элементов в МП CrN/ZrN: а – исходный профиль, б – скорректированный профиль

Как видно из рисунка 2б, интенсивности свечения каждого слоя одинаковые, что говорит об устранении влияния на профиль распределения элементов некоторых физических и инструментальных артефактов.

В результате данной работы была показана возможность устранения влияния на профиль распределения элементов некоторых физических и инструментальных артефактов путем двух разных корректировок, исходный спектр был скорректирован с помощью подбора режимов распыления и использования радиочастотного источника, следующий метод заключался в использовании экспоненциальной аппроксимации кривых свечения элементов исходного спектра.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № FSWW-2020-0017.

Список литературы

1. V. Hoffmann, R. Dorka, L. Wilken, V. D. Hodoroba, and K. Wetzig, “Present possibilities of thin-layer analysis by GDOES,” *Surf. Interface Anal.*, 2003, doi: 10.1002/sia.1575.
2. A. B. Tolstoguzov, “Multilayer thin-film coatings based on chromium nitride and aluminum nitride: Comparative depth profiling by secondary ion mass spectrometry and glow-discharge optical emission spectrometry,” *J. Anal. Chem.*, 2010, doi: 10.1134/S1061934810130101.