

Яценко І.В., Ващенко В.А., Колінько С.О., Бутенко Т.І.
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси,
Антонюк В.С. Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна,
Кириченко О.В. Інститут пожежної безпеки
ім. Героїв Чорнобиля Національного університету
цивільного захисту України, Черкаси, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ТА ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНЯХ ОПТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННО- ПРОМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Для підвищення зносостійкості, зниження радіаційної та конвективної складових теплових втрат на оптичні елементи точного приладобудування наносяться нанорозмірні оксидні покриття, що являють собою композиції оксидів SnO_2 , Bi_2O_3 , TiO_2 , ZnO , SiO_2 , Al_2O_3 .

Одним з методів отримання таких покриттів, що широко використовується, є метод термовакуумного осадження матеріалів, який дозволяє отримати нанорозмірні (< 100 нм) покриття у вигляді окремих шарів. При цьому отримані покриття є неоднорідними, містять приховані мікродефекти (тріщини, відколи тощо), поверхня містить значні мікрошорсткості та низьку мікротвердість тощо. Все це призводить до зниження функціональних характеристик цих покриттів: зменшується їх зносостійкість; скорочуються строки їх експлуатації тощо.

Для усунення вказаних недоліків та підвищення якості вказаних покриттів було використано їх фінішну електронно-променеву обробку. В результаті проведених досліджень на зразках з оптичного скла К8 (використовувались пластини довжиною $6 \cdot 10^{-2}$ м, шириною $3 \cdot 10^{-2}$ м та товщиною $4 \cdot 10^{-3}$ м) встановлено, що після електронно-променевої обробки оксидних покриттів не спостерігаються негативні мікродефекти, а мікрошорсткості зменшуються з 30–35 нм до 9–15 нм (рис. 1, 2).

Проведені дослідження мікротвердості поверхні оптичних елементів з оксидними покриттями показали її збільшення після електронно-променевої обробки: від 21,5–17,5 ГПа до 24,9–23,7 ГПа для покриття Al_2O_3 ; від 13,1–9,3 ГПа до 15,9–14,7 ГПа для покриття ZnO_2 ; від 3,5–2,3 ГПа до 7,1–6,3 ГПа для покриття TiO_2 (рис. 3). При цьому для

покривтів, які оброблені електронним променем, вплив їх товщини на величину мікротвердості поверхні послаблюється на 30–40%.

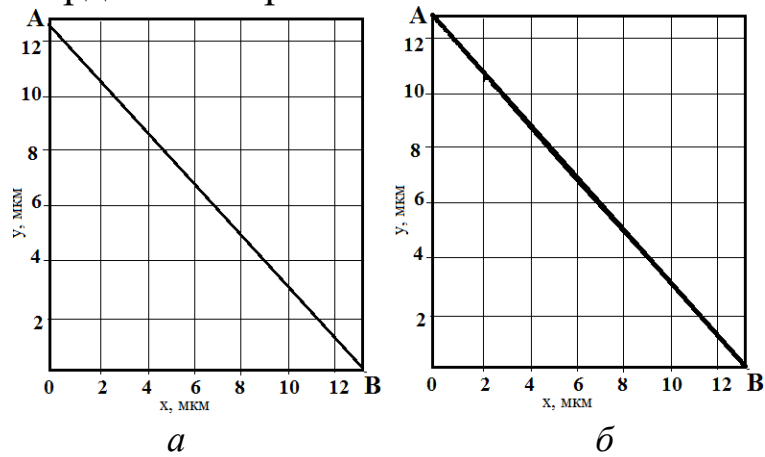


Рис. 1 – Топограма ділянки поверхні (13×13 мкм) оптичного елемента з покриттям TiO_2 до (а) та після (б) електронно-променевої обробки

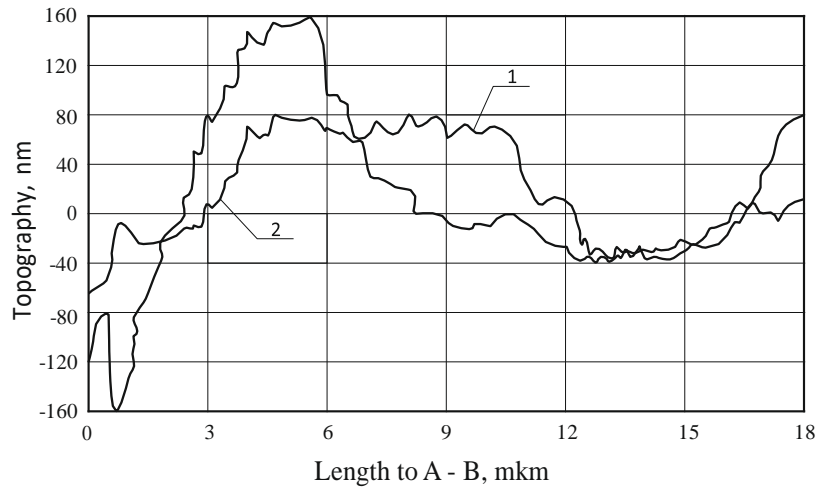


Рис. 2 – Топограма вздовж лінії А–В ділянки поверхні (13×13 мкм) оптичного елемента з покриттям TiO_2 до (1) та після (2) електронно-променевої обробки

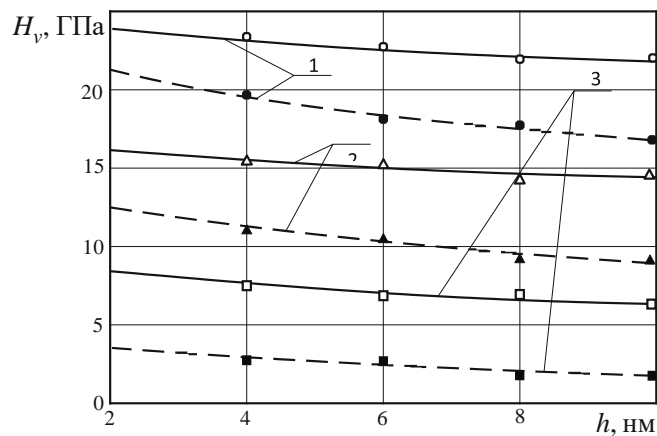


Рис. 3 – Залежності мікротвердості поверхні оптичних елементів з оксидними покриттями Al_2O_3 (1), ZrO_2 (2) та TiO_2 (3) від їх товщини:

————— – після електронно-променевої обробки; - - - - до електронно-променевої обробки; Δ , \circ , \square , \blacktriangle , \blacksquare , \bullet – експериментальні дані

Встановлено, що після електронно-променевої обробки оксидних покриттів на оптичних елементах строк їх експлуатації збільшується на 20–30%. При цьому зменшується на пористість поверхні 5–10% та підвищується на 7–12% їх зносостійкість.

Таким чином, отримані результати досліджень з функціональних характеристик нанорозмірних оксидних покриттів на оптичних елементах показали необхідність подальшого розвитку електронно-променевої технології у оптико-електронному приладобудуванні за вказаними напрямками.

Література

1. Vashchenko, V.A. *Osnovy elektronnoi pbrobky vyrobiv z optichnykh materialiv* [The basics of electronic processing of optical materials] / V.A. Vashchenko, I.V. Yatsenko, Y.G. Lega, O.V. Kirichenko.

– К. : Nauk. Dumka, 2011.

2. Okatov, M.A. *Spravochnik optika-tekhnologa* [Optician Technologist Handbook] / M.A. Okatov, E.A. Antonov, A.B. Baygozhin. – St. Petersburg: Polytechnic, 2004.

3. Yatsenko, I.V. / I.V. Yatsenko, M.A. Okatov, E.A. Antonov et al.

// *J. Nano- Electron. Phys.* – 2018. – 10(4). – 04028.

4. Yatsenko, I.V. / I.V. Yatsenko, V.S. Antonyuk, V.A. Vashchenko et al. // *J. Nano- Electron. Phys.* – 2019. – 011(2). – 02014.