

УДК 621.9.04

Коваленко Ю.І.¹, Бондаренко М.О.², Рева І.А.¹, Ващенко В.А.³,
Яценко І.В.², Канашевич Г.В.², Бойко В.П.¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОРСЬКОЇ ВОДИ НА МІКРОГЕОМЕТРІЮ ПОВЕРХНІ МЕТАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ НА ОПТИЧНОМУ СКЛІ К8

Проведені дослідження впливу морської води на мікрогеометрію поверхні металевих покриттів на оптичному склі К8 методом атомно-силової мікроскопії. Встановлено, що модифікація металізованих поверхонь оптичних виробів низькоенергетичним електронним потоком ($E \leq 6$ кеВ) суттєво знижує швидкість розвинення їхнього мікрорельєфу та призводить до руйнування цих поверхонь.

Ключові слова: мікрогеометрія, модифікація, електронний потік, мікрорельєф, ультразвукові коливання.

Коваленко Ю.И., Бондаренко М.О., Рева И.А., Ващенко В.А., Яценко И.В., Канашевич Г.В., Бойко В.П. Исследование влияния морской воды на микрогеометрию поверхности металлических покрытий на оптическом стекле К8. Проведены исследования влияния морской воды на микрогеометрию поверхности металлических покрытий на оптическом стекле К8 методом атомно-силовой микроскопии. Установлено, что модификация металлизированных поверхностей оптических изделий низкоэнергетическим электронным потоком ($E \leq 6$ кэВ) существенно уменьшает скорость развития их микрорельефа и приводит к разрушению этих поверхностей

Ключевые слова: микрогеометрия, модификация, электронный поток, микрорельеф, ультразвуковые колебания.

Yu.I. Kovalenko, M.O. Bondarenko, I.A. Reva, V.A. Vaschenko, I.V. Yacenko, G.V. Kanashevich, V.P. Boyko. Researches of influence of salt water on microgeometry of surface of metallicly coverage's on optical glass of K8. Researches of influence of salt water on microgeometry of surface of metallicly coverage's on optical glass of K8 by the method of atomic force microscopy were conducted. Modification of metal-backer surfaces of optical items substantially reduce speed of development of their microrelief the electronic stream of low energy ($E \leq 6$ keV) and results in destruction of these surfaces, it was set.

Keywords: mikrogeometry, modification, electronic stream, mikrosurface, ultrasonic vibrations.

Постановка проблеми. В останній час все більшого розповсюдження у навігаційних приладах та системах морських суден, плавучих заводів та платформ набувають елементи мікрооптики та інтегральної оптики виконані із оптичного скла, як-то: окремі мікролінзи та їхні растри, коліматори оптичних систем, оптичні фільтри тощо. До таких елементів висуваються більш жорсткі вимоги до якості поверхонь (суцільність та однорідність металевих покриття, залишкові мікронерівності не більші за 25 нм, повна відсутність нанодфектів – нанотріщин, борознин, точок) та високі техніко-експлуатаційних характеристик (довготривалість безперервної експлуатації, стійкості до перепаду температур в умовах агресивного середовища – морської води) [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі способи захисту таких поверхонь оптичних виробів докладно описані в роботах [2-4] і, в основному, полягають в нанесенні на такі металізовані поверхні захисних полімерних плівок або їхній хімічній обробці. Проте, такі Тому, для підвищення експлуатаційних властивостей способи обробки не дозволяють отримати оптичні вироби з необхідними техніко-експлуатаційними характеристиками, а також збільшують їхню

¹ здобувач, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

² канд. техн. наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

³ д-р техн. наук, проф., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

вагу та собівартість металізованих елементів мікрооптики та інтегральної оптики, колективом Міжнародного навчально-наукового Центру «Мікронанотехнології та обладнання» при Черкаському державному технологічному університеті було розроблено спосіб, який поєднує в одному технологічному циклі технологію нанесення тонких металевих плівок на плоскопаралельні пластини з оптичного скла марок К8 (К108, К208) з подальшою обробкою стрічковим електронним потоком та модернізоване обладнання на базі вакуумної установки УВН-71 [5].

Мета статті – дослідження впливу морської води на мікрогеометрію поверхні металевих покриттів на оптичному склі К8, модифікованих низькоенергетичним стрічковим електронним потоком із залученням методу атомно-силової мікроскопії.

Викладення основного матеріалу. В якості об'єктів дослідження використовувалися плоскопаралельні пластини 20×20×2 мм з оптичного скла К8 у кількості 30 шт. на одну з поверхонь яких резистивним методом проводилося осадження тонких металевих (Al, Ni, Ag, Cr, Cu) покриттів товщиною 500 нм з точністю ±5% (контроль товщини осаджуваних покриттів проводився за відомим методом [6]).

Половина із отриманих таким чином об'єктів (15 штук) підлягала обробці низькоенергетичним ($E \leq 6$ кеВ) електронним потоком стрічкової форми при питомій потужності $P_{\text{пит}} = 2 \cdot 10^3 \dots 3,5 \cdot 10^3$ Вт/см² та швидкості обробки $V_{\text{обр}} = 2,5 \dots 4$ см/с. Експерименти по впливу морської води на зміну мікрогеометрії досліджуваних об'єктів проводилися згідно ОСТ 1 90033-71. Вихідні зразки поділялися на п'ять груп по шість зразків в кожній (три – без обробки електронним потоком, ще три – після обробки електронним потоком за вищезазначеними режимами). Чотири групи зразків витримувалися в морській воді солонуватістю 10,8‰ (місце забору – м.Маріуполь) при температурі +20 °С на протязі, відповідно, 1 хв; 15 хв; 60 хв; 900 хв. Для відтворення умов агресивного середовища з одночасним впливом на досліджувані об'єкти механічної дії, ще одна група зразків витримувалися у резервуарі з морською водою при накладанні УЗ-коливань (30 кГц; 45 Вт) протягом 15 хв. Дослідження мікрогеометрії поверхонь зразків проводилися на приладі «NT-206» (виробник: ТДВ «Микротестмашины», м.Гомель, Білорусь) в лабораторії «Прикладної оптики та АСМ» МННЦ «Мікронанотехнології та обладнання». При цьому були використані кремнієві зонди «Ultrasharp CSC12» (виробник: «Mikrotomach», Німеччина). До складу приладу також входить система мікропозиціонування та вбудований оптичний довгофокусуєчий мікроскоп Logitech (виробник: «Logitech Inc», США) за допомогою яких здійснювалося позиціонування вимірювальної системи АСМ на окремі ділянки по поверхні зразка. Вимірювання мікрорельєфу поверхні зразків проводилося в статистичному режимі на ділянках поверхні, максимально 13×13 мкм, згідно розроблених в роботі [7] методик та рекомендацій (рис. 1-3).

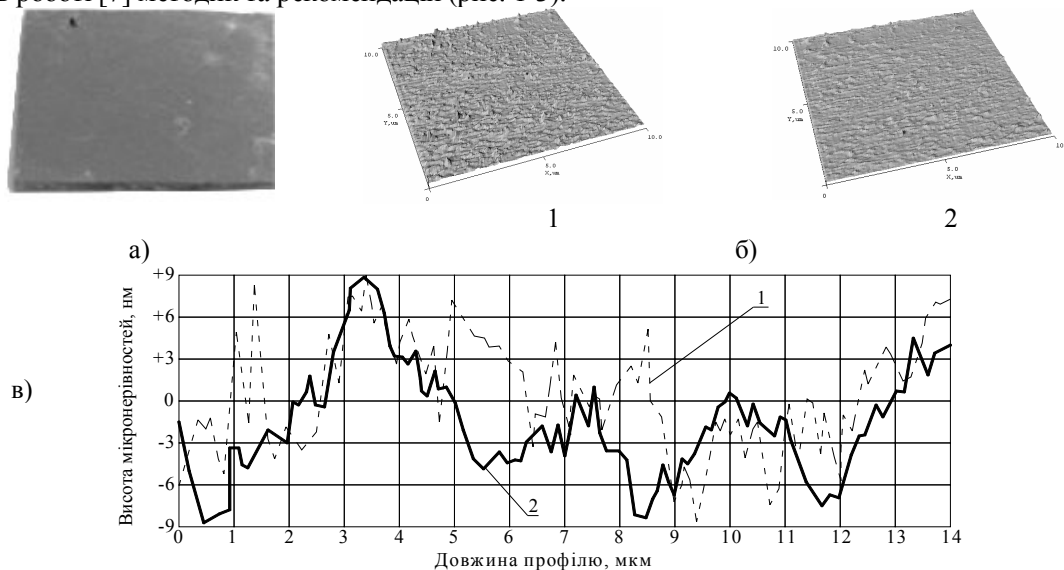


Рис.1 - Зовнішній вигляд (а), топограма (б) та профілографа (в) поверхні (площадка 10×10 мкм) пластини зі скла К8 (20×20 мм) з покриттям Al без модифікації (1) та з модифікацією (2) електронним потоком та подальшої витримки в морській воді на протязі 60 хвилин. NT-206V

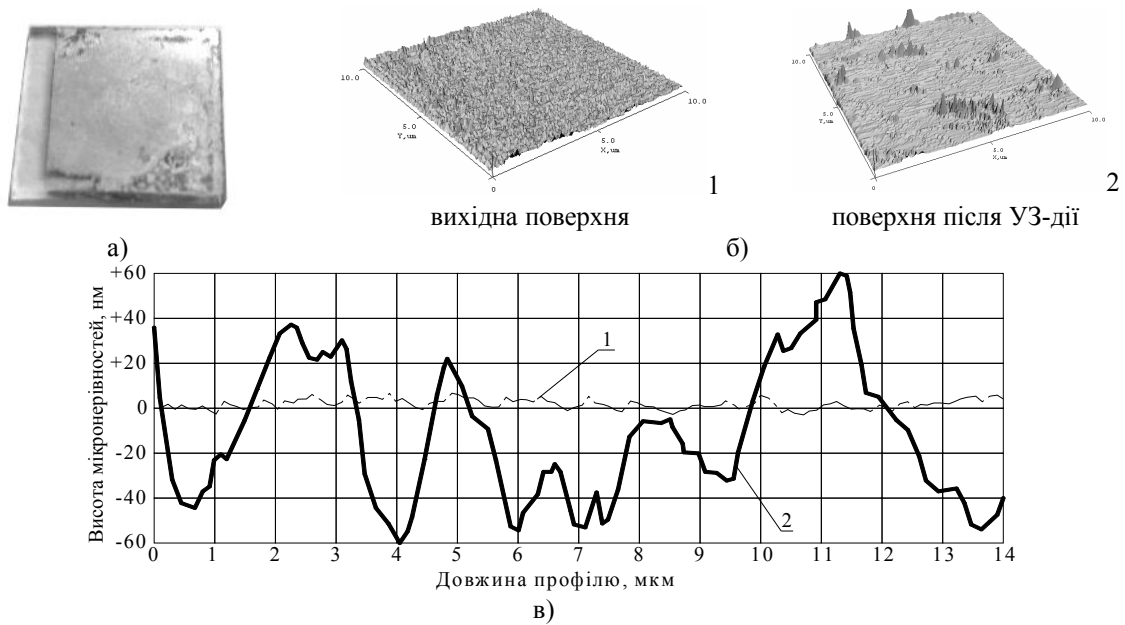


Рис.2 - Зовнішній вигляд (а), топограма (б) та профілографа (в) поверхні (площадка 10×10 мкм) пластини зі скла К8 (20×20 мм) з покриттям Al без модифікації поверхні електронним потоком до (1) та після (2) УЗ дії протягом 15 хвилин в середовищі морської води. NT-206V.

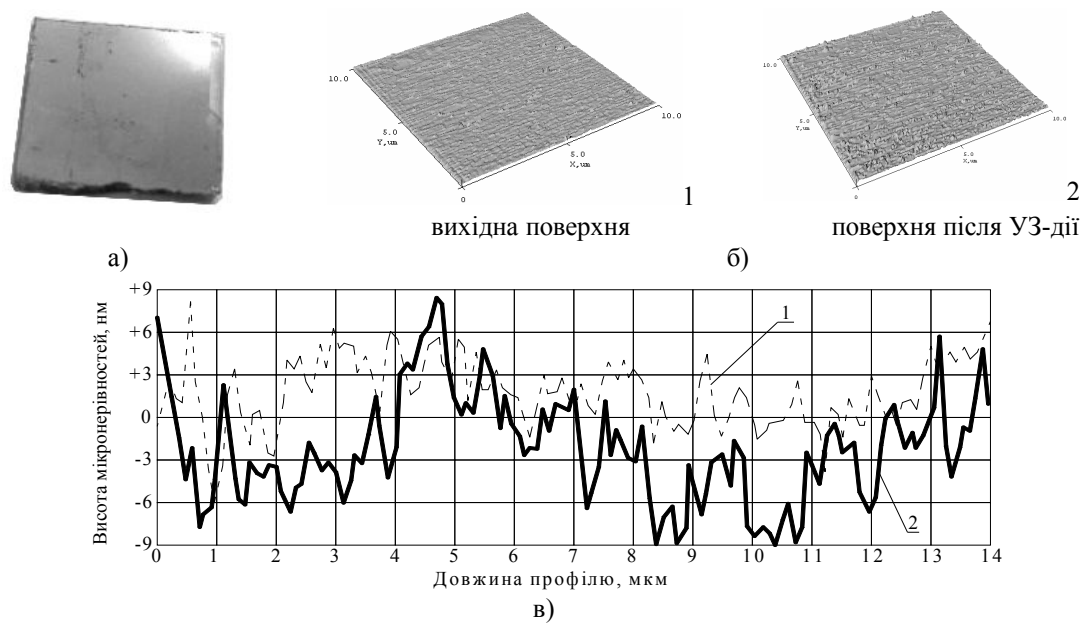


Рис.3 - Зовнішній вигляд (а), топограма (б) та профілографа (в) поверхні (площадка 10×10 мкм) пластини зі скла К8 (20×20 мм) з покриттям Al після модифікації поверхні електронним потоком до (1) та після (2) УЗ дії протягом 15 хвилин в середовищі морської води. NT-206V.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що без та при модифікації поверхонь зразків низькоенергетичним електронним потоком стрічкової форми та наступній витримці в морській воді протягом 1 хв; 15 хв та 60 хв, залишкові мікронерівності становили, відповідно, 16,8 нм; 17,3 нм; 17,8 нм – для зразків без модифікації та 15,3 нм; 17,1 нм; 18,0 нм – для модифікованих зразків, що не перевищувало граничних значень залишкових мікронерівностей (25 нм), які висуваються до цих виробів (вихідне значення залишкових мікронерівностей поверхонь цих зразків становило 15...17 нм) (рис.1, зразки 1, 2).

При цьому залишкові мікронерівності металізованих поверхонь оптичних зразків без електронно-променевої модифікації, витриманих в морській воді протягом 900 хв становили 27,9 нм, а після їхньої модифікації – залишилися на рівні 22,3 нм.

В той же час, дослідження профілограм поверхонь зразків дозволив встановити, що металізовані поверхні, які не були модифіковані електронним потоком є більш неоднорідні та містять певну кількість нанодефектів (рис.1,б (1), рис.1,в (1)) в порівнянні зі зразками, поверхні яких були модифіковані низькоенергетичним електронним потоком (рис.1,б (2), рис.1,в(2)), що, на нашу думку, є основною причиною пришвидшеної руйнації таких покриттів. Дослідження групи зразків, які витримувалися у морській воді при одночасній дії ультразвукового коливання (30 кГц; 45 Вт) дозволили встановити, що навіть при невеликому часу витримки (15 хв) за цих умов зразків не модифікованих електронним потоком, їхні залишкові мікронерівності збільшуються з 15...17 нм до 110...125 нм, а сама поверхня є неоднорідною та містить значну кількість нанодефектів (рис.2).

В той же час залишкові мікронерівності зразків модифікованих низькоенергетичним електронним потоком залишалися на рівні 15...18 нм (рис.3).

Висновки

1. При витримці в морській воді оптичних зразків з нанесеними на їхню поверхню металевими плівками протягом 1 хв; 15 хв; 60 хв та 900 хв, залишкові мікронерівності не перевищували, відповідно, 16,8 нм; 17,3 нм; 17,8 нм та 27,9 нм (вихідне значення залишкових мікронерівностей поверхонь цих зразків становило 16,7 нм), тоді як після обробки металізованих поверхонь цих зразків низькоенергетичним електронним потоком стрічкової форми їхні залишкові мікронерівності змінюються несуттєво (15 нм – вихідне значення мікронерівностей; 15,3 нм; 17,1 нм; 18,0 нм та 22,3 нм – відповідно, після 1 хв; 15 хв; 60 хв та 900 хв витримки) і не перевищують граничних значень залишкових мікронерівностей (25 нм), які висуваються до цих виробів.
2. Залишкові мікронерівності металізованих оптичних поверхонь не модифікованих електронним потоком вже через 15 хв витримки в морській воді при дії ультразвукового коливання (30 кГц; 45 Вт) збільшуються з 15...17 нм до 110...125 нм, тоді як після модифікації таких поверхонь низькоенергетичним електронним потоком змінення залишкових мікронерівностей не спостерігалось.

Список використаних джерел:

1. *Канашевич Г.В.* Спеціальні методи обробки оптичного скла / *Г.В. Канашевич, Д.І. Котельников, В.А. Ващенко* // Під ред. професора Д.І. Котельникова. – Чернігів: “Сіверська думка”, 2002. – 215 с.
2. Защитная пленка [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.sdi.ua/ru/articles.html>; Дата доступа – 2009 г.
3. Нанесение защитных покрытий на детали металлооптики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://abdullatip05.livejournal.com/1639.html>; Дата доступа – 29.11.2009 г.
4. Пат. 96105716/12 Россия, МКИ С03С25/10; В05С3/12. Способ нанесения покрытия на волокна и устройство для его осуществления / *Эббот Джон Стил III, Уилльямс Ричард Рид* (США); Заявл. 21.03.96; Оpubл. 10.01.02.
5. Пат. 4177 Україна, МКИ С03В29/00; Н01J37/305. Пристрій для електронно-променевого полірування виробів / *Г.В.Канашевич, Ю.І.Коваленко, М.О.Бондаренко, В.А.Ващенко, В.П.Бойко, М.П.Рудь, І.В.Яценко* (Україна); Заявл. 20.02.04; Оpubл. 17.01.2005; Бюл. №1.
6. Бондаренко М.О. Вимірювання товщини тонких композиційних покриттів в процесі їхнього осадження у вакуумі / *М.О. Бондаренко, Н.І. Божко, О.В. Котляр, П.І. Куриленко* // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування 2009: стан і перспективи», Київ, 28-29 квітня 2009. – С.122-123.
7. Ващенко В.А., Бондаренко М.О., Канашевич Г.В. та ін. Діагностика функціональних шарів у виробках мікрооптики і наноелектроніки, отриманих електронними технологіями // Звіт з НДР (заключний) / МОНУ; № ДР 0106U004500. — К., 2008. — 94 с.

Рецензент: Самотугін С.С.
д.т.н., проф. ПДТУ

Стаття надійшла 16.02.2010