

УДК 621.338.27:537.221

¹Яценко І.В., к.т.н., ²Антонюк В.С., д.т.н., ³Гордієнко В.І., д.т.н., ⁴Кириченко О.В., д.т.н.,¹Ващенко В.А., д.т.н., ⁵Холін В.В.¹Черкаський державний технологічний університет²Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”³Державне підприємство Науково-виробничий комплекс “Фотоприлад”⁴Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України⁵ПМВП “Фотоніка Плюс” м. Черкаси

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛАЗЕРНИХ МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ ШЛЯХОМ ФІНІШНОЇ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ ТОРЦЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ЇХ СВІТЛОВОДІВ

Для запобігання негативного впливу зовнішніх термічних впливів на надійність лазерних медичних приладів практичне значення має фінішна електронно-променева обробка поверхонь їх оптичних елементів, яка запобігає виникненню негативних дефектів на поверхні елементів, що призводять до різкого погіршення характеристик приладів та їх відмов при експлуатації.

Метою роботи є підвищення надійності лазерних медичних приладів шляхом фінішної електронно-променевої обробки торцевих поверхонь їх світловодів. Проведено експериментальні дослідження та встановлено критичні значення параметрів зовнішнього термовпливу (теплогового потоку і часу його впливу), перевищення яких призводить до утворення на торцевих поверхнях світловодів негативних дефектів (відшарувань, сколів, напливів тощо), що призводять до їх руйнування.

Встановлено оптимальні діапазони зміни параметрів електронного променя (густини теплового впливу $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$ і швидкості переміщення $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$), в межах яких спостерігається найбільш істотне покращення властивостей поверхневих шарів світловодів.

При цьому не відбувається утворення негативних дефектів на їх поверхнях, збільшується коефіцієнт пропускання ІЧ-випромінювання оптичними елементами в 1,4...1,6 рази, підвищується їх стійкість до зовнішніх термічних впливів у 2,5...3 рази, що дозволяє підвищити надійність лазерних медичних приладів при експлуатації в умовах інтенсивного зовнішнього термовпливу в 1,3...2,1 рази

Ключові слова: лазерні медичні прилади, оптичне скло, електронний промінь, тепловий вплив, надійність.

Вступ. Сучасні лазерні медичні прилади з циліндричними волоконно-оптичними світловодами в умовах експлуатації піддаються інтенсивним зовнішнім термовпливам – підвищені температури, швидкості нагріву тощо. У вказаних умовах на торцевих поверхнях та у поверхневих шарах світловодів приладів утворюються різні негативні дефекти (відшарування, сколи, напливи тощо), які призводять до їх руйнування. В результаті цього знижується надійність приладів при їх експлуатації [1 – 4].

Тому суттєвого значення набуває підвищення стійкості до зовнішніх теплових та механічних навантажень лазерних медичних прилади з циліндричними волоконно-оптичними світловодами.

Як показали експериментальні дослідження використання електронно-променевих методів фінішної обробки оптичних елементів дозволяє покращити фізико-механічні властивості поверхневих шарів торцевих поверхонь світловодів, підвищити їх стійкість до зовнішнього теплового впливу та надійність оптичних приладів [5 – 11].

Вплив електронно-променевої фінішної обробки на торцеві поверхні світловодів які експлуатуються в умовах зовнішніх термодій, що призводять до їх руйнування та погіршення надійності оптичних приладів досліджено недостатньо. Не встановлено оптимальні діапазони зміни параметрів електронного променя, в межах яких спостерігається найбільш суттєве покращення фізико-механічних властивостей поверхневих шарів волоконно-оптичних світловодів.

Метою роботи є підвищення надійності лазерних медичних приладів шляхом фінішної електронно-променевої обробки торцевих поверхонь їх світловодів.

Методики та установки для проведення досліджень.

Експериментальні дослідження впливу параметрів електронного променя на властивості

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

поверхневих шарів зразків з оптичного скла К8, К208 та БК10 проводили на плоских пластинах розміром $3 \cdot 10^{-2} \times 8 \cdot 10^{-2}$ м і циліндричних дисках діаметром $3 \cdot 10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ м та товщиною $4 \cdot 10^{-3} \dots 6 \cdot 10^{-3}$ м [8, 12].

Для цього використовували спеціалізоване електронно-променеве обладнання, на якому реалізувати стрічковий електронний промінь шириною $5 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-3}$ м, довжиною $6 \cdot 10^{-2} \dots 8 \cdot 10^{-2}$ м, швидкістю переміщення $V = 3 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-1}$ м/с та густиною теплової дії $F_n = 5 \cdot 10^6 \dots 9 \cdot 10^8$ Вт/м² [7, 8]

Моделювання зовнішніх термодій на оптичні елементи приладів при нормальних умовах ($P = 10^5$ Па, $T = 293$ К) виконували керованим ІЧ-нагрівом кварцовими лампами типу КГМ-220-1000-1 із застосуванням термодатчиків РИФ-101 для контролю температури на поверхні елементів в діапазоні 300...1900 К та зовнішніх теплових потоків в діапазоні $1,5 \cdot 10^5 \dots 2,3 \cdot 10^6$ Вт/м² [8].

Експериментальні дослідження структури поверхні та поверхневих шарів оптичних елементів проводили за допомогою відомих методів оптичної мікроскопії та мікрозондового аналізу, що включає растрову та скануючу мікроскопію (РЕМ), а також трансемісійну електронну мікроскопію (ТЕМ) і атомно-силову мікроскопію (АСМ) [13, 14].

Для оцінки надійності приладів в умовах інтенсивного зовнішнього термовпливу (підвищені швидкості нагріву тощо) застосовували стандартні методики випробування приладів, результати яких, згідно ДСТУ 3004-95, використовували для визначення коефіцієнта надійності, як критерія працездатності приладів при їх експлуатації [11, 15].

Результати досліджень та їх аналіз. Електронно-мікроскопічні дослідження зразків показали, що після стандартної механічної обробки залишається велика кількість дрібних дефектів (тріщин глибиною до 0,1...0,7 мкм, тонких подряпин довжиною до 2...5 мкм, пухирців, розміри яких складають $10^{-3} \dots 10^{-2}$ мкм тощо) [5, 14].

Встановлено, що вказані дефекти в умовах інтенсивного зовнішнього термовпливу (підвищені швидкості нагріву до 400 К/с) при деяких критичних значеннях зовнішніх теплових потоків q_n^* та часу їх впливу t^* отримують подальший розвиток, що призводить до руйнування зразків – з'являються відшарування, відколи, напливи та хвилеподібні поверхні, ділянки швидкого закипання тощо.

На рисунку 1 показано типові види руйнувань зразків з оптичного скла К8 та К108: для К8 - відшарування, які виникають при зовнішньому тепловому потоці $q_n^* = 3 \cdot 10^5$ Вт/м² і часі його впливу $t^* > 10$ с (рис. 1 а), відколи при $q_n^* = 1,5 \cdot 10^5$ Вт/м², $t^* > 14$ с (Рис. 1 б) та ділянки швидкого закипання при $q_n^* = 10^6$ Вт/м², $t^* > 4$ с (рис. 1 в), відповідно; для К108 – напливи, хвилеподібні поверхні отримані на зразках при зовнішньому тепловому потоці $q_n^* = 6 \cdot 10^5$ Вт/м² і часі його впливу $t^* > 6$ с (рис. 1 г).

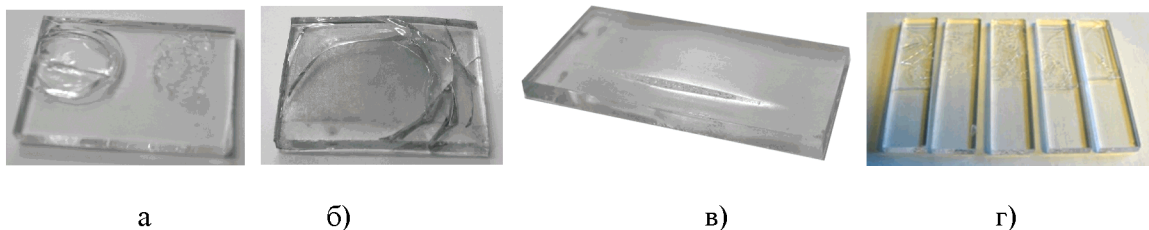


Рис. 1. Типові види руйнувань зразків з оптичного скла К8 та К208 від зовнішнього термовпливу: відшарування (а), відколи (б), ділянки швидкого закипання (в), хвилеподібні поверхні (г).

Встановлено, що після фінішної електронно-променевої обробки зразків дефекти, що залишаються на їх поверхні після механічної обробки при оптимальних значеннях параметрів електронного променя (густини теплової дії $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8$ Вт/м² та швидкості переміщення $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ м/с) найбільш суттєво видозмінюються: розміри пухирців (діаметри) на поверхні елементів зменшуються у 2...4 рази, мікрodefekти розміром менше 1...2 мкм не спостерігаються (рис.2, 3).

Таким чином в результаті обробки електронним променем поверхні зразків якби “очищуються”, дрібні дефекти усуваються. При цьому, площа, яку займали вказані дефекти,

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

зменшується в 1,8...2,7 рази при збільшенні F_n від $5 \cdot 10^6$ до $7 \cdot 10^7$ Вт/м² і зниженні V від $3 \cdot 10^{-2}$ до $7 \cdot 10^{-3}$ м/с, а залишкові мікронерівності на поверхні зразків вже не перевищують 0,5...1 нм.

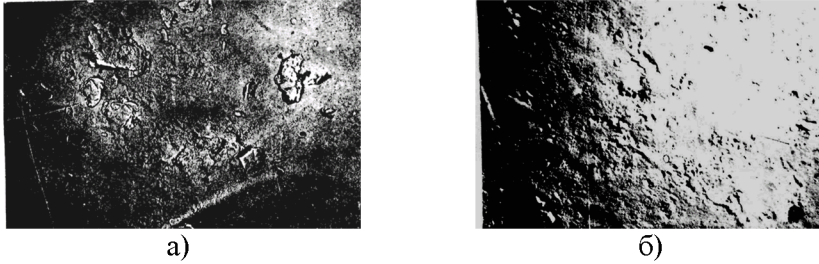


Рис. 2. Електронно-мікроскопічні знімки поверхні зразків з оптичного скла К8:
а) – поверхня після механічної обробки, $\times 3700$;
б) – поверхня після електронно-променевої обробки, $\times 4500$.

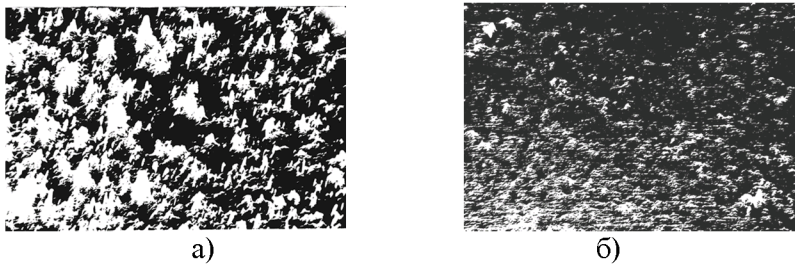


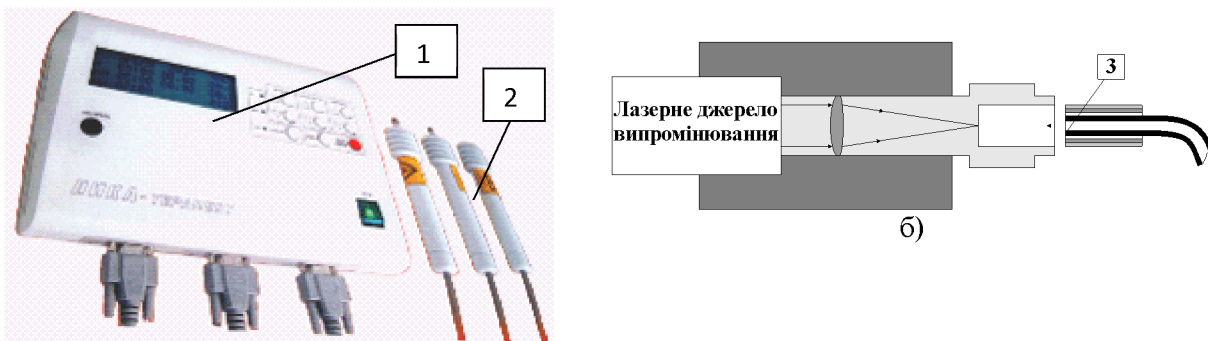
Рис. 3. Сканограми поверхні зразка з оптичного скла К208:
а) – до електронно-променевої обробки, Y-модуляція, $\times 610$;
б) – після електронно-променевої обробки, Y-модуляція, $\times 610$.

При цьому вказані руйнування оптичних елементів не спостерігаються, тобто відбувається підвищення їх стійкості до зовнішнього термічного впливу та збільшуються критичні значення зовнішніх теплових потоків q_n^* та термін їх впливу t^* у 1,5...2 рази.

Підвищення надійності лазерних медичних приладів при їх експлуатації в умовах інтенсивних зовнішніх термодій.

Лазерні медичні прилади при експлуатації піддаються зовнішньому термічному впливу, що призводить до утворення на торцевих поверхнях їх світловодів, через які вводиться випромінювання від зовнішнього лазерного джерела енергії, негативних дефектів (відшарувань, відколів тощо), які знижують їх стійкість до зовнішнього термовпливу та призводять до руйнування світловодів і як наслідок до зниження надійності медичних приладів при їх експлуатації [2, 4, 16].

На рисунку 4 а показано загальний вигляд лазерного терапевтичного приладу, що включає блок керування лазерним терапевтичним приладом (1) та виносний лазерний випромінювач (2); на рисунку 4 б - схема введення лазерного випромінювання у світловод, де (3) – торцева поверхня волоконно-оптичного світловоду.



а)

Рис. 4. Загальний вигляд лазерного терапевтичного приладу (а), схема введення лазерного випромінювання у світловод (б); 1 - блок керування лазерним терапевтичним приладом, 2 - виносний лазерний випромінювач, 3 - торцева поверхня волоконно-оптичного світловоду.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Схема фінішної термічної обробки торцевих поверхонь світловодів електронним променем показана на рис. 5, де діаметр торцевої поверхні світловоду складає $D = 7 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-3}$ м, густина теплової дії променю $F_n = 5 \cdot 10^6 \dots 7 \cdot 10^7$ Вт/м², його товщина $2b = 5 \cdot 10^{-4} \dots 8 \cdot 10^{-4}$ м) [1, 2, 8].

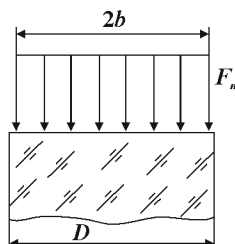


Рис. 5. Схема фінішної термічної обробки торцевих поверхонь світловодів електронним променем

Проведені експериментальні дослідження з нагріву торцевих поверхонь світловодів лазерних терапевтичних приладів тепловим потоком показали, що у випадку оброблених електронним променем торцевих поверхонь спостерігається у 1,4...2 рази менше їх руйнувань, ніж для необроблених торцевих поверхонь світловодів (табл. 1).

Вплив електронно-променевої обробки торцевих поверхонь світловодів з оптичного скла К8 лазерних терапевтичних медичних приладів оцінювали за кількістю руйнувань \bar{k} (%) в залежності від швидкості зовнішнього нагріву V_1 (К/с) за формулою:

$$\bar{k} = \frac{k}{k_0}, \quad (1)$$

де k_0, k – загальна кількість випробуваних світловодів та кількість світловодів, яка піддалась руйнуванню відповідно.

Таблиця 1

Результати впливу електронно-променевої обробки торцевих поверхонь світловодів лазерних терапевтичних медичних приладів на кількість їх руйнувань в залежності від швидкості зовнішнього нагріву

Швидкість зовнішнього нагріву V_1 , (К/с)	\bar{k} , %	
	До електронно-променевої обробки	Після електронно-променевої обробки
100...200	40...50	20...30
200...300	50...60	30...40
300...400	60...70	40...50

В результаті проведених експериментальних досліджень визначили коефіцієнт надійності, як критерій працездатності, лазерних медичних приладів при різних швидкостях зовнішнього нагріву, який визначався, згідно ДСТУ 3004-95, за формулою [15]:

$$W(V_1) = 1 - \frac{N(V_1)}{N_0}, \quad (2)$$

де $W(V_1)$ – вірогідність зберігання працездатності розглядуваних медичних приладів в умовах зовнішнього термовпливу; $N(V_1)$ – кількість приладів, які відмовили при заданих швидкостях нагріву (руйнування торцевих поверхонь світловодів медичних приладів приймалося за відмову приладів в цілому); N_0 – загальна кількість світловодів, підданих випробуванню.

На рисунку 6 показана вірогідність безвідмовної роботи лазерних медичних приладів в умовах зовнішнього термічного впливу при зміні швидкості зовнішнього нагріву торцевих поверхонь їх світловодів (від 100 К/с до 400 К/с) з оптичного скла К8 для не оброблених електронним променем поверхонь (1) і оброблених електронним променем (2) при густині теплового впливу $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8$ Вт/м² та швидкості переміщення $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ м/с.

Проведенні дослідження показали, що у випадку оброблених електронним променем торцевих поверхонь світловодів медичних лазерних приладів внаслідок підвищення їх стійкості до зовнішніх теплових і механічних дій, спостерігається у 1,4...2 рази менше їх руйнувань, ніж для необроблених торцевих поверхонь світловодів. Результати розрахунків дозволили

встановити, що збільшення швидкостей нагріву торцевих поверхонь світловодів медичних приладів, які реалізуються на практиці в реальних умовах їх експлуатації, призводить у випадку фінішної електронно-променевої обробки цих поверхонь до збільшення надійності вказаних приладів у 1,3...1,9 рази.

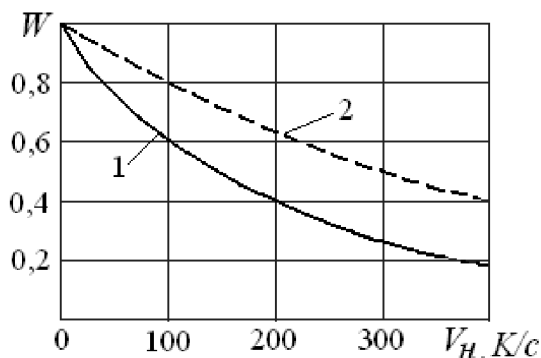


Рис. 6. Вірогідність безвідмовної роботи лазерних медичних приладів від швидкості зовнішнього нагріву торцевих поверхонь світловодів з оптичного скла К8: не оброблені електронним променем (1); оброблені електронним променем (2).

Отримані результати досліджень використано підприємством “Фотоніка Плюс” у виробничому процесі для покращення лазерних медичних приладів, які випускаються, а також для розробки нових приладів, що дозволяє збільшити працездатність, надійність та строк служби приладів при їх експлуатації з врахуванням впливу зовнішніх термодій (підтверджено актом впровадження від 15.06.2016 р.).

Висновки

- Вперше встановлено оптимальні діапазони зміни параметрів електронного променя (густини теплового впливу $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8$ Вт/м² та швидкості переміщення $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ м/с), в межах яких спостерігається суттєве покращення властивостей поверхневих шарів зразків з оптичного скла К8, К208 та БК10.
 - поверхня очищується від різних дефектів (подряпин, пухирців, дрібних тріщин тощо), що залишаються після стандартної механічної обробки, і стає атомарно-гладкою;
 - підвищується стійкість оптичних елементів до зовнішнього термовпливу: збільшуються критичні значення зовнішніх теплових потоків та час їх впливу у 1,5...2 рази.
- Вперше встановлено, що фінішна електронно-променева обробка торцевих поверхонь світловодів лазерних медичних приладів призводить до підвищення стійкості їх поверхневих шарів до зовнішнього нагріву і підвищує надійність приладів при їх експлуатації в умовах інтенсивного зовнішнього термовпливу у 1,3...1,9 рази.

Інформаційні джерела

- Шевченко В.Л. Современная концепция построения лазерных терапевтических аппаратов // Фотобиология та фотомедицина. – 1999. – Т. 2. – № 21. – С. 90 – 96.
- Москвин Г.В. Эффективность лазерной терапии. – М.: НПЛЦ “Техника”, 2003. – 256 с.
- Ващенко В.А. Тепловые процессы при электронной обработке оптических материалов и эксплуатации изделий на их основе / Ващенко В.А., Котельников Д.И., Лега Ю.Г., Краснов Д.М., Яценко И.В., Кириченко О.В. – К.: Наукова думка, 2006. – 368 с.
- Бонусь М.Н. Современные аспекты лазерной терапии / Бонусь М.Н., Гладкова А.И., Горбатюк С.А. и др. – Черкассы: Вертикаль, 2011. – 608 с.
- Бочок М.П. Спеціальні методи обробки оптичного скла. Навчальний посібник / Бочок М.П., Будко Н.П., Ващенко В.А., Канашевич Г.В., Котельников Д.І. – Чернігів: Чернігівський державний технологічний університет, 2001. – 215 с.
- Дубровская Г.Н. Получение функциональных слоев в оптическом стекле и керамике методом электронной обработки / Дубровская Г.Н., Канашевич Г.В., Ващенко В.А., Котельников Д.И., Яценко И.В. // Международный научно-практический симпозиум “Функциональные покрытия на стеклах”: Сборник докладов. – Харьков: НТЦ ХФТИ “Константа”, 2003. – С. 135 – 137.
- Яценко І.В. Дослідження залежностей енергетичних характеристик СЕП від його керованих параметрів при впливі на виробі мікрооптики і інтегральної оптики // Сб. “Труди Одесского политехнического университета”, 2009. – вып. 2(32). – С. 143 – 149.

8. Ващенко В.А. Основы электронной обработки виробів з оптичних матеріалів. Монографія / Ващенко В.А., Яценко І.В., Лега Ю.Г., Кириченко О.В. – К.: Наукова думка, 2011. – 562 с.
9. Yatsenko I. Influence of parameters by electronic ray on properties of superficial layers of optical elements of exact instrument-making / Yatsenko I., Antonyuk V., Bondarenko M., Vashchenko V. // International journal for science and innovations for the industry “Innovations in discrete productions”, YEAR III, ISSUE 1/2015, Sofia. – P. 13 – 15.
10. Яценко І.В. Попередження можливих руйнувань оптичних елементів точного приладобудування в умовах зовнішніх термодій / Яценко І.В., Антонюк В.С., Ващенко В.А., Цибулін В.В. // Журнал нано- та електронної фізики, 2016. – т. 8. – С. 01027 – 01032.
11. Yatsenko I.V. Experimental and statistical models of impact determination of the electron beam parameters on surface layers properties of optical elements in precision instruments building // “Pratsi. Odes'kyi politechnichnyi universytet”, 2016. – Issue 1(48). – P.P. 63 – 69.
12. Окатов М.А. Справочник оптика-технолога / Окатов М.А., Антонов Э.А., Байгожин А.Б. – СПб.: Политехника, 2004. – 679 с.
13. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия / Энгель Л., Клингеле Г. – М.: Metallurgiya, 1986. – 374 с.
14. Дубровська Г.М. Прилади застосування фізичних методів дослідження структури поверхні / Дубровська Г.М., Канашевич Г.В., Божко Н.І. – Сільхет: Шобуж Біпоні, Удоун Офсет Принтерс, 2007. – 248 с.
15. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними.
16. Основы теплоперенесения в элементах оптического приладобудування [Текст]: навч. посіб. // В.А. Ващенко, В.С. Антонюк, Г.С. Тимчик, та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 412 с

¹Яценко І.В. к.т.н., ²Антонюк В.С. д.т.н., ³Гордиенко В. И. д.т.н., ⁴Кириченко О. В., д.т.н., ¹Ващенко В. А., д.т.н. ⁵Холин В.В.

¹Черкасский государственный технологический университет

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

³ Государственное предприятие Научно-производственный комплекс "Фотоприбор"

⁴Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

⁵ПМВП "Фотоника Плюс", г. Черкассы,

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ ПУТЕМ ФИНИШНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ ТОРЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИХ СВЕТОВОДОВ.

Для предотвращения негативного влияния внешних термических воздействий на надежность лазерных медицинских приборов практическое значение имеет финишная электронно-лучевая обработка поверхностей их оптических элементов, которая предотвращает возникновение негативных дефектов на поверхности элементов приводящих к резкому ухудшению характеристик приборов и их отказам при эксплуатации.

Целью работы является повышение надежности лазерных медицинских приборов путем финишной электронно-лучевой обработки торцевых поверхностей их световодов. Проведены экспериментальные исследования и установлены критические значения параметров внешних термовоздействий (теплового потока и времени его воздействия), превышение которых приводит к образованию на торцевых поверхностях световодов негативных дефектов (отслоений, сколов, наплывов и др.), приводящих к их разрушению.

Установлены оптимальные диапазоны изменения параметров электронного луча (плотности теплового воздействия $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$ и скорости перемещения $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$), в пределах которых наблюдается наиболее существенное улучшение свойств поверхностных слоев световодов.

При этом не происходит образование негативных дефектов на их поверхностях, увеличивается коэффициент пропускания ИК-излучения оптическими элементами в 1,4...1,6 раза, повышается стойкость световодов к внешним термическим воздействиям в 2,5...3 раза, что позволяет повысить надежность лазерных медицинских приборов при эксплуатации в условиях интенсивных внешних термовоздействий в 1,3...2,1 раза.

Ключевые слова: лазерные медицинские приборы, оптическое стекло, электронный луч, термическое воздействие, надежность.

¹I. Yatsenko, ²V. Antonyuk, ³V. Gordienko, ⁴O. Kirichenko, ¹V. Vaschenko, ⁵V. Holin

¹Cherkassy State Technological University

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

³State Enterprise Scientific Production Complex "Photopribor", Cherkasy, Ukraine

⁴Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of National University of Civil Protection of Ukraine

⁵Private Small production enterprise "Photonics Plus",

INCREASE OF RELIABILITY OF THE LASER MEDICAL DEVICES BY THE FINISH OF ELECTRON BEAM PROCESSING OF THEIR END SURFACES OF OPTICAL FIBERS.

To prevent the negative impact of external thermal influences on the reliability of laser medical devices of practical importance is the finishing of electron-beam processing of surfaces of optical elements, which prevents the occurrence of defects on the surface elements, leading to a sharp deterioration in characteristics of devices and their failure during exploitation.

The aim is increase of reliability of the laser medical devices by the finish of electron beam processing of their end surfaces of optical fibers. Conducted experimental studies and established a critical value of the parameters of external thermo-influences (heat flux and time of influence), the excess of which leads to the formation on the surface of the negative elements defects (cracks, delamination's, spalls, nodules, etc.) leading to their destruction.

Installed the optimal ranges of the parameters of the electron beam (density of thermal effect $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$ and velocity of move $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$), within which observed the most significant improvement in properties of surface layers of optical elements.

Thus there is not formation of negative defects on their surfaces, increases in 1,4...1,6 times the transmittance of IR-radiation elements and increases their resistance to external thermal influences in 2,5...3 times. This allows: increase in 1,3...2,1 times the reliability of laser medical devices when operating in conditions of intense external thermo-influences.

Keywords: laser medical devices, optical glass, electron beam, external thermal influences, reliability.