

ВИСОКОЄФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

DOI: 10.20535/1970.68(2).2024.318195

УДК 004.4:621.373.826:681.7.068

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ОБРОБЛЕННЯ ОПТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

*Мацева С. М., Антоненко С. В.**Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна**E-mail: s.matsepa@chdtu.edu.ua; gremoryqq@gmail.com*

Розроблена комп'ютеризована система моніторингу параметрів електронно-променевого оброблення оптичних компонентів є сучасним рішенням для забезпечення точного контролю технологічних параметрів у реальному часі. Система базується на мікропроцесорному блоці керування, що забезпечує інтеграцію всіх компонентів через CAN-шину та високовольтний оптичний інтерфейс. Основними функціями системи є моніторинг напруги на катоді, модуляторі, струмі розжарення, електронного потоку та коригування цих параметрів у процесі оброблення. Завдяки адаптивному регулюванню система дозволяє досягти стабільності параметрів електронно-променевого оброблення, що підтверджено низьким рівнем відхилень напруги (до $\pm 2\%$) та рівномірністю нанесення плівкових покриттів (до $\pm 5\%$). Використання високовольтного оптичного інтерфейсу мінімізує втрати сигналу та підвищує точність передачі даних. Система легко інтегрується з комп'ютерними системами через USB-інтерфейс, забезпечуючи можливість підключення додаткових сенсорів для розширення функціональних можливостей. Результати апробації, проведеної на базі електронно-променевої установки УВН-71, продемонстрували значні переваги системи. Вона дозволяє зменшити дефекти поверхні, підвищити рівномірність оброблення та мінімізувати втрати оптичних матеріалів. Запропоноване рішення є критично важливим для виробництва високоякісних оптичних компонентів, які використовуються в сучасних комп'ютерних системах, забезпечуючи відповідність найсуворішим стандартам якості. Таким чином, розроблена комп'ютеризована система моніторингу сприяє оптимізації процесів електронно-променевого оброблення, підвищенню продуктивності та якості продукції, відкриваючи нові можливості для індустрії оптичних компонентів.

Ключові слова: *комп'ютеризована система, моніторинг, електронно-променево оброблення, оптичний компонент, мікропроцесорний блок керування, технологічний параметр.*

Вступ

Розвиток сучасних комп'ютерних систем нерозривно пов'язаний із забезпеченням високоякісних оптичних компонентів, які використовуються в їхньому складі.

Для досягнення необхідної точності, проводять електронно-променево оброблення таких оптичних елементів, що дозволяє досягати високого ступеня чистоти та гладкості поверхонь [1]. Проте, ефективність і якість цього процесу значною мірою залежать від здатності точно контролювати та проводити моніторинг ключових параметрів оброблення в режимі реального часу. В той же час, відсутність сучасних інструментів моніторингу веде до дефектів, які, у свою чергу, знижують продуктивність та підвищують вартість виробництва [2].

Актуальність дослідження проведеного в даній роботі обумовлена потребою у створенні авто-

матизованих систем моніторингу, які забезпечують високу точність контролю параметрів електронно-променевого оброблення, що є критично важливим для виробництва оптичних компонентів високої якості.

За даними [3], точний контроль параметрів дозволяє зменшити відхилення у процесі оброблення на 25–30 %, що сприяє оптимізації технологічного циклу. Крім того, стрімкий розвиток індустрії оптичних приладів та інтеграція нових технологій у комп'ютерні системи вимагають інноваційних підходів до оптимізації процесів оброблення [4].

Тому, розроблювана в роботі комп'ютеризована система моніторингу забезпечує точне вимірювання параметрів, аналіз та коригування процесу електронно-променевого оброблення, сприяючи підвищенню якості виробництва оптичних компонентів комп'ютерних систем.

Постановка проблеми

Основні виклики при моніторингу параметрів електронно-променевого оброблення (ЕПО) оптичних елементів оптичних вимірювальних систем включають контроль таких критичних показників, як температура робочої зони, інтенсивність електронного променя, швидкість сканування та вплив зовнішніх умов на стабільність процесу. Авторами роботи [5] показано, що у разі недосконалого моніторингу можуть виникати дефекти поверхні, нерівномірність оброблення або навіть пошкодження оптичних компонентів.

Наразі науковці з різних країн активно працюють над вдосконаленням моніторингових систем для ЕПО, пропонуючи інноваційні рішення. Розглянемо найбільш значущих фахівців в області прецизійного оброблення оптичного скла та проаналізуємо їхні роботи.

Так, Ксін Юань (Xin Yuan) досліджує системи лазерного in-situ моніторингу, які дозволяють оцінювати стан оброблюваної поверхні в реальному часі за допомогою лазерних променів. Він виявив, що такі системи забезпечують високу точність, але вимагають складного калібрування [6].

Фейбін Ву (Feibin Wu) розробляє методики оптичної інтерферометрії для виявлення мікроскопічних дефектів на поверхнях оптичних компонентів. Його підхід дозволяє фіксувати зміни в структурі поверхні, але обмежений у використанні за умов інтенсивного термічного впливу [7].

Джунгу Чой (Jungwoo Choi) працює над інтеграцією спектрального аналізу в системи моніторингу, що дозволяє визначати склад матеріалів під час оброблення. Хоча її методика добре підходить для хімічного аналізу, вона має обмеження в оцінці геометричних параметрів поверхні [8].

Жанкон Вен (Jiansong Wen) створює системи моніторингу на основі зображень з високою роздільною здатністю. Його дослідження показують, що такі системи дозволяють візуалізувати процес, але їхня швидкість недостатня для оперативного контролю параметрів у реальному часі [9].

Майкл Жорж Ліпсетт (Michael George Lipsett) працює над автоматизованими системами моніторингу, які інтегруються з роботизованими установками для ЕПО. Його розробки дозволяють автоматично коригувати параметри обробки в реальному часі, проте такі системи є вкрай дорогими для широкого впровадження [10].

Георгій Канашевич працює над розробкою вітчизняної системи моніторингу параметрів електронно-променевої обробки для застосування в промисловості України. Його дослідження спрямовані на створення доступних рішень з використанням локальних компонентів [11].

Проте, не дивлячись на інтенсивні дослідження в даному напрямку наукової роботи, багато існуючих систем моніторингу параметрів ЕПО мають певні обмеження. Зокрема, використання

лазерних систем in-situ моніторингу потребує складного калібрування, а оптична інтерферометрія має обмеження в умовах термічного впливу. Комбіновані методи, такі як інтеграція спектроскопії та інтерферометрії, демонструють високу точність, але вимагають значних обчислювальних ресурсів, що ускладнює їх широке застосування. Крім того, автоматизовані системи, хоча й забезпечують високу адаптивність, залишаються надто дорогими для масового використання, особливо в країнах із обмеженим доступом до фінансування.

У цьому контексті розроблення нової інтегрованої комп'ютеризованої системи моніторингу стає задачею актуальною. Така система має поєднувати високу точність, швидкість і доступність, враховуючи специфічні потреби сучасного виробництва оптичних компонентів.

Метою статті є розроблення та впровадження інтегрованої комп'ютеризованої системи моніторингу параметрів електронно-променевого оброблення, що забезпечуватиме високу точність, швидкість і адаптивність контролю параметрів електронно-променевого оброблення для досягнення оптимальної якості оптичних компонентів і зниження дефектів виробництва.

Отже, запропонована розробка відкриває нові можливості для вдосконалення процесів електронно-променевого оброблення та покращення якості оптичних компонентів комп'ютерних систем.

Порядок розроблення комп'ютеризованої системи моніторингу

Розроблення комп'ютеризованої системи моніторингу полягає в інтеграції параметрів електронно-променевого оброблення оптичних компонентів комп'ютерних систем для забезпечення автоматизованого контролю процесу ЕПО. Така система дозволить значно підвищити ефективність виробництва, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити відповідність найсуворішим вимогам до якості оптичних компонентів комп'ютерних систем [12].

Так, технологічне обладнання, що використовується для процесу оброблення оптичних матеріалів, повинно відповідати наступним вимогам:

- забезпечити стабільність встановлених технологічних режимів ЕПО в кожному технологічному циклі;
- забезпечити можливість контролю та управління технологічними параметрами при комбінованій переробці;
- забезпечити високу продуктивність при обробленні оптичних виробів за один технологічний цикл;
- вакуумна система установки повинна бути здатна генерувати максимальний вакуум у діапазоні від 10^{-6} до 10^{-7} мм рт. ст. та робочий вакуум 10^{-5} – 10^{-6} мм рт. ст. протягом повного циклу оброблення;
- система розігріву зразка повинна гарантувати робочу температуру до 1100 К;

- безперебійна робота протягом усього вакуумного циклу;
- бути забезпечена системою регулювання та вимірювання температури зразка шляхом цифрової індикації заданої та фактичної температур нагріву з точністю ± 3 K; при цьому, має здійснюватися автоматичне підтримання температури з відхиленням не більше ± 3 K від заданої;
- забезпечити економічність, надійність, зручність у використанні, якісне оброблення з високою повторюваністю, дотримання екологічної чисто-

ти виробництва, безпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

Задля дотримання вищенаведених вимог, авторами проведено розроблення комп'ютеризованої системи моніторингу, основним елементом якої є вдосконалений модуль регулювання параметрів керування силовими блоками обладнання представлений як функціональна схема (рис. 1), що забезпечує інтегроване керування та моніторинг процесів у режимі реального часу.

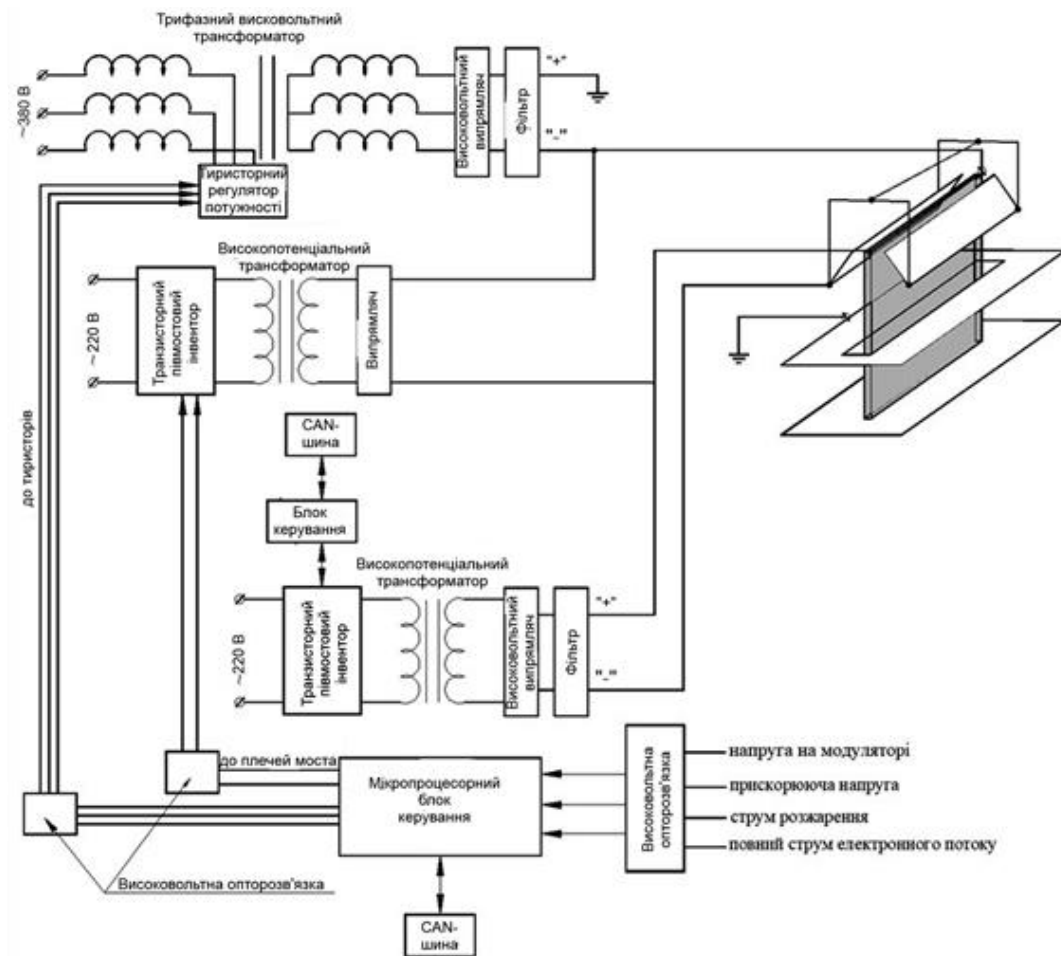


Рис. 1. Функціональна схема удосконаленого модуля регулювання параметрами керування силовими блоками електронно-променевого обладнання

Основним елементом, представленою на рис. 1 схеми, є мікропроцесорний блок керування (МПК), який виконує оброблення даних і регулювання параметрів через CAN-шину, зв'язуючи систему з зовнішніми комп'ютерними системами. Для безпечної передачі сигналів застосовується високовольтна оптична розв'язка, що дозволяє синхронізувати роботу високовольтних ланцюгів із керуючим блоком.

Ключовою інновацією системи є тиристорний регулятор потужності, що забезпечує стабільне живлення трифазного високовольтного трансфор-

матора. Його вихідна напруга перетворюється у постійну за допомогою високовольтного випрямляча та фільтра, забезпечуючи стабільну роботу катода електронної гармати Пірса.

Паралельно працює транзисторний півмостовий інвертор, який через високопотенційний трансформатор і випрямляч подає напругу на модулятор гармати.

Унікальність такого рішення полягає в адаптивному регулюванні напруги на катоді та модуляторі, що досягається завдяки взаємозв'язку силових ліній керування.

Для отримання об'єктивних параметрів електронно-променевого оброблення було розроблено модуль моніторингу (рис. 2).

Мікропроцесорний модуль моніторингу призначений для визначення розподілу енергії електронного потоку та коригування режимів оброблення оптичних компонентів комп'ютерних систем [13]. Основні завдання, що вирішуються такою системою:

– вимірювання густини розподілу енергії в поперечному перерізі електронного потоку з питомою потужністю 102–103 Вт/см²;

– визначення ефективної ширини потоку електронів;
– визначення факторів, що впливають на розподіл енергії по перерізу потоку електронів;
– дослідження параметрів потоку електронів при ЕПО;
– представлення результатів моніторингу, які отримують миттєво в цифровому вигляді безпосередньо для стабілізації та контролю параметрів електронного потоку.



Рис. 2. Структурна електрична схема мікропроцесорного модуля моніторингу

Система моніторингу інтегрована в схему для вимірювання параметрів, таких як напруга на модуляторі, прискорююча напруга, струм розжарення та повний струм електронного потоку. Дані передаються через оптичну розв'язку до МПК, де відбувається їх оброблення та автоматичне корегування режимів. Це забезпечує оптимальні умови для кожного циклу оброблення, покращує якість результатів і мінімізує втрати. Система також враховує взаємозв'язок параметрів для підвищення стабільності електронного потоку, що є критичним для оброблення оптичних компонентів.

Представлені модулі мають значні переваги, такі як підвищення ефективності оброблення, зменшення енергетичних витрат, підвищення безпеки та покращення якості продукції. Це дозволяє організувати структурну схему (рис. 3), та реалізувати на її основі комп'ютеризовану систему моніторингу.

Комп'ютеризована система моніторингу параметрів електронно-променевого оброблення (ЕПО) оптичних компонентів є комплексним рішенням, що забезпечує високоточний контроль і адаптивне управління технологічними параметрами. В її основі лежить мікропроцесорний блок керування 10, який відіграє роль центрального вузла управління. Цей блок забезпечує двосторонній зв'язок із високовольтним силовим блоком

живлення 9 через CAN-шину та високовольтний оптичний інтерфейс (HVOI).

Система отримує живлення від зовнішніх джерел напруги 220 В або 380 В. Високовольтний силовий блок живлення 9 генерує регульовану напругу до 10 кВ для модулятора та до 100 В для анода електронно-променевої гармати (ЕПГ) Пірса 2. Гармата, яка є ключовим елементом електронно-променевої установки 1, створює керований електронний потік 3, що спрямовується на оброблюваний виріб 4. Цей потік забезпечує високоточне оброблення матеріалів, дозволяючи досягати необхідних параметрів поверхні виробу.

Для моніторингу процесу система використовує сигнали, що надходять від ЕПГ і оброблюваного виробу. Дані про високовольтну напругу (HV pulse) та низьковольтну лінію (LV line) обробляються в блоці оброблення зондових сигналів 5 і блоці визначення робочих параметрів оброблення 6. Ці сигнали передаються через UART-канал на блок обміну даними з ПК 7, який забезпечує передачу інформації на керуючий комп'ютер 8 через USB-канал. Це дозволяє проводити аналіз процесу та забезпечувати зворотний зв'язок через CAN-шину для адаптивного регулювання параметрів оброблення.

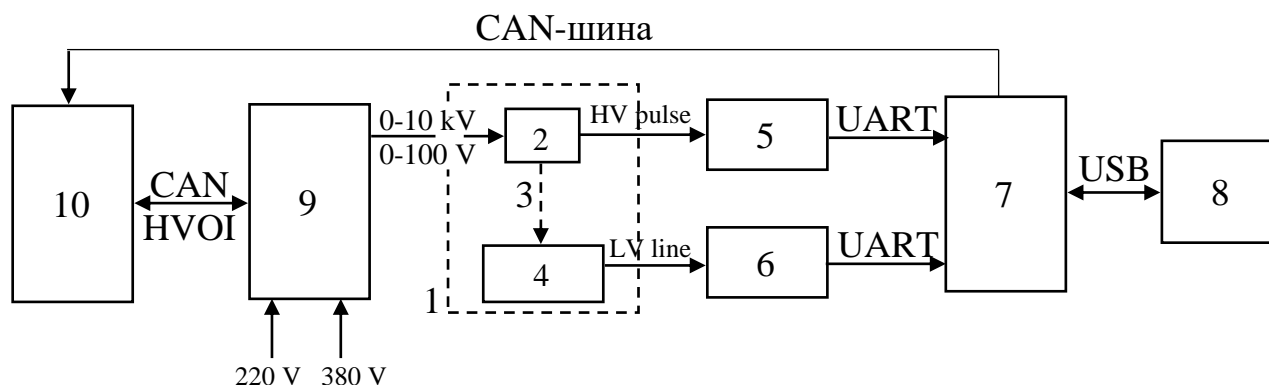


Рис. 3. Структурна схема комп'ютеризованої системи моніторингу: 1 – технологічна камера для ЕПО; 2 – електронно-променева гармата Пірса; 3 – електронний потік; 4 – оброблюваний виріб; 5 – блок оброблення сигналу зонду; 6 – блок визначення робочих параметрів оброблення; 7 – блок обміну даними з ПК; 8 – керуючий ПК; 9 – високовольтний силовий блок живлення електронно-променевої гармати; 10 – мікропроцесорний блок керування

Особливістю цієї системи є адаптивне регулювання напруги на катоді та модуляторі ЕПГ через спільні силові лінії керування. Використання високовольтного оптичного інтерфейсу дозволяє мінімізувати втрати сигналу та підвищити точність передачі даних. Інтеграція між CAN-шиною та USB забезпечує зручний зв'язок між усіма компонентами системи та можливість масштабування для підключення додаткових сенсорів.

Завдяки своїй структурі, система дозволяє досягати стабільності параметрів оброблення, підвищувати ефективність процесів і забезпечувати зручність інтеграції з іншими аналітичними платформами. Це робить її незамінною для високоточного електронно-променевого оброблення оптичних компонентів у сучасному виробництві.

Таким чином, використання інноваційних технологій у конструкції комп'ютеризованої системи моніторингу відкриває нові можливості для підвищення точності та стабільності процесів електронно-променевого оброблення. Ця система є надійним рішенням для виробництва високотехнологічних оптичних компонентів, особливо в умовах, що вимагають високої повторюваності параметрів і стабільності оброблення.

Результати апробації комп'ютеризованої системи моніторингу

Апробація проводилася на базі електронно-променевої установки УВН-71, оснащеної гарматою Пірса. Система моніторингу включала мікропроцесорний блок керування, високовольтний силовий блок живлення, блок оброблення зондових сигналів, а також канал передачі даних між ПК і керуючою системою.

Для оцінки роботи системи використовували такі контрольні показники:

– стабільність високовольтної напруги на модуляторі (до 10 кВ) і аноді (до 100 В);

– точність оброблення за вимірюваними параметрами: струм розжарення, повний струм електронного потоку, поверхнева температура оброблених виробів;

– якість отриманих оптичних компонентів: рівномірність покриттів і відсутність дефектів.

Апробація проводилася на серії оптичних виробів різних типів і розмірів, зокрема зразках із кварцу та оптичного скла сорту «крони» К8 з тонкими плівковими покриттями (рис.4).

Результати апробації показали, що система забезпечує високу стабільність режимів роботи:

– відхилення напруги на модуляторі не перевищувало $\pm 2\%$;

– відхилення температури оброблюваної поверхні складало $\pm 3^\circ$;

– рівномірність нанесення тонких плівкових покриттів відповідала вимогам до оптичних компонентів, а нерівномірність товщини не перевищувала $\pm 5\%$.

Особливістю системи стала її здатність до швидкого корегування параметрів оброблення завдяки зворотному зв'язку через CAN-шину. Це дозволило компенсувати зміни у зовнішніх умовах, таких як коливання напруги живлення чи температури навколишнього середовища про що свідчать якісніші результати контролю робочих параметрів системи моніторингу, що проводяться з використанням запропонованої комп'ютеризованої системи моніторингу, рис. 4.б.

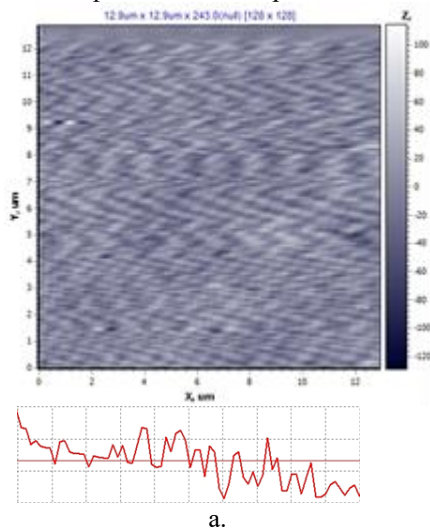
В той же час, порівняння з існуючими системами показало переваги розробленої комп'ютеризованої системи, зокрема:

– висока точність моніторингу та регулювання завдяки використанню високовольтного оптичного інтерфейсу;

– адаптивність системи, яка дозволяє динамічно регулювати напругу на катоді та модуляторі, забезпечуючи стабільність електронного потоку;

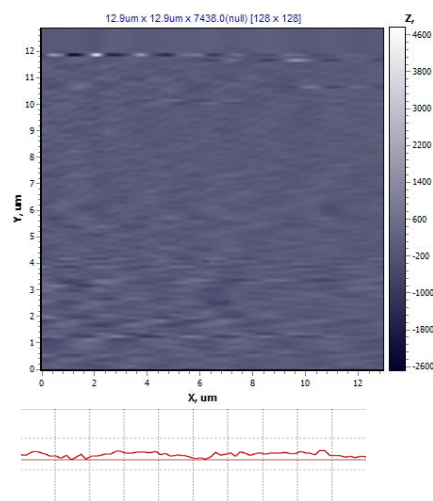
– зручна інтеграція з керуючим ПК через USB-канал та можливість підключення додаткових датчиків.

Результати апробації підтвердили ефективність розробленої системи для моніторингу параметрів ЕПО оптичних компонентів. Вона забезпечує високу стабільність і якість оброблення, дозволяє мінімізувати втрати матеріалів і дефекти готових виробів.



а.

Таким чином, розроблена комп'ютеризована система моніторингу може стати основою для впровадження нових стандартів у високоточному виробництві оптичних компонентів.



б.

Рис. 4. Топологія оптичних компонентів комп'ютерних систем (на прикладі фокусувальної лінзи колімуючого мікроколіматора Thorlabs F230SMA-A). Оптичні компоненти отримані методом ЕПО без (а) та з (б) використанням комп'ютеризованої системи моніторингу. Вимірювання проводилося на атомно-силовому мікроскопі NT-206

Висновки

Результати дослідження підтверджують високу ефективність розробленої комп'ютеризованої системи моніторингу параметрів електронно-променевого оброблення (ЕПО) оптичних компонентів. Запропонована система забезпечує точний контроль та адаптивне регулювання технологічних параметрів, що дозволяє досягти стабільності та високу якість оброблення. Стабільність напруги на модуляторі та катоді електронно-променевої гармати була підтверджена низьким рівнем відхилень, які не перевищували $\pm 2\%$. Це, в поєднанні з нерівномірністю плівкових покриттів, що не перевищує $\pm 5\%$, забезпечило відповідність сучасним стандартам якості оптичних компонентів.

Система демонструє високу адаптивність завдяки динамічному регулюванню параметрів через CAN-шину, що дозволяє швидко коригувати процес оброблення залежно від зовнішніх умов. Використання високовольного оптичного інтерфейсу (HVOI) мінімізує втрати сигналу та підвищує точність передачі даних, забезпечуючи надійну роботу системи в реальному часі. Легка інтеграція з комп'ютерними системами через USB-інтерфейс та можливість підключення додаткових сенсорів розширює функціональність системи, роблячи її придатною для масштабування та модернізації.

Апробація системи на базі електронно-променевої установки УВН-71 показала її ефективність у зменшенні дефектів у 2,5 – 3 рази, зниження витрат матеріалів і підвищення якості отриманих компонентів. Це дозволяє мінімізувати вплив людсь-

кого фактору, оптимізувати виробничі процеси та підвищити продуктивність. Розроблена система є перспективним рішенням для впровадження у високоточному виробництві оптичних компонентів, що відповідає сучасним потребам індустрії та дозволяє встановити нові стандарти якості.

Майбутні дослідження в цій галузі будуть зосереджені на розробленні автоматизованої системи для виправлення помилок і нестабільності у визначенні робочих параметрів електронно-променевого оброблення оптичних елементів.

Література

- [1] Zhang, X., Sun, H., Fu, Y., Kong, L., Zhang, D., Xue, D., & Xue, C. (Eds.). (2023). *Advanced Optical Manufacturing Technologies and Applications 2022; and 2nd International Forum of Young Scientists on Advanced Optical Manufacturing (AOMTA and YSAOM 2022)*. SPIE. <https://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/12507>
- [2] І. С. Жайворонок, Ю. І. Коваленко, “Підвищення точності визначення робочих параметрів стрічкового електронного потоку при електронно-променевої мікрообробці діелектриків”, *Вісник КПІ. Серія: Приладобудування*, Вип. 64(2), с. 33-41, 2022. DOI: 10.20535/1970.64(2).2022.269983
- [3] O. Faehnle, “Process optimization in optical fabrication”, *Optical Engineering*, vol. 55, no. 3, pp. 035106-035106, 2016.
- [4] AOPC 2020: Optics Ultra Precision Manufacturing and Testing. *Proceedings of SPIE 0277-786X*,

- vol. 11568, Lingbao Kong, Dawei Zhang, Xichun Luo Eds. 29 - 30 June 2020, Shanghai, China. [Online]. Available: <https://www.proceedings.com/content/056/056899/webtoc.pdf>
- [5] J. Karangwa, L. Kong, D. Yi, & J. Zheng, "Automatic optical inspection platform for real-time surface defects detection on plane optical components based on semantic segmentation", *Appl. Opt.* vol. 60, no. 19, pp. 5496-5506, 2021. DOI: 10.1364/AO.424547
- [6] X. Wang, M. Cao, Z. Chen, et al. "In-situ real-time monitoring of ultrafast laser processing using wide-field high-resolution snapshot compressive microscopy", *Advanced Manufacturing* 5, 29, 2024. DOI: 10.37188/lam.2024.029
- [7] R. Li, F. Wu, H. Huang, et al. "Investigation of Surface Defects in Optical Components Based on Reflection Mueller Matrix Spectroscopy", *Applied Sciences*, vol. 13, no. 16, 9294, 2023. DOI: 10.3390/app13169294
- [8] J. Choi, M. Wooldridge, J. Mazumder, "Spectroscopy-based smart optical monitoring system in the applications of laser additive manufacturing", *J. Laser Appl.*, vol. 35, is. 1, 012030, 2023. DOI: 10.2351/7.0000910.
- [9] Wen, J., Gao, H., Shi, W., et al, On-chip Real-time Hyperspectral Imager with Full CMOS Resolution Enabled by Massively Parallel Neural Network. arXiv preprint arXiv:2404.09500. [physics.optics] 2024.
- <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.09500>
- [10] M. G. Lipsett, J. D. Yuen, N. A. Olmedo, S. C. Dwyer, "Condition Monitoring of Remote Industrial Installations Using Robotic Systems", in *Engineering Asset Management 2011. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, J. Lee, J. Ni, J. Sarangapani, J. Mathew, Eds. Springer, London, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4471-4993-4_21.
- [11] М. П. Рудь, Г. В. Канашевич, В. П. Бойко, та інші, "Впровадження комп'ютеризованої системи керування в процес електронної обробки оптичних матеріалів", на: *VII між нар. промисловій конф. «Ефективність реалізації наукового, ресурсного та промислового потенціалу в сучасних умовах»*, Славське - Київ, 2007, с. 460.
- [12] C. Xu, M. Famouri, G. Bathla, M. J. Shafiee, & A. Wong, "High-throughput, high-performance deep learning-driven light guide plate surface visual quality inspection tailored for real-world manufacturing environments", in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 37. pp. 15745-15751, September 2023. DOI: 10.1609/aaai.v37i13.26869.
- [13] М. П. Рудь, В. А. Ващенко, Ю. І. Коваленко, та інші. "Дослідження просторово-енергетичних характеристик електронного потоку стрічкової форми", на *X міжнародній промисловій конф. «Ефективність реалізації наукового, ресурсного та промислового потенціалу в сучасних умовах»*, Славське - Київ, 2010, с. 162-164.

UDC 004.4:621.373.826:681.7.068

S. Matsepa, V. Andreiko*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine***COMPUTERIZED MONITORING SYSTEM FOR PARAMETERS OF ELECTRON BEAM PROCESSING OF OPTICAL COMPONENTS IN COMPUTER SYSTEMS**

The developed computerized monitoring system for the parameters of electron beam processing of optical components represents a cutting-edge solution for ensuring precise real-time control of technological parameters. The system is based on a microprocessor control unit that integrates all components through a CAN bus and a high-voltage optical interface. The primary functions of the system include monitoring the voltage on the cathode and modulator, filament current, and electron beam parameters, as well as adjusting these parameters during the processing. Thanks to adaptive regulation, the system achieves stability in electron beam processing parameters, as evidenced by low voltage deviations (up to $\pm 2\%$) and uniformity in thin-film coatings (up to $\pm 5\%$).

The use of the high-voltage optical interface minimizes signal loss and enhances data transmission accuracy. The system easily integrates with computer systems via a USB interface, providing the ability to connect additional sensors to expand its functionality.

The results of the system's testing, conducted on the UVN-71 electron beam processing unit, demonstrated significant advantages. It reduces surface defects, improves processing uniformity, and minimizes optical material losses. This solution is critically important for the production of high-quality optical components used in modern computer systems, ensuring compliance with the strictest quality standards.

Thus, the developed computerized monitoring system facilitates the optimization of electron beam processes, enhancing productivity and product quality while unlocking new opportunities for the optical components industry.

Keywords: computerized system, monitoring, electron beam processing, optical component, microprocessor control unit, technological parameter.

*Надійшла до редакції
12 жовтня 2024 року*

*Рецензовано
29 жовтня 2024 року*



© 2024 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).