

УДК 541.55

**А.М. Коровицький<sup>1</sup>, І.М. Колядинський<sup>1</sup>, В.В. Сахарчук<sup>1</sup>,  
Г.Л.Мирончук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Луцький національний технічний університет,*

<sup>2</sup>*Волинський національний університет ім. Лесі Українки,  
м. Луцьк, Україна*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ СТАБІЛЬНОГО ПЛАЗМОВОГО РОЗРЯДУ У ВАКУУМНІЙ КАМЕРІ ВУП5М ПРИ МАГНЕТРОННОМУ РОЗПОРОШЕННІ**

Одним з методів отримання тонких плівок є магнетронне розпорошення на постійному струмі [1]. Магнетронні системи депонування матеріалів достатньо зручні та прості у використанні, мають достатньо високу ефективність, проте, володіють рядом недоліків технологічного характеру, що дещо обмежують функціональність таких систем. Так, наприклад, було помічено, що плавність та рівномірність подачі інертного газу (наприклад, аргону Ar) у робочий об'єм суттєво впливає на генерування та стабільність плазмового розряду. А для досягнення високої якості і повторюваності фізичних властивостей депонованих матеріалів необхідно забезпечити: а) стабільність магнетронного плазмового розряду протягом визначеного часу напилення, б) керованість та повторюваність технологічних умов отримання стабільного плазмового розряду.

Основними задачами даної роботи є створення системи ефективного постачання робочого газу до вакуумної камери ВУП5М та дослідження оптимальних параметрів газового потоку задля забезпечення стабільного плазмового розряду протягом всього робочого циклу.

Дослідження проводилося за допомогою вакуумного посту ВУП5М з вдосконаленою системою подачі робочого газу. Вдосконалення система газопостачання базується на контролері газового потоку термічного типу (Mass Flow Controller, MFC) Horiba Sec-4400 [2], який забезпечує функції витратоміра та задавача потоку газу у вакуумну камеру. Газові контролери термічного типу забезпечують високу точність вимірювання потоку, що складає 1% від повної шкали.

Схема системи напуску газу для ВУП5М відображена на рис.1. На основі проведених досліджень запропонованої конструкції системи газопостачання та аналізу параметрів усіх робочих вузлів вакуумної системи ВУП-5М, було розроблено математичну модель та відповідні алгоритми керування технологічним процесом магнетронного депонування матеріалів, рис.2. Так здійснення обліку і керування вхідними параметрами (потік газу, тиск у робочій камері, напруга, струм, температура підкладки) та дослідження характеристик відповідних депонованих матеріалів (товщина плівки, рівномірність осадження, адгезія, електрофізичні, оптичні характеристики, тощо), дозволяє знайти ті оптимальні параметри технологічного процесу, які

забезпечують отримання якісних результатів та дозволяють досягнути високої повторюваності та відтворюваності характеристик осаджених плівок.

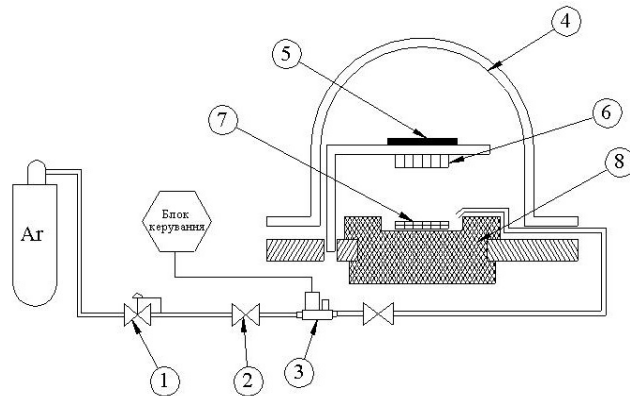


Рисунок 1 - Схема системи напуску газу:  
1 – регулятор тиску; 2 – вентиль; 3 – контролер потоку газу F260; 4 – вакуумна камера;  
5 – підігрів підкладки; 6 – підкладка; 7 – мішень (розпалюваний матеріал); 8 - магнетрон.

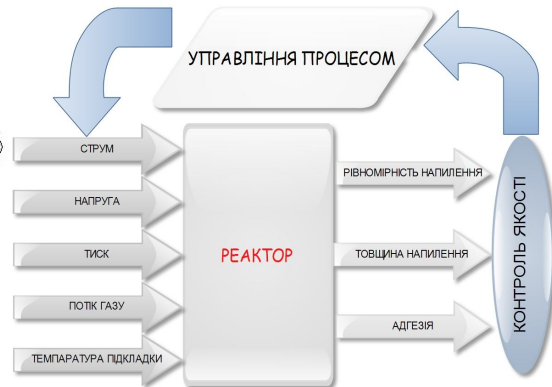


Рисунок 2 - Модель технологічного процесу магнетронного депонування матеріалів.

Для оцінки адекватності запропонованих конструктивних змін у вакуумний пост ВУП5М та математичної моделі технологічного процесу магнетронного депонування нами досліджено утворення тонких плівок  $PbI_2$ , депонованих на скляну підкладку.

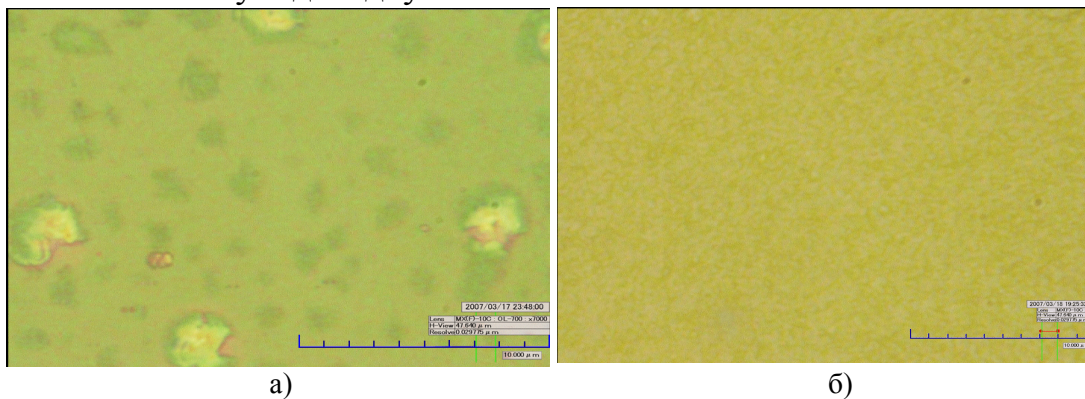
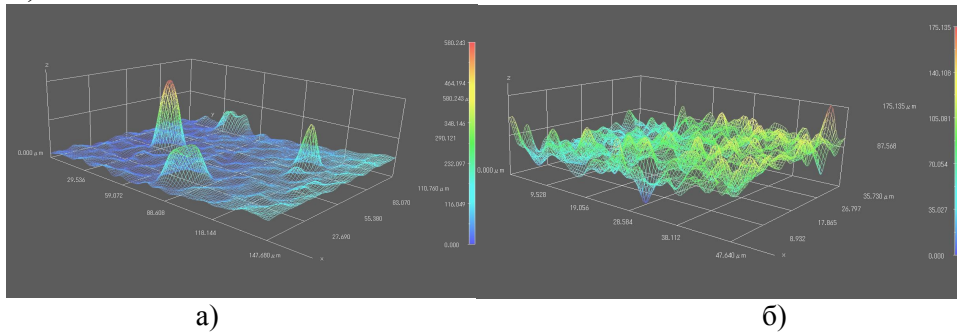


Рисунок 3 - Оптичні зображення плівок  $PbI_2$  наплення на:  
а) стандартна конфігурація системи ВУП5М  
б) вдосконалена конфігурація системи ВУП5М

Проведення експериментів здійснювалося у два етапи. Перший етап проводився на стандартній конфігурації ВУП5М. При цьому спостерігалися проблеми зі стабільністю плазмового розряду. Необхідно було здійснювати повторні запалювання розряду, затухання якого було викликане не рівномірністю подачі газу до системи. Такі збурення у технологічному процесі якісно відбилися на розподілі частинок матеріалу на підкладці, про що свідчать оптичні дослідження, результати якого відображені на рис.3а. При проведенні другої серії дослідів вакуумний пост ВУП5М було оснащено описаною вище системою напуску газу. Досліди проводилися з використанням таких самих робочих характеристик, як і у першому випадку, при тиску 0.7Па та напрузі 400В. Під час роботи було виявлено: по-перше, було отримано стабільний

плазмовий розряд протягом всього часу депонування, що забезпечило гомогенність осадження матеріалу (рис.3б); по-друге, було встановлено діапазон потоку аргону, при яких забезпечувався стабільний технологічний процес і він становив від 1,78 норм.см<sup>3</sup>/хв до 7,53 норм.см<sup>3</sup>/хв.

Оптичний аналіз робився за допомогою 3Д відеомікроскопа IntScore [3]. Зображення плівок було отримане при 700х кратному оптичному збільшенні (рис.3), а також використано функцію мікроскопа - побудови 3Д поверхні плівки (рис.4).



а) б)  
Рисунок 4 - 3Д поверхні плівок PbI<sub>2</sub> напилених на:  
а) стандартна конфігурація системи ВУП5М  
б) вдосконалена конфігурація системи ВУП5М

Як видно з проведених оптичних досліджень, у першому випадку було отримано не рівномірний розподіл часток PbI<sub>2</sub> на поверхні підкладки, рис.3а та наявність центрів локальної кристалізації йодиду свинцю, висота яких сягає 58мкм, рис.4.а.

Аналіз продуктів депонування, виконаних на вдосконаленій системі ВУП5М (рис.3б) показав більш гомогенний розподіл часток по всій поверхні підкладки. При проведенні 3Д аналізу поверхні було встановлено середню товщину плівки 7 мкм, рис.4б.

На основі проведеного експерименту було встановлено, що використання вдосконаленої системи подачі газу у вакуумну камеру дозволяє отримувати стабільну плазму протягом всього експерименту. Виявлено, що запропонована математична модель технологічного процесу магнетронного осадження дозволяє отримати оптимальні параметри процесу.

1. Б.С. Данилин, В.К. Сырчин, *Магнетронные распылительные системы* (Радио и связь, Москва, 1982), 72 с.
2. Miyoshi Kimura / – Режим доступу: <http://www.horiba.com/uploads/media/RE05-08-044-600.pdf>
3. Режим доступу: [www.int-24.com](http://www.int-24.com)