

УДК : 621.793.1:681.542.7

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ

*Кулінченко Г.В., к.т.н., доц., Андрусенко О.О., студ.**Шосткинський інститут Сумського Державного Університету**41100 Україна, Сумська область, м. Шостка, вул. Інститутська 1**E-mail: heorhy@rambler.ru*

Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой системы автоматизации функционирования вакуумного поста, программного управления процессом нанесения многослойных пленок. Формулируются требования, предъявляемые к датчикам, контроллерам и исполнительным устройствам. Обсуждаются вопросы построения алгоритмов управления экспериментальной установкой.

Ключевые слова: датчик, интерфейс, измерение, управление, параметр, контроллер, установка.

Questions, related to development of the system of automation of work of a vacuum setting, are examined, programmatic process of causing of multi-layered tapes control. Requirements, produced to the sensors, inspectors and executive devices, are formulated. The questions of construction of algorithms of management the experimental setting come into a question.

Keywords: sensor, interface, measuring, control, parameter, comptroller, setting.

Вступ. При розробці та використанні багат шарових плівкових систем використовують два підходи.

Перший – розрахунок та експериментальне визначення температурного режиму процесу нанесення плівки. При цьому на основі відомих теплофізичних рівнянь розраховують максимально досягну температуру, визначають кінетику розігріву, розподілення температури за товщиною і поверхнею підкладки, оптимальні технологічні режими напilenня. Другий підхід орієнтується на розгляд механізмів, фізико-хімічних аспектів процесу енергообміну атомів металів при взаємодії з поверхнею підкладки.

Практично для різних технологічних схем одержання плівок, при відомих параметрах процесу, теплофізичних, емісійних та адсорбційних характеристиках, а також характеру їх зміни в процесі нанесення плівки, можна визначити температуру поверхні конденсації. Але при використанні підкладок із різних матеріалів, чутливих до зміни температури, дуже важливою стає оцінка розігріву поверхні таких матеріалів [1].

Узагалі, температурний режим підкладки залежить від наступних факторів: властивості випарованого матеріалу; температури випаровувача T_B ; швидкості конденсації V_K ; термодинамічних властивостей напильованої речовини; геометричних параметрів випаровувач-підкладка; властивості матеріалу підкладки та її розмірів; емісійних властивостей покриття і підкладки; питомої теплоємності підкладки.

Більша частина перелічених факторів залежить від температури та змінюється в процесі нагрівання підкладки. Це викликає значні складності для аналітичного розрахунку температури напильованого шару. Тому, в розрахунках і у вимірюваннях термін експерименту розбивають на такі інтервали, на протязі яких зміни теплофізичних характеристик можна рахувати незмінними. Такі обставини призводять до необхідності дискретного контролю процесу через певні інтервали часу [2]. До того ж можливості дискретного контролю ускладнюються специфікою ва-

куумних процесів, які неможливо припинити або зупинити в часі. Це обумовлює дистанційні методи вимірювань, ускладнює апаратуру, призводить до необхідності врахування похибок і завад.

При нанесенні тонких плівок необхідно регулювати швидкість нанесення шарів за заданою програмою; управляти газовою середою [3] під час нанесення плівок, підтримувати задану температуру підкладки. Тому, не дивлячись на відносну повільність процесів напilenня плівок, при дослідженнях основна увага приділяється динаміці та швидкості процесів нанесення шарів. Розв'язання сформульованих вимог значно полегшується при застосуванні автоматизованих випробувальних стендів, які дозволяють не тільки отримати дані вимірювання, але й обробити, візуалізувати та зафіксувати результати обробки параметрів експерименту.



Рисунок 1 – Система реєстрації і обробки результатів 1 - вакуумна камера; 2 – прилади для вимірювання опору; 3 – програмне забезпечення; 4 – дисплей комп'ютера

Аналіз попередніх досліджень. Сучасний рівень забезпечення експерименту напilenня речовин у вакуумі характеризується застосуванням комплексу комп'ютерних засобів [4].

Досліджуючи електрофізичні властивості багатошарових металевих плівок, для вимірювань використовують окремі прилади, що забезпечують необхідну точність (рис.1).

Як видно з рисунку, обробкою даних керує програмне забезпечення. Окремо за допомогою цифрової камери Panasonic та інтерферометра *МІІ-4*, а також за допомогою додаткових приладів, включаючи кварцовий резонатор, вимірюється товщина плівок.

У Самарському державному університеті створено автоматизований випробувальний стенд на базі вакуумного уніфікованого поста ВУП-4. Автоматизація дозволяє проводити тривалий експеримент із необхідною точністю. Процесом збору, обробки, контролю вимірюваних величин (температури, тиску, маси продуктів, що конденсуються), здійснюється за допомогою програмного комплексу LabView 6 [5]. В автоматизованому випробувальному комплексі за допомогою програмного забезпечення не тільки вивчають динаміку продуктів, що конденсуються, а ще управляють роботою стенду в обраних режимах. Досягненням такої автоматизації є нагода оптимізувати температурний режим дифузійного насоса ВУП-4 і досягти глибшого вакууму і стабільності отриманих результатів. Керуючі сигнали надходять на електромагнітні реле, встановлені в блоці комутації. Далі з блоку комутації сигнали керують виконавчими пристроями електроклапанів ВУП-4, нагрівачами термостата, термостату, дифузійного насоса, вентилятора охолодження дифузійного насоса.

За необхідності отримання багатошарових плівок постає питання багатоканального контролю за кожним шаром. Зменшити апаратні затрати дозволяє застосування спеціальних багатоканальних модулів вводу [6,7]. Суттєві ускладнення системи виникають у зв'язку з використанням релейно-позиційного управління в режимі реального часу. У разі необхідності реалізації різних режимів наплення, інтенсивність яких змінюється в часі за заданою функцією, використання LabView проблематично.

Альтернативою пакету LabView є використання програмного комплексу TRACE MODE, що дозволяє розробляти і відлагоджувати автоматизовані системи різної складності – від автономно працюючих контролерів до розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП).

Мета роботи. Розробка системи автоматизації експерименту нанесення плівок, що може забезпечувати керування параметрами цього процесу. Необхідно скомпонувати необхідні дистанційні засоби вимірювання; розробити пристрої узгодження параметрів мікроконтролерів і виконуючих пристроїв; запрограмувати інтерфейси відповідно до розроблених алгоритмів.

Матеріали і результати досліджень.

Програмні продукти TRACE MODE 6 підрозділяються на інтегровану середу розробки (інструментальну систему) і виконавчі модулі [8]. Інструментальна система TRACE MODE встановлюється на робочому місці інженера-розробника АСУ і призначена для створення системи автоматизації і відлагоджування всіх її компонентів.

Виконавчі модулі TRACE MODE призначені для запуску проекту TRACE MODE в реальному часі, тобто для експлуатації на об'єкті автоматизації, що діє. Основним виконавчим модулем TRACE MODE є MPB - монітор реального часу, що реалізовує такі основні функції, як безперервний збір даних, їх математичну обробку і візуалізацію. Для запуску проекту у контролерах використовуються виконавчі модулі МІКРОМРВ, які розрізняються за типом контролерів (розрядність процесора, операційна система, використання мережевої взаємодії і ін.).

Кожному контролеру, що запускається під управлінням виконавчого модуля в проекті TRACE MODE зіставлений окремий вузол.

У рамках вузла створюються канали - основні інформаційні одиниці для введення і первинної обробки даних. Канали в рамках вузла можуть об'єднуватися в групи, групи можуть містити підгрупи, утворюючи ієрархічну інформаційну структуру довільної вкладеності.

Такі компоненти проекту, як екрани, програми, зв'язки із зовнішніми реляційними СУБД і документи розробляються як шаблони. Для зв'язку шаблонів із атрибутами каналів використовуються аргументи.

Отже, для розробки системи автоматизації установки необхідно розбудувати канали джерел та приймачів даних, описуючи точки вводу-виводу, тобто зв'язки з контролером.

При нанесенні тонких плівок необхідно вирішувати наступні основні задачі автоматичного управління [9]:

- підтримка необхідної температури на випарнику;
- підтримка необхідної температури підкладки;
- підтримка необхідного вакууму в робочому об'ємі;
- контроль інтенсивності випаровування речовини;
- автоматичний запуск установки і виконання простих технологічних операцій.

Для ведення процесу необхідно контролювати і керувати параметрами наведеними в таблиці 1:

Таблиця 1 – Перелік параметрів контролю і управління

Параметр	Величина
Температура підкладки °С	від 10 до 1000
Температура випарника °С	від 50 до 1500
Струм випарника, А	10
Товщина плівки, нм	2
Інтенсивність випаровування, м/с	1000
Провідність плівки, Ом ⁻¹	2 *10 ⁶ до 20 *10 ⁶
Тиск повітря, Па	10 ⁻⁴

Виходячи з вибраних параметрів, можна виділити канали - джерела та приймачі інформації. Структурна схема системи автоматизації вакуумної установки представлена на рис. 2, де схематично груповані канали вимірювання параметрів процесу та канали вимірювання технологічних параметрів. Окремо виділений блок управління режимами (БУР) наплення, який зі спеціальними схемами

живлення забезпечує керування потужними струмами випаровувача. Для вибору необхідних приладів, що узгоджують сигнали здавачів з вхідними колами мікро контролера, проаналізуємо можливості використання відомих пристроїв.

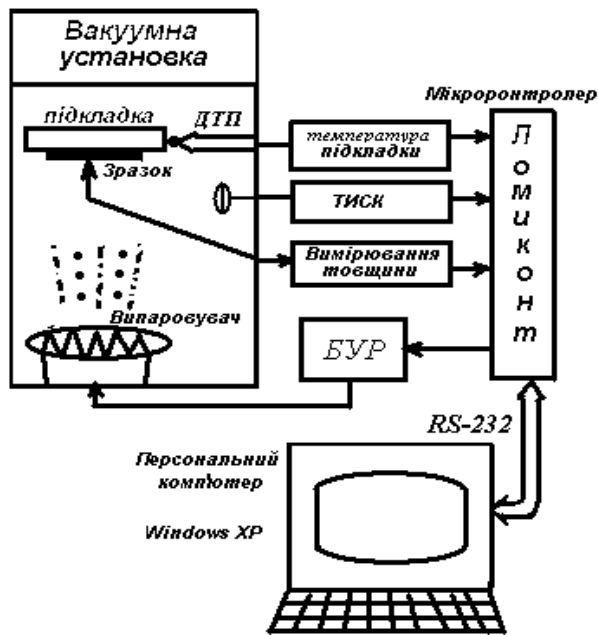


Рисунок 2 – Схема системи автоматизації

Вибір давачів. Вимірювання температури підкладки. Після вивчення характеристик існуючих давачів [10] і характеристик процесів наплення, можна зупинитись на термопарі ТХА (хромель-алюмель) з верхньою межею вимірювання 1000°C, яка характеризується високою швидкістю і низькою вартістю.

Вимірювання температури випарника. Для вимірювання температури випарника використовується термопара ТПР - 0192-07(діапазон 50 ... 1500°C).

Вимірювання швидкості випаровування. Промисловістю випускається іонізаційний вимірювач швидкості типу ИСТИ-1. Змінна складова іонного струму іонізаційного манометра пропорційна швидкості осадження випаровуваної речовини [11]. Швидкості осадження, зміряні такими приладами, складають 10...200 Ангстрем/с і вимірюються з похибкою ±10%.

Вимірювання струму випаровувачу. У приладі LAX 100-NP використовується давач Холу. Точність приладу при струмі 20А складає ±0,21%, а лінійна помилка ±0,02% [12]. Крім того, технологія закритого контуру забезпечує відсутність втрат, що вносяться, і малий час відгуку (декілька мс).

Вимірювання товщини напилюваної плівки. Порівняно з іншими аналогічними приладами, точність кварцового вимірника товщини ККТ-40 складає 1Анг. Відомі інші вимірники товщини, що обробляють оптичну інформацію з інтерференційних картин прошарків, але вони потребують додаткових суттєвих програмних та апаратних витрат.

Вимірювання вакууму в робочій камері. Головною перевагою вакуумметра ВМТ-001 [13] є відмова від складних незручних графічних градувальних

характеристик. Це досягається за рахунок використання вимірювального блоку і перетворювачів тиску типу ПМТ-6-3 і ПММ-32-1. У результаті автоматизації процесу вимірювання тиску в діапазоні $1 \cdot 10^{-7} \dots 4 \cdot 10^3$ Па, отримуємо інформацію в аналоговому вигляді (0...10)В і в цифровому вигляді по RS-232 інтерфейсу.

Канали управління. Стабілізація температурних режимів і тиску в системі здійснюється класичними ПІД регуляторами. Виконання простих технологічних операцій реалізується за допомогою позиційного управління. Для регулювання швидкості та товщини нанесення шарів за заданою програмою необхідне спеціальне обладнання (БУР), що забезпечує перетворення сигналів контролера в потужні струми випаровувача. Головною вимогою, що пред'являється до перетворювача, є точність величини струму, яка подається на випарник. Точність керування струмом випаровувача дає змогу отримати достовірні результати при напилюванні плівок. Для керування струмом випаровувача підходить малогабаритний векторний перетворювач EI-8001-015H, який зазвичай використовується для керування двигунами і має діапазон потужностей 0,75 – 11 кВт. Управляючі сигнали аналогові та дискретні, забезпечують дистанційне управління на базі синусоїдальної ШІМ.

Вибір контролера. З аналізу об'єму потоків даних видно, що контролер повинен забезпечувати приймання мінімум семи вхідних сигналів і видачу керуючих команд, трьома каналами (табл. 1).

Оскільки більшість процесів вакуумного наплення плинуть повільно, (температура, провідність плівки, товщина плівки), то швидкістю мікроконтролера не є визначальним параметром при його виборі. Проаналізувавши контролери, що пропонуються ринком на цей час, можна виділити контролер Ломіконт 110, який інтегрований до базової версії інструментальної системи TRACE MODE 6 для Windows NT /2000 і доступний за ціною.

Нове покоління контролера Ломіконт 110 має в своєму складі новий базовий модуль PRC-TM (БК2), який побудований на основі PC- комп'ютера. Має процесор i486 із частотою 100 Мгц і високошвидкісних комунікаційних засобів на базі RS-485 або Ethernet. Граничний об'єм пам'яті розширюється до 32 Мб, мінімальний цикл-1 мс;

Програмне забезпечення. Ґрунтується на вбудованій Моніторі реального часу MPB TRACE MODE 6. Програмування здійснюється за допомогою Транслятора «Мікрол-Техно ІІ». Бібліотека складається з 150 технологічних алгоритмів: фільтрація; ПІД, нечітке, позиційне-регулювання.

Проаналізувавши технічні характеристики і комплектацію контролерів можна зробити висновок, що для автоматизації досліджень процесів наплення плівок можна застосувати мікропроцесорний контролер Ломіконт 110.

Інтерфейс користувача. Цей інтерфейс представляється автоматизованим робочим місцем(АРМ) оператора установки. Екран АРМ має вигляд мнемосхеми процесу напилення (рис.3).

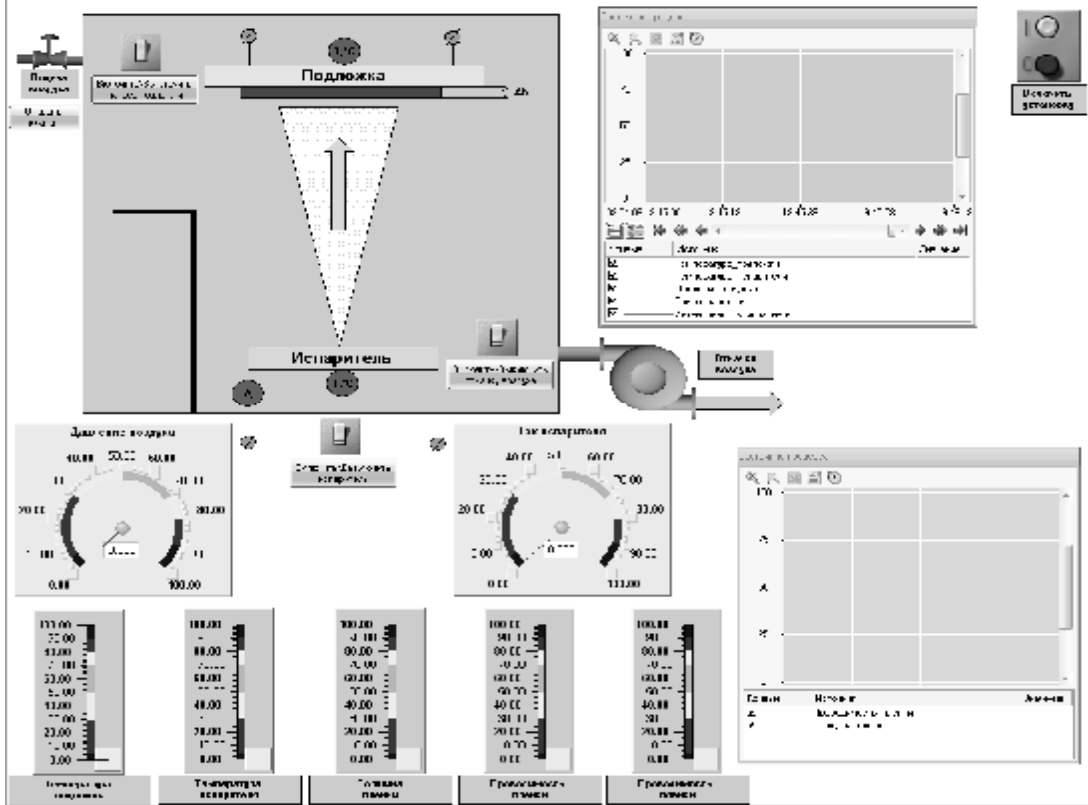


Рисунок 3 – Інтерфейс користувача вакуумної установки

АРМ має індикацію основних параметрів процесу і дає можливість операторові вносити корективи в технологічні параметри.

Для створення екрану АРМ використовується графічний редактор TRACE MODE 6. Зв'язок АРМ з каналами передачі даних здійснюється завдяки розробці програмного забезпечення на одній з мов програмування, що інтегровані в TRACE MODE (ST, SFC, FBD, LD, IL).

Висновки. 1. У результаті аналізу процесу наплення плівок розроблена система автоматизації вакуумної установки.

2. Вибрані давачі, виконуючі прилади, узгоджуючі пристрої, що забезпечують стиковку приладів із мікропроцесорними засобами.

3. Завдяки використанню інструментальної системи TRACE MODE 6 розроблено мнемосхему та інтерфейс користувача вакуумної установки.

4. Реалізовані можливості програмного керування процесом наплення плівок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технология тонких пленок. Справочник/ Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга, Т. 1. – М.: Советское радио, 1977.
2. Липин Ю.В., Рогачев А.В., Харитонов В.В. Вакуумная металлизация полимерных материалов. –Л.: Химия, 1987.–152С.
3. Вус А.С., Дудки В.А., Пуха В.Е. Устройство для получения пленок сплавов с регулировкой их состава. Приборы и техника эксперимента, 1986.– С.221 – 223.
4. Пазуха І.М., Проценко С.І., Проценко І.Ю., Чумакова Н.І. і інш. Дифузійні процеси та інтерфейсне розсіювання електронів в багатошарових металевих плівках// Вісник СумДУ.– 2006. – 9(93).– С.7...37.
5. Давыденко С.В., Гольдяев С.Е., Цаплин С.В. Автоматизированный стенд для изучения динамики конденсированных продуктов. Самарский государственный университет. <http://www.ssu.samara.ru>
6. Жучков А.А. Мягких А.И. Модуль сбора аналоговых данных// Приборы и техника эксперимента. – 1989. – № 1. – С.96 – 97.

Стаття надійшла 05.05.2008.

Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Мосьпаном В.О.