

ZASTOSOWANIE OPTYCZNEJ SPEKTROSKOPII EMISYJNEJ DO KONTROLI PROCESÓW MAGNETRONOWEGO NANOSZENIA CIENKICH WARSTW TiN

1. Wstęp

Skład i własności cienkich warstw związków chemicznych otrzymywanych metodą reaktywnego rozpylania magnetronowego uzależnione są od wielu parametrów procesu, spośród których należy wyróżnić wielkości strumieni cząstek materiału katody i gazu reaktywnego oraz stopień ich wzbudzenia, dysocjacji i jonizacji.

Szczególnie istotne znaczenie ma tu zjawisko tzw. zatrucia targetu [1]. Polega ono na tworzeniu się na jego powierzchni warstwy związku chemicznego pomiędzy rozpylanym materiałem, a gazem reaktywnym. W konsekwencji, zmiana ulega ciśnienie cząstkowe gazu reaktywnego w komorze technologicznej pociągając za sobą niepożądane zmiany składu chemicznego nanoszonych powłok [2, 3]. Stopień zatrucia targetu wpływa więc decydująco na równowagę procesu rozpylania reaktywnego.

W celu zapewnienia powtarzalności składu nakładanych warstw, niezbędna jest precyzyjna kontrola stanu powierzchni targetu, tj. stopnia jej zatrucia, w czasie procesu rozpylania [4].

Spośród znanych dotychczas metod kontroli procesów rozpylania reaktywnego, na szczególną uwagę zasługuje optyczna spektroskopia emisyjna plazmy (OES). Umożliwia ona dynamiczną kontrolę stanu równowagi procesu rozpylania reaktywnego, a co za tym idzie, zapewnia powtarzalność składu nanoszonych warstw.

W widmie emisyjnym plazmy wyładowania magnetronowego obecne są linie i pasma pochodzące od materiału targetu, gazu roboczego (Ar) oraz gazu reaktywnego.

Natężenie tych linii jest proporcjonalne do koncentracji odpowiednich cząstek tworzących plazmę w przestrzeni przytargetowej. W szczególności, natężenie atomowych linii emisyjnych materiału targetu jest proporcjonalne do koncentracji w plazmie wzbudzonych atomów targetu. Koncentracja ta jest silnie zależna od stopnia jego zatrucia, ponieważ pokrycie części powierzchni targetu związkiem chemicznym (np. TiN) zmniejsza strumień rozpylanych atomów metalu.

Stabilizując natężenie wybranych linii emisyjnych poprzez sterowane dozowanie gazu reaktywnego, którego ciśnienie cząstkowe wpływa na stopień zatrucia targetu, uzyskujemy efekt stabilizacji warunków pracy źródła, a co za tym idzie, jesteśmy w stanie precyzyjnie kontrolować proporcje składników reakcji syntezy warstwy na podłożu.

Metodę tę stosujemy z powodzeniem do kontroli i sterowania procesem reaktywnego magnetronowego nanoszenia warstw azotku tytanu na narzędzia skrawające.

Praca zawiera krótką charakterystykę układu technologicznego wyposażonego w mikroprocesorowy kontroler procesów plazmowych OES100.

2. Charakterystyka układu technologicznego

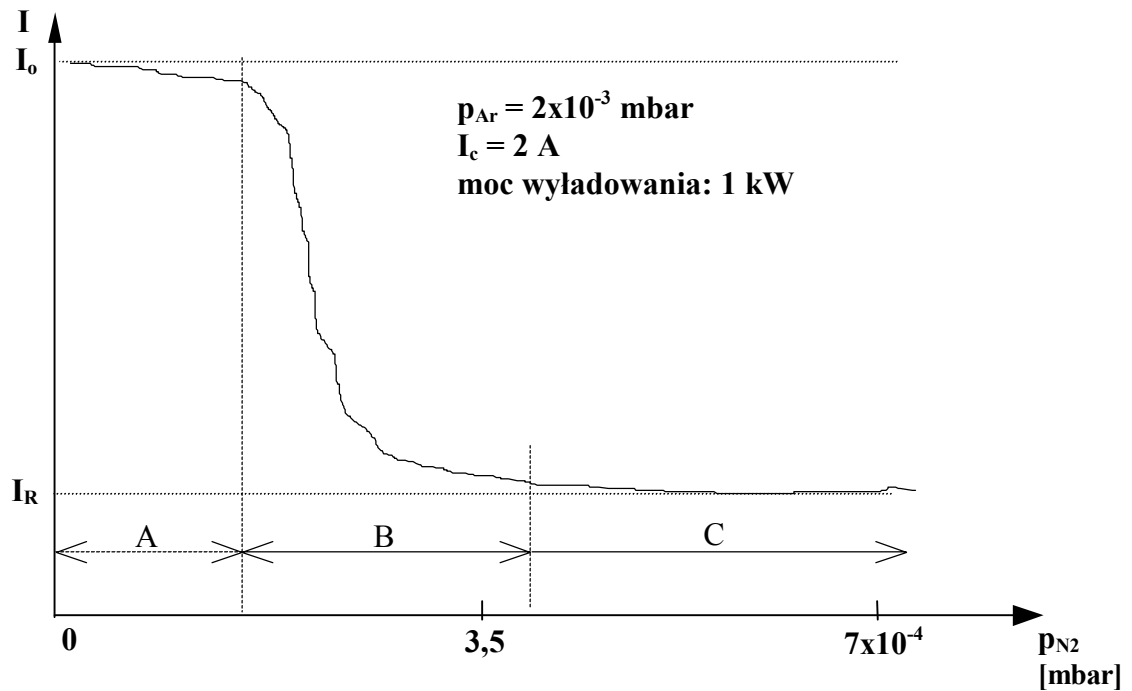
Prace prowadzone są na standardowym stanowisku próżniowym wyposażonym w komorę o średnicy 600 mm z zamontowanym magnetronem planarnym o średnicy 100 mm.

Źródło magnetronowe zawiera układ elektromagnesów pozwalających na jego pracę w trybie nie zrównoważonym (unbalanced mode). Karuzelowy uchwyt podłoży ogrzewany jest radiacyjnie.

Proces reaktywnego nanoszenia warstw TiN na narzędzia skrawające kontrolowany jest techniką OES. Sygnał optyczny z obszaru przytargetowego (15 mm od powierzchni targetu) przesyłany jest na wejście sondy kontrolera OES100. Absorpcyjny filtr wejściowy wydziela z promieniowania plazmy grupę linii emisyjnych atomowego tytanu (521,0 - 498,2 nm).

Gaz reaktywny (azot) wprowadzany jest do komory technologicznej poprzez elektromagnetyczny zawór dozujący.

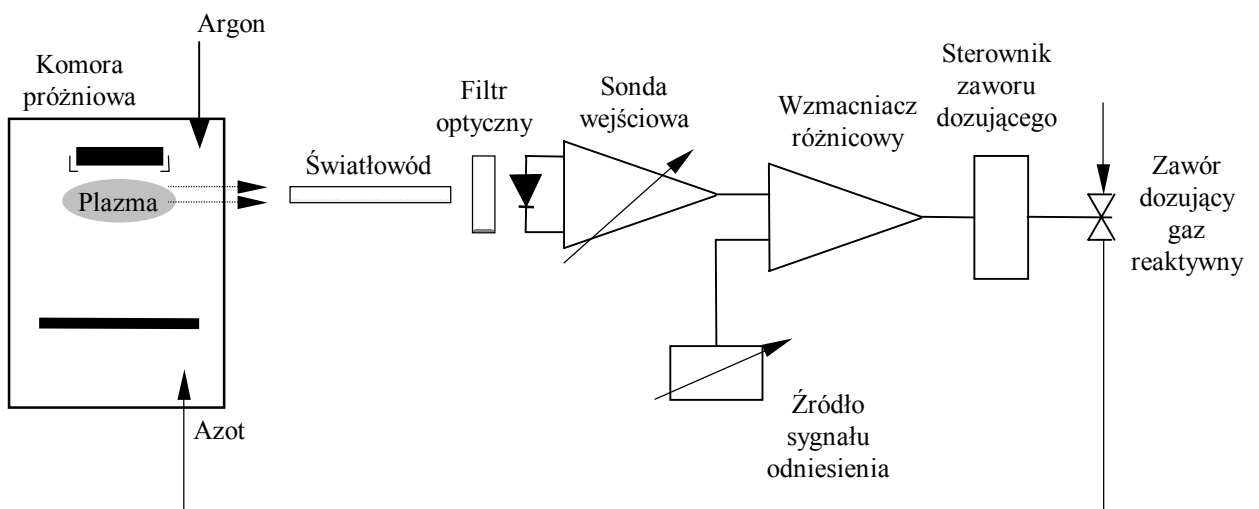
Istotę regulacji ilustruje Rys. 1, na którym przedstawiona została zależność natężenia śledzonych linii widmowych od cząstkowego ciśnienia azotu, przy stałej mocy wyładowania magnetronowego.



Rys.1 Zależność natężenia grupy atomowych linii tytanu Ti^1 (498-521 nm) od cząstkowego ciśnienia azotu.

Interesującym, z punktu widzenia składu warstw TiN, jest przedział B na osi ciśnień azotu. Odpowiada mu zmiana natężenia wybranych linii w przedziale $I_0 - I_R$. Stabilizując sygnał optyczny na zadanym poziomie (np. $0,6 I_0$) poprzez odpowiednie dozowanie gazu reaktywnego, uzyskuje się stabilne i powtarzalne warunki wzrostu warstwy TiN.

Zasada działania kontrolera OES100, nadzorującego proces technologiczny, zilustrowana została na Rys. 2, przedstawiającym blokowy schemat funkcjonalny urządzenia.

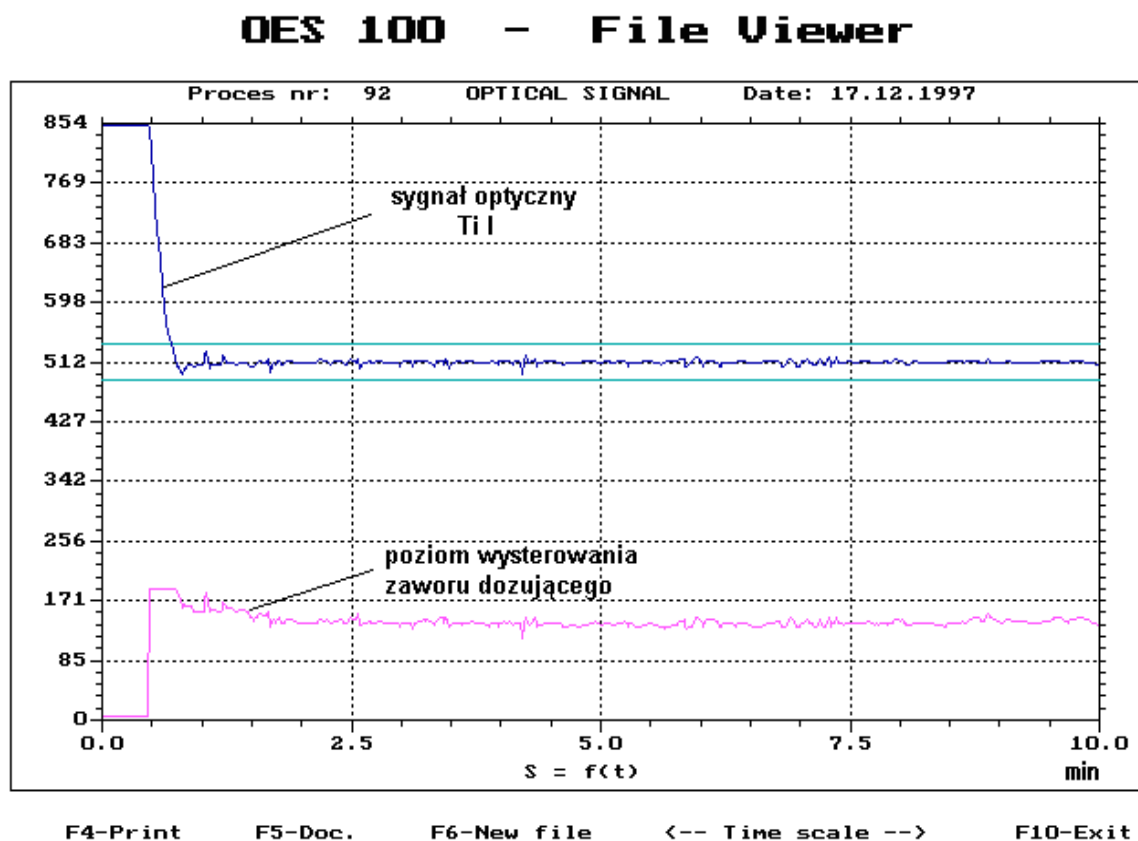


Rys. 2. Schemat blokowy mikroprocesorowego kontrolera OES100 - analogowy model toru obróbki sygnału.

Sygnał optyczny, wydzielony przez filtr i docierający do sondy wejściowej jest porównywany z wartością zadaną. Sygnał błędny, przetworzony na ciąg impulsów prostokątnych o zmiennym

wypełnieniu, steruje wibracyjnym zaworem dozującym gaz reaktywny. Nastawy PI pętli regulacyjnej realizowanej programowo dobierane są odpowiednio do stałych czasowych układu próżniowego.

Obok funkcji regulacyjno-sterujących, kontroler OES100, współpracując z komputerem klasy PC, umożliwia archiwizację danych o przeprowadzonych procesach technologicznych. Na Rys. 3 przedstawiony został przykładowy zapis sygnału optycznego oraz sygnału sterującego zaworem dozującym podczas procesu nanoszenia warstwy TiN.



Rys.3. Strona dokumentacji przykładowego pliku archiwalnego tworzonoego przez kontroler OES100

Zwraca uwagę doskonała jakość stabilizacji sygnału optycznego. Czas dochodzenia do wartości zadanej nie przekracza 30 sekund od momentu otwarcia zaworu dozującego azot. Przebieg dolnej krzywej, obrazującej zmiany poziomu wysterowania zaworu, świadczy o niewielkich i powolnych zmianach średniego zapotrzebowania układu na gaz reaktywny.

Podsumowując, należy podkreślić, że zastosowanie techniki optycznej spektroskopii plazmy do kontroli i sterowania procesem magnetronowego nanoszenia warstw azotku tytanu na narzędzia skrawające, pozwoliło na uzyskanie wysokiej powtarzalności produkcji tego rodzaju powłok.

3. Literatura

- [1] W.D. Sprul, P. Rudnick, C.A. Gogol, Thin Solid Films, 171 (1989) 171-181.
- [2] S. Berg, T. Larson, C. Hender, H.O. Blom, J. Appl. Phys. 22 (1988) 887.
- [3] A.P. Burmakov, W. A. Zaikov, A. A. Labuda, N.N. Nikiforenko, Vakuumnaja Technika i Techno³ogia I (1991) 18.
- [4] L. Combadiere, J. Machet, Surface and Coatings Technology 82 (1996) 145.