

ANALIZA WPŁYWU TRAWIENIA POWIERZCHNI W PROCESIE SPUTTERINGU MAGNETRONOWEGO

Streszczenie

W prezentowanym artykule, autorzy starają się zwrócić uwagę na proces wstępnego przygotowania próbek do nanoszenia warstw metodą sputteringu magnetronowego. Wykorzystywaną metodą w urządzeniu, na którym przeprowadzono badania proces ten polega na bombardowaniu powierzchni próbki plazmą i wytrawianiu jej górnych warstw. Autorzy postanowili zatem zbadać jaki wpływ ma trawienie na próbkę oraz czy wybite z próbki atomy materiału mogą być osadzone na innym podłożu. Dodatkowo przeanalizowano jedną z możliwości modyfikacji kształtu plazmy poprzez wprowadzenie, do komory roboczej, bardzo silnych magnesów.

WSTĘP

Coraz powszechniej stosowaną techniką nanoszenia warstw materiałów staje się sputtering magnetronowy. Ze względu na aspekty ekonomiczne jest to proces szczególnie opłacalny w eksperymentach na skalę laboratoryjną. Pojedyncza inwestycja w targety (źródła materiału), pozwala przeprowadzać eksperymenty przez wiele lat. Sam proces polega na wzbudzeniu plazmy w otoczeniu gazu szlachetnego i doprowadzenia do wybicia atomów pierwiastka z targetu. Wybite atomy, w sposób losowy są rozprowadzane na materiale podłoża [1,2]. O ile idea wykorzystania urządzenia do nanoszenia pojedynczych warstw jest powszechnie znana, to pojawiają się problemy w przypadku chęci modyfikacji topografii napylanego materiału, napylania w sposób selektywny w wybranych obszarach bądź wprowadzenia do istniejących targetów dodatkowego pierwiastka.

W związku z tym, że wprowadzenie jakiegokolwiek substancji w obszar targetu i doprowadzenia do reakcji może doprowadzić do jego trwałego zanieczyszczenia autorzy postanowili dokonać szeregu eksperymentów poza właściwą komorą roboczą – a dokładnie w obszarze trawienia. W obszarze trawienia dochodzi do identycznych zjawisk jak w komorze roboczej, jednak nie ma możliwości instalacji gotowych targetów.

1. EKSPERYMENT

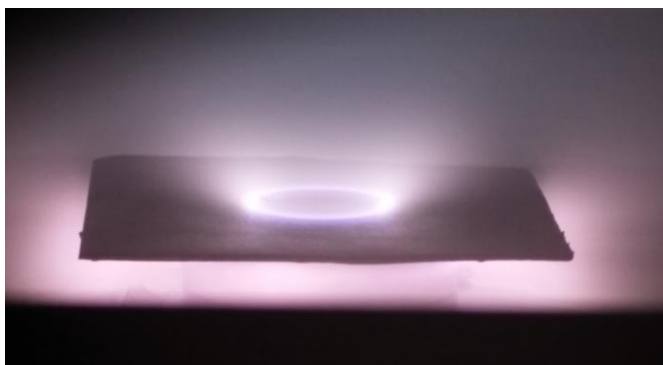
W eksperymencie użyto maszyny firmy Alliance Concept Line 440 (Rys. 1). Urządzenie to posiada możliwość instalacji czterech źródeł materiałów (targetów), odpowiednie oprogramowanie procesu, przesuwanie próbką pod kolejnymi targetami. Urządzenie jest z powodzeniem stosowane w komercyjnej produkcji pojedynczych warstw jak i nawet całych paneli fotowoltaicznych [3-5]. Niewątpliwą zaletą urządzenia jest funkcja śluzy umożliwiająca wprowadzanie próbek bez konieczności wypompowywania gazów roboczych. Pomiędzy śluzą a obszarem, w którym znajdują się targety producent zainstalował obszar, w którym możliwe jest oczyszczanie powierzchni w próżni – de facto procesem identycznym jak samo nanoszenie warstw. Pozostaje jedynie brak targetów.

Autorzy poddali pod dyskusję problem trawienia oraz pozostałości atomów strawionych i ich osiadania w obrębie komory. Temat ten wydał się szczególnie interesujący z punktu widzenia wytwarzania własnych targetów o modyfikowanym składzie.

Użycie komory trawiącej i ukierunkowanie strumienia plazmy celem zintensyfikowania jej oddziaływania z próbką wymagało zastosowania dodatkowych bardzo silnych magnesów [6,7]. Przygotowano zatem próbkę czystego krzemu, umieszczono na magnesach oraz rozpoczęto proces trawienia (Rys. 2).



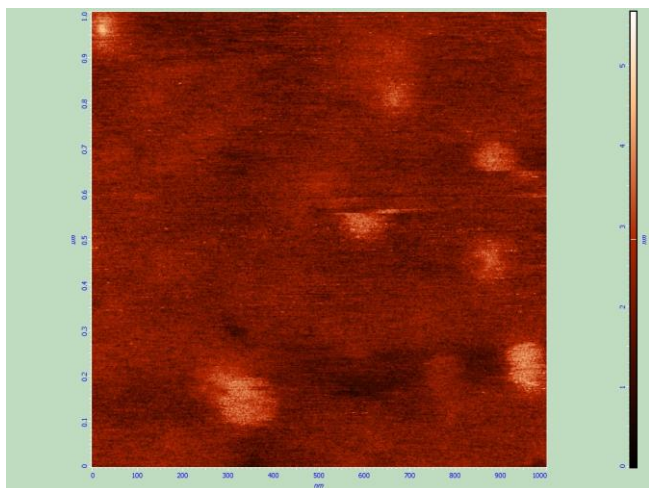
Rys. 1. Alliance Concept Line 440



Rys. 2. Alliance Concept Line 440

2. REZULTATY

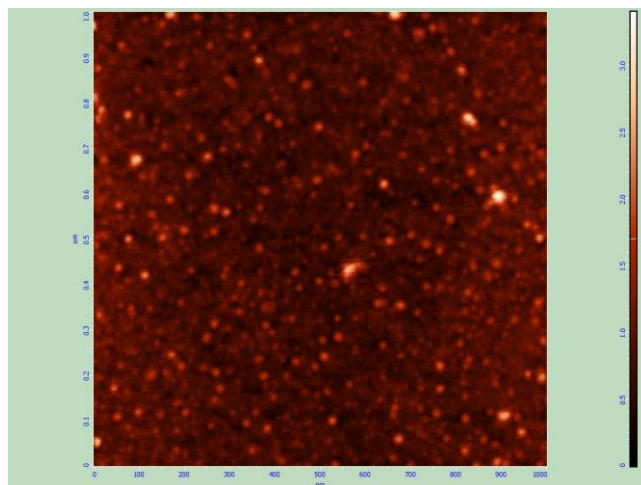
Zaobserwowano szczególnie intensywne oddziaływanie plazmy na próbkę w obszarach nad podłożonym magnesem. W zilustrowaniu tego procesu posłużono się mikroskopią sił atomowych. Poniżej przedstawiono tylko jeden z przykładów oddziaływania plazmy na wybrany obszar. Na Rys. 3. pokazano próbkę przed trawieniem. Jak łatwo zaobserwować fluktuacje na powierzchni nie sięgają 5 nm.



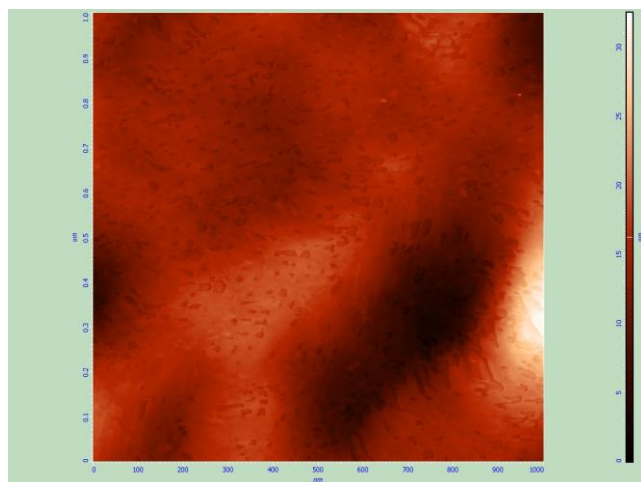
Rys. 3. Obraz mikroskopowy próbki przed trawieniem

Na rysunkach poniżej (Rys. 4 i Rys. 5) pokazano siłę oddziaływania (wybijania) atomów materiału z próbki w chwili gdy magnes nie był zainstalowany (Rys. 4). Łatwo zaobserwować, że zainicjowana plazma doprowadziła jedynie do równego zebrania powierzchni. Proces wygładzania był na tyle skuteczny, że fluktuacje powierzchni zmniejszyły się do 3 nm.

Zupełnie inaczej sytuacja przedstawia się w sytuacji użycia magnesów modyfikujących (skupiających) kształt plazmy. Fluktuacje powierzchni w obserwowanym obszarze sięgają 30 nm. Oznacza to jednoznacznie, iż w tych miejscach ingerencja plazmy była bardzo intensywna. Obraz z mikroskopu sił atomowych można zaobserwować na Rys. 5. Mimo, że cel badań wydawał się czysto akademicki, to pozwolił udowodnić, że możliwe jest odparowywanie substancji w komorze służącej do czyszczenia próbek. Tym samym sprawdzono, że na zlokalizowanych w tej samej komorze podłożach szklanych ilość krzemu napyłonego jako odpad z trawienia wzrósł w wyniku zastosowanych procedur z ułamka procenta do kilku procent.



Rys. 3. Obraz mikroskopowy strawionej próbki krzemu



Rys. 3. Obraz mikroskopowy strawionej próbki krzemu

PODSUMOWANIE

1. Wykorzystanie komory trawiącej jako dodatkowego targetu zakończyło się sukcesem.
2. Odpowiednie ukierunkowanie wygenerowanej plazmy może wpływać na szybkość procesu trawienia.
3. Wykorzystanie komory trawienia umożliwia budowanie targetów o własnych parametrach nawet na małą skalę.
4. Efekty selektywnego wytrawiania powierzchni mogą być obiecującym materiałem pod kątem badań nad modyfikacją struktur powierzchni.

BIBLIOGRAFIA

1. Posadowski W. M.: Pulsed magnetron sputtering of reactive compounds, *Thin Solid Films*, vol. 343–344 (1999), s. 85–89.
2. Musil J., Baroch P., Vlcek J., Nam K.H., Han J.G.: Reactive magnetron sputtering of thin films: present and trends, *Thin Solid Films*, vol. 475 (2005), s. 208–218.
3. Batzill M., Diebold U., The surface and materials science of thin oxide, *Progress in Surface Science* 79 (2005) 47-154.
4. Kaczmarek D.: Modyfikacja wybranych właściwości cienkich warstw TiO₂, *Oficina Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław 2008.
5. Mech K., Kowalik R., Żabiński P.: Cu thin films deposited by DC magnetron sputtering for contact surfaces on electronic components, *Archives of Metallurgy and materials*; vol. 56; 2011.

6. Takayuki I., Hiroaki M., Takashi I., Wide erosion nickel magnetron sputtering using an eccentrically rotating center magnet; Vacuum 83 (2009) 470–474.
7. Takayuki I., Target utilization of planar magnetron sputtering using a rotating tilted unbalanced yoke magnet, Vacuum 84 (2010) 339–347.

ETCHING EFFECT ANALYSIS IN THE PROCESS OF MAGNETRON SPUTTERING

Abstract

In this paper, the authors pay attention to the pre-treatment process for creating layers by magnetron sputtering. The method used by the device on which the study was conducted involves bombarding the sample surface plasma and etching the upper layers. The authors therefore decided to investigate what impact the digestion of the sample has and whether the sample atoms knocked out of the material can be embedded on other substrates. In addition, one possible modification of the plasma shape was analyzed by introducing very strong magnets into the working chamber.

Autorzy:

doc. dr inż. **Tomasz Grudniewski** – Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, Katedra Nauk Technicznych, Zakład Informatyki, knt@pswbp.pl

dr inż. **Marta Chodyka** – Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, Katedra Nauk Technicznych, Zakład Informatyki, m.chodyka@dydaktyka.pswbp.pl

mgr inż. **Zofia Lubańska** – Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, Katedra Nauk Technicznych, Zakład Informatyki, z.lubanska@dydaktyka.pswbp.pl