

Zofia LUBAŃSKA, Tomasz GRUDNIEWSKI, Marta CHODYKA

WYTWARZANIE ULTRA CIENKICH WARSTW Z WYKORZYSTANIEM LINE 440 SPUTTERING SYSTEM

Streszczenie

W artykule omówiono jedną z możliwych technik nanoszenia cienkich warstw na podłoża szklane jaką jest sputtering magnetronowy. Metoda polega na nanoszeniu na przygotowane podłoża, materiałów w wyniku rozpylania plazmowego. LINE 440 jest aparaturą najnowszej generacji wykorzystywaną do celów naukowo-badawczych w Centrum Badań nad Innowacjami przy Państwowej Szkole Wyższej w Białej Podlaskiej.

WSTĘP

Sputtering magnetronowy jest techniką napyłania warstw zdobywającą coraz większe zainteresowanie w procesach wytwarzania elementów elektronowych i ogniw fotowoltaicznych. Ultracienkie warstwy otrzymano za pomocą aparatury Line 440 firmy Alliance Concept. Proces polega na wybijaniu atomów z targetu w komorze próżniowej, do której jest wprowadzany gaz najczęściej argon wysokiej czystości, rzadziej z niewielką domieszką tlenu lub azotu (sputtering reaktywny), następnie do targetu wykonanego z substancji, którą się napyła, podłączane jest stałe lub zmienne napięcie elektryczne, które doprowadza do jonizacji gazu w komorze. Częstotki plazmy kierowane przez magnesy znajdujące się pod targetem bombardują jego powierzchnię i doprowadzają do wybijania cząstek, które następnie osadzają się na powierzchni.

Autorzy zamierzali otrzymać cienkie warstwy, które będą miały zadowalające parametry w zastosowaniach elektro- optycznych, tj. najszersze spektrum transmisji światła oraz jak najmniejsza rezystancja. Próbowano również modyfikować własności otrzymanych warstw zmieniając czynniki w procesie napyłania, takie jak: temperatura, rodzaj gazu i czas. Zastosowanie tej metody miało na celu stworzenie własnych nowych targetów na potrzeby laboratoryjno-badawcze. Autorzy podjęli trzecią próbę, miała ona na celu wykorzystanie elementów sterowanych zewnątrz wprowadzonych do układu, których rolą było zaburzenie procesu nanoszenia warstw. Pozytywnym skutkiem tego miało być większe uporządkowanie struktury warstwy lub bardziej jednolita powierzchnia, negatywnym natomiast mogło być całkowite uniemożliwienie prawidłowego napyłania.

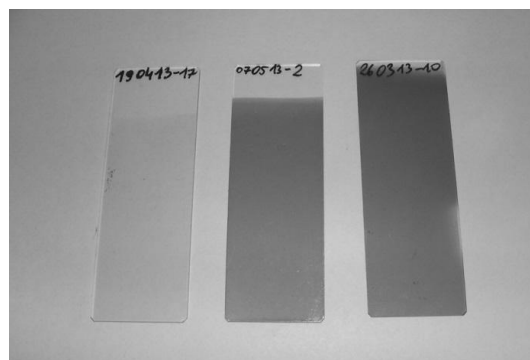
1. EKSPERYMENT

Autorzy w pierwszej próbie wykonali badania metodą mikroskopii sił atomowych (AFM NT-MDT Ntegra Spectra C – Rys.1.) cienkich warstw SnO₂ otrzymanych w procesie napyłania.

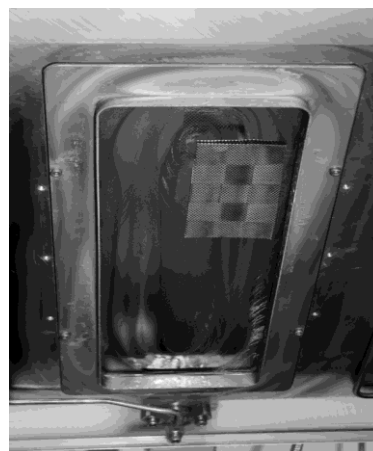


Rys. 1. Umieszczanie próbki w głowicy mikroskopu sił atomowych NT-MDT Ntegra Spectra C.

Zbadano zależności pomiędzy topografią warstw a temperaturą procesu napyłania, ilością gazów biorących udział w procesie oraz równoległe własnościami elektrycznymi. Poszukiwano zależności umożliwiające charakteryzowanie parametrów elektro – optycznych warstw w oparciu o obrazy uzyskane techniką AFM. Założono, że badania otrzymanych struktur techniką AFM pozwolą na dobór procesów napyłania celem otrzymania oczekiwanych własności elektrycznych i optycznych. W finale otrzymano przezroczyste tlenki SnO₂ o zakładanej rezystancji (Rys.2). Wykonano czteropunktowy pomiar rezystancji oraz pomiar transmisji spektralnej.



Rys. 2. Przykładowe zmiany transmisji próbek w zależności od temperatury oraz ilości tlenu.



Rys. 3 Zdjęcie siatki stalowej zamocowanej w Line 440

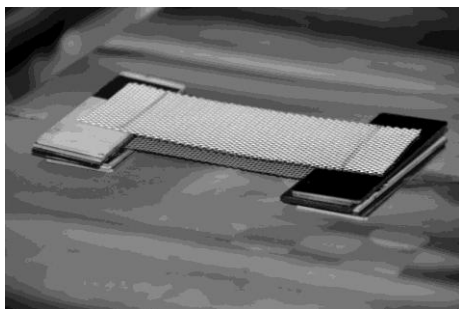
W drugim eksperymencie podjęto próbę modyfikacji własności otrzymanych warstw w procesie napyłania poprzez stworzenie własnych targetów, wieloskładnikowych oraz metod ich montażu. Opracowanie metody pozwalającej na mieszanie składników

z posiadanych już targetów na potrzeby badań było niezbędne. Metoda wydaje się łatwa w urządzeniach posiadających targety w taki sposób, że możliwe jest umieszczanie na nich np. produktów sypkich lub w formie tabletek. W posiadaniu autorów była aparatura, która ma umieszczone targety nad próbką i nie jest możliwe położenie na nich czegokolwiek. W związku z tym zastosowano element mocujący, który był zarazem nośnikiem targetu wieloskładnikowego w postaci stalowej siatki, która bez problemu została umocowana, a konkretnie przyciągnięta przez wbudowane magnesy. Dodatkowymi atutami zastosowania siatki stalowej były własności samej siatki takie jak: spodziewana odporność na wybijanie atomów żelaza czy odporność na zmiany temperatury. Domniemywano, że zastosowanie siatki umożliwi wybijanie atomów targetu, do którego przymocowana jest siatka – co w rezultacie pozwoli dodać jeden element do targetu wieloskładnikowego. Przy współczynniku wypełnienia zbliżonym do: 2/3 drut stalowy i 1/3 otwór w siatce, możliwe jest teoretycznie optymalne rozdzielanie ilości materiałów dla 3 składników (Rys.3).

Kolejną próbą było zastosowanie siatek jako przesłony, na drodze wybitych atomów będzie skutkowało wzrostem uporządkowania nanoszonych warstw. Dodatkowo podejmowano próby zewnętrznego spolaryzowania siatek w celu sprawdzenia wpływu tego procesu na topografię naniesionych warstw. Wstępem do przeprowadzanych eksperymentów z użyciem siatek stalowych były badania wpływu nośnika (drut miedziany oraz siatka z drutu miedzianego) sterowanego wysokim napięciem, na zmiany w topografii warstwy.

Tak jak w poprzednich eksperymentach użyto szkiełek mikroskopowych (Microscope slides LABGLASS), zastosowana została siatka stalowa o średnicy oczka 1 mm i poprzeczkach grubości ok 0,6 mm oraz drut miedziany grubości 0,2 mm (Rys.4), która została umieszczona w magnetronie. Dodatkowo skonstruowano płytkę z przewodami miedzianymi oraz siatkę miedzianą.

Autorzy zakładali, że wprowadzenie przeszkody w postaci siatki będzie miało bezpośredni wpływ na próbkę. Okazało się, że próby nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Wpływ umieszczonych nad próbką przewodników polegał na realizacji fizycznej przesłony. Po analizie dotychczasowych eksperymentów z użyciem cewki i widocznego jej wpływu na napylaną warstwę postanowiono wykorzystać zaobserwowany efekt do modulowania topografii próbki z użyciem miedzianej siatki (Rys.5).



Rys. 4. Stalowe siatki umieszczone w magnetronie



Rys. 5. Siatka miedziana

Przez wzgląd na dużo mniejszą średnicę przewodników użytych w siatce w stosunku do odległości od podłoża, na które nanoszona jest warstwa, modyfikacja wynikająca z przysłonięcia wybitych atomów była nieobserwowalna. Przyłożenie do siatki miedzianej zewnętrznego napięcia sterującego stałego jak i zmiennego o wartościach od 0 do 240 V (spolaryzowanego zamiennie: dodatnio lub ujemnie względem podłoża) nie wpływało na zmiany w topografii.

PODSUMOWANIE

Celem przeprowadzonych eksperymentów było uzyskanie cienkich warstw o jak najlepszych parametrach optycznych i elektrycznych. Wybrane próbki (Rys.2) to próbki o skrajnych obserwowanych wartościach transmisji.

Badania morfologii powierzchni metodą mikroskopii AFM wykazały, że topografia powierzchni zależy od temperatury w procesie napyłania. W wyniku przeprowadzonych badań można połączyć topografię otrzymanych próbek SiO₂ z parametrami elektrooptycznymi, okazuje się, że niejednorodność powierzchni struktury SiO₂ wpływa pozytywnie na rezystancję.

Podjęta próba modyfikacji składu z zastosowaniem nośnika w postaci stalowej siatki umożliwiła zwiększenie wachlarza zastosowań, poprzez posiadane otwory w siatce, które pozwoliły na dodanie dodatkowego składnika. Natomiast nadmierne wybijanie atomów żelaza z siatki okazało się wielkim problemem. Pokrycie siatki materiałem trudnym do napylenia (krzem), nie zmienia własności target, natomiast skutecznie obniża ilość atomów żelaza na powierzchni próbki. W przyszłości można pokusić się o zwiększenie ilości materiałów targetu naniesionego na siatkę.

Zastosowanie elementów sterowanych zewnątrznie oraz przeszkody, które nie mają bezpośredniego kontaktu z próbką nie mają wpływu na zaburzenia w topografii nanoszonej warstwy. Próbki napyłane przez siatkę miały wizualnie znacznie cieńszą warstwę, co potwierdziła analiza składu chemicznego. Zaobserwowano natomiast, wpływ położenia siatki na morfologię nanoszonej warstwy. Siatki działały jako przesłony w skali makroskopowej – w powstałej warstwie modyfikacji podlegała jedynie jej grubość. Oznacza to, że siatka powstrzymuje część wybitych cząstek, a warstwa otrzymana pod siatką jest znacznie bardziej uporządkowana (a jej nanocząsteczki mniejsze). Chropowatość warstwy napyłonej pod siatką jest znacznie mniejsza niż próbki kontrolnej umieszczonej obok.

BIBLIOGRAFIA

1. Sahin A., Kaya H., Thin-Film Solar Cells, (2010).

2. Rossnagel S.M., Sputter Deposition Sproul W.D., Legg K.O (Eds.), Opportunities for Innovation Advanced Surface Engineering, Technomic Publishing Co, Switzerland, (1995).
3. Park M. W., Lee W. W., Lee J. G., Lee Ch. M, A Comparison of the Mechanical Properties of RF- and DC- Sputter-Deposited Cr Thin Films, Materials Science, (2007).
4. Batzill M., Diebold U., The surface and materials science of thin oxide, Progress in Surface Science 79 (2005).
5. Posadowski W. M.: Pulsed magnetron sputtering of reactive compounds, Thin Solid Films, (1999).
6. Musil J., Baroch P., Vlcek J., Nam K.H., Han J.G.: Reactive magnetron sputtering of thin films: present and trends, Thin Solid Films, (2005).
7. Kaczmarek D., Modyfikacja wybranych właściwości cienkich warstw TiO₂, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
8. Luhin V., Zarapin V., Zharski I., Zhukowski P.: Sensorowe właściwości cienkich warstw SnO₂ wytwarzanych rozpylaniem magnetronowym, Elektronika. Konstrukcje, technologie, zastosowania 11/2011.

ULTRA THIN LAYER PREPARATION WITH USING THE LINE 440 SPUTTERING SYSTEM

Abstract

The article describes one of the possible techniques for thin films preparation on glass substrates. The method involves applying to the surface of sample externally controlled media, which is sprayed in a magnetic field and then deposited onto a substrate. Line 440 is the latest generation apparatus used for the purposes of research at the Center for Innovation Research at the State School in Biala Podlaska

Autorzy:

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

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