

Warszawa, 20 Grudzień, 2007r.

Doc. dr hab. inż. Tadeusz Pisarczyk
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,
00-908 Warszawa, ul. Hery 23

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. Marcina Jedyńskiego pt.:
„Wpływ gazu otaczającego na osadzanie impulsem laserowym
hydroksyapatytu na podkładach ze stopu tytanu”

Tematyka rozprawy dotyczy wykorzystania zjawiska ablacji laserowej do nanoszenia cienkich warstw hydroksyapatytu-najważniejszego nieorganicznego składnika tkanki kostnej na podkłady ze stopu tytanu. Z tego względu badania przedstawione w niniejszej pracy mają ścisły związek z zastosowaniami medycznymi, a w szczególności w ortopedii do pokrywania tkanką kostną implantów lub protez. Takie pokrycie pozwala na biologiczne połączenie sztucznych organów (elementów implantów lub protez) z otaczającą ich tkanką kostną. Trwałość takiego połączenia zależy w decydującym stopniu od struktury naniesionego hydroksyapatytu, który powinien być polikrystaliczny, gdyż w postaci amorficznej wchłaniany jest przez organizm.

Niniejsza praca pokazuje realną możliwość otrzymania warstw o strukturze polikrystalicznej hydroksyapatytu metodą laserowej ablacji z wykorzystaniem lasera ArF zainstalowanego w Instytucie Optoelektroniki WAT.

Treść rozprawy - opinie i uwagi na temat poszczególnych rozdziałów pracy.

W rozdziale 1 pierwszym doktorant wyjaśnia istotę ablacyjnego sposobu wytwarzania warstw oraz podkreśla jego głównie zalety, takie jak: (i) możliwość przenoszenia składu stechiometrycznego z materiału tarczy na podkład przy zachowaniu proporcji poszczególnych jego składników, (ii) uzyskanie warstwy o pożądanym składzie fazowym, strukturze i topografii powierzchni oraz (iii) możliwość łatwego uzyskiwania struktur wielowarstwowych. Z przedstawionego w tym rozdziale stanu wiedzy wynika, że uzyskanie warstwy hydroksyapatytu o parametrach przydatnych z punktu widzenia w/w zastosowań, tzn. o strukturze polikrystalicznej i grubości poniżej 1 μm nie jest zadaniem łatwym, wciąż otwartym i wymagającym badań. Badania te polegają na określeniu wpływu wielu czynników takich jak: parametry lasera (długość fali i gęstość energii w impulsie), odległość podkładu od tarczy laserowej oraz rodzaj i ciśnienie gazu w komorze eksperymentalnej, na dynamikę, charakter ekspansji oraz parametry plazmy ablacyjnej, co ma bezpośredni związek z parametrami wytwarzanej warstwy hydroksyapatytowej.

Z analizy dotychczas zrealizowanych eksperymentów wynika, że próby wytwarzania warstw o strukturze polikrystalicznej podejmowane były niejednokrotnie, a najbardziej obiecujące wyniki uzyskiwano przy zastosowaniu laserów ekscymerowych KrF i ArF pracujących w zakresie ultrafioletu dla długości fal, $\lambda < 400$ nm, przy czym proces ablacyjnego

wytwarzania warstw hydroksyapatytowych prowadzony był w środowisku pary wodnej przy ciśnieniu w zakresie 30-40 Pa.

W związku z powyższym niniejsza praca jest kolejną próbą przeprowadzenia badań optymalizacyjnych związanych z wytwarzaniem warstw hydroksyapatytowych. Autor proponuje zarówno badania w środowisku pary wodnej przy ciśnieniu 20 Pa, jak i badania porównawcze przy niskim ciśnieniu powietrza w komorze eksperymentalnej ($\sim 7 \times 10^{-3}$ Pa).

Celem pracy jest wyznaczenie związków między parametrami gazu roboczego, a parametrami obłoku takimi jak: prędkość, gęstość i temperatura elektronów oraz własnościami osadzonej warstwy, a także porównanie wyników w/w pomiarów z istniejącymi modelami teoretycznymi.

Badania zostały zrealizowane w Instytucie Optoelektroniki WAT przy użyciu lasera ArF pracującego na długości fali $\lambda=193$ nm przy gęstości energii promieniowania laserowego na tarczy 7 J/cm^2 w impulsie o czasie trwania, 20 ns. Do zrealizowania celu pracy doktorant proponuje badania spektroskopowe oraz wizualizację ekspansji plazmy ablacyjnej. Weryfikacja przydatności uzyskanych warstw hydroksyapatytowych, prowadzona jest za pomocą mikroskopu sił atomowych, spektrometru fourierowskiego pracującego w zakresie podczerwieni oraz dyfraktometru rentgenowskiego.

Uzasadniając powyższy cel pracy, doktorant wyjaśnia, że w przypadku lasera ArF nie były dotychczas prowadzone eksperymenty ablacyjnego nanoszenia warstw hydroksyapatytu przy gęstości energii promieniowania laserowego na tarczy na poziomie 7 J/cm^2 . Nie były również publikowane wyniki pomiarów parametrów termodynamicznych plazmy ablacyjnej zawierającej cząstki hydroksyapatytu, a w szczególności brak jest danych na temat zależności temperatury i gęstości elektronów w ekspandującym obłoku plazmowym w funkcji odległości od tarczy.

Biorąc pod uwagę powyższe wyjaśnienia doktoranta należy uznać sformułowany cel pracy za zasadny. Jednakże, nie wynika to jasno przedstawionego przeglądu literatury, który został potraktowany przez autora pracy bardzo skrótowo, a miejscami nawet tendencyjnie. Dokonując analizy stanu wiedzy na podstawie literatury doktorant nie odnosi się zarówno do diagnostyk związanych z pomiarem parametrów plazmy ablacyjnej jak i technik umożliwiających określenie parametrów nanoszonych warstw hydroksyapatytowych na podkłady z tytanu.

W rozdziale 2 przedstawiony jest układ eksperymentalny do badania dynamiki i parametrów plazmy ablacyjnej oraz aparatura i metody stosowane do oceny parametrów osadzonych warstw w zrealizowanych eksperymentach.

Bazę aparaturową dla stosowanych w eksperymentach diagnostyk stanowiły następujące przyrządy: spektrograf Hilger & Watts o rozdzielczości 10 A/mm, kamera ICCD Andor iStar wyposażona w mikrokanalikowy wzmacniacz obrazu i umożliwiająca rejestrację obrazu z czasem ekspozycji kilkuset nanosekund, fotopowielacz Hamamatsu H7732_10, oscyloskop Tektronix TDS 3014. Spektrograf mógł być używany również jako monochromator.

Odpowiednie zestawienie w/w aparatury umożliwiło zrealizowanie:

- pomiarów widma plazmy ablacyjnej lub profilu wybranych linii z rozdzielczością czasową przy zestawieniu aparatury w konfiguracji: spektrograf - kamera ICCD,
- pomiarów zmian intensywności wybranych linii widmowych w funkcji czasu z użyciem: spektrografu (pracującego w trybie monochromatora), fotopowielacza oraz oscyloskopu,
- wizualizacja świecenia własnego plazmy ablacyjnej w zakresie widzialnym oraz dla wybranych linii widmowych za pomocą kamery ICCD.

