

Vplyv odrazených Ar neutrálov na tvrdé TaB_x vrstvy

Katarína Viskupová^{1*}

Branislav Grančič^{1†‡}

¹Katedra experimentálnej fyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

Diboridy prechodových kovov (TMB₂) sú keramické materiály s vynikajúcimi mechanickými vlastnosťami. Kvôli vysokej tvrdosti a chemickej stabilite pri vysokých teplotách sú vo forme tenkých vrstiev aplikovateľné ako ochranné povlaky na rezné nástroje, používané pri obrábaní hliníkových či magnéziových zliatin.

Mechanické vlastnosti takýchto povlakov výrazne závisia od pomeru B/TM a vnútornej štruktúry. Používanou metódou prípravy je magnetronové naprašovanie z TMB₂ terča, pričom percentuálne zastúpenie prvkov v pripravenej vrstve sa v porovnaní s terčom často líši. Výsledná kompozícia je ovplyvnená viacerými mechanizmami, ako sú rôzna uhlová distribúcia odprášených B a TM atómov, či väčší rozptyl ľahkého bóru pri transporte z terča na substrát [Neidhardt et al., 2008]. Petrov a kol. ukázali, že pomer B/Ti sa dá kontrolovať využitím externého magnetického poľa [Petrov et al., 2017]. Dôležitú úlohu zohrávajú aj vysokoenergetické Ar neutrály odrazené od terča obsahujúceho ťažké prvky, ktoré pri dopade na rastúcu vrstvu spôsobujú spätné odprašovanie bóru [Grančič et al., 2019, Šroba et al., 2020].

V našej práci sa venujeme príprave TaB_x vrstiev jednosmerným magnetronovým naprašovaním a ukazujeme, že významným parametrom ovplyvňujúcim zloženie a štruktúru je hrúbka TaB₂ terča. Pri jej znižovaní sa zväčšuje magnetické pole a hustota plazmy nad terčom, preto klesá hodnota napätia potrebná na dosiahnutie rovnakého prúdu výboja. S napätím na terči klesá aj energia od neho odrazených Ar neutrálov, čím sa zvyšuje pomer B/Ta vo vrstvách. Zmenu energie neutrálov demonštrujeme pomocou počítačových simulácií v programe SRIM.

Navyše skúmame vplyv externého magnetického poľa v axiálnom smere, vytvoreného dvoma Helmholtzovými cievkami pripevnenými na depozičnú komoru. S využitím plazmových meraní (Langmuirova sonda, prúdová sonda) ukazujeme, že toto pole spôsobuje zvýšenú koncentráciu iónov v blízkosti substrátu. Z dôvodu nižšej ionizačnej energie Ta oproti B (7,5 eV ku 8,3 eV) dochádza k preferenčnej ionizácii

atómov Ta, ktoré sú priťahované na substrát, čím sa pomer B/Ta znižuje.

Pokles obsahu bóru je sprevádzaný zmenou kryštalickej štruktúry. V difrakčnom zázname sledujeme postupný prechod od preferenčnej (0001) k (10 $\bar{1}$ 1) orientácii v hexagonálnej α -TaB₂ mriežke. Pri dosiahnutí výraznej podstechiometrie majú vrstvy až amorfný charakter. Všetky pripravené vzorky vykazujú vysokú tvrdosť nad 30 GPa. Na vrstvách s B/Ta < 1,6 pozorujeme hromadenie materiálu okolo vpichov hrotu nanoindentora, čo naznačuje zvýšenú húževnatosť.

Pod'akovanie

Práca bola podporená z grantov: APVV-171-0320, VEGA 1/0381/19 a OPVV (číslo projektu ITMS 26210120010).

Literatúra

- [Grančič et al., 2019] Grančič, B., Pleva, M., Mikula, M., Čaplovičová, M., Satrapinskyy, L., Roch, T., Truchlý, M., Sahul, M., Gregor, M., Švec Sr, P., et al. (2019). Stoichiometry, structure and mechanical properties of co-sputtered ti1-xtaxb2±δ coatings. *Surface and Coatings Technology*, 367:341–348.
- [Neidhardt et al., 2008] Neidhardt, J., Mráz, S., Schneider, J. M., Strub, E., Bohne, W., Liedke, B., Möller, W., and Mitterer, C. (2008). Experiment and simulation of the compositional evolution of ti-b thin films deposited by sputtering of a compound target. *Journal of applied physics*, 104(6):063304.
- [Petrov et al., 2017] Petrov, I., Hall, A., Mei, A. B., Nedfors, N., Zhirkov, I., Rosen, J., Reed, A., Howe, B., Greczynski, G., Birch, J., et al. (2017). Controlling the boron-to-titanium ratio in magnetron-sputter-deposited tibx thin films. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 35(5):050601.
- [Šroba et al., 2020] Šroba, V., Fiantok, T., Truchlý, M., Roch, T., Zahoran, M., Grančič, B., Švec Jr, P., Nagy, Š., Izai, V., Kúš, P., et al. (2020). Structure evolution and mechanical properties of hard tantalum diboride films. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 38(3):033408.

*viskupova12@uniba.sk

†branislav.grancic@fmph.uniba.sk

‡Školiteľ