

Studentská Vědecká Konference 2012

Unikátní vlastnosti tvrdých Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitních vrstev

Josef Sklenka¹, Jindřich Musil²

1 Úvod

Dosud vytvářené tvrdé vrstvy jsou křehké a při zatížení snadno praskají. To je způsobeno především jejich nízkou houževnatostí. Proto se intenzivně pracuje na vývoji nové generace tvrdých vrstev se zvýšenou houževnatostí, které budou odolné proti praskání při jejich deformaci. Jednou z možností jak takové vrstvy připravit je vytvořit dvou-fázový nanokompozitní materiál složený z amorfni matrice, do níž jsou zabudovány nanokrystalické oblasti (nanozrna). Takovým nanokompozitním materiálem může být amorfni alumina (Al_2O_3) nebo silica (SiO_2), do které jsou zabudována ZrO_2 nanozrna. Tím vznikne nc- ZrO_2 /a- Al_2O_3 nebo nc- ZrO_2 /a- SiO_2 nanokompozitů; nc- a a- označuje nanokrystalickou a amorfni fázi. Tvrdé Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitní vrstvy nebyly dosud připraveny a nejsou známy jejich vlastnosti. Proto naším hlavním cílem bylo připravit tyto vrstvy a detailně prozkoumat jejich fyzikální, mechanické a optické vlastnosti.

Práce referuje o fyzikálních, mechanických a optických vlastnostech tvrdých Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitních vrstev. Vrstvy byly připraveny reaktivním naprašováním pomocí duálního magnetronu. Detailně byly prozkoumány korelace mezi depozičními parametry vrstev, jejich (i) prvkovým a fázovým složením, (ii) strukturou, (iii) mikrotvrdostí H, efektivním Youngovým modulem E^* , (iv) elastickým zotavením a (v) optickou transparentností; zde $E^* = E(1-\nu^2)$, E je Youngův modul a ν je Poissonův poměr. Bylo zjištěno, že (1) správný výběr depozičních podmínek umožňuje připravit tvrdé vrstvy s nízkým Youngovým modulem při kterém poměr $H/E^* \geq 0.1$ a (2) tvrdé Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitní vrstvy s poměrem $H/E^* \geq 0.1$ jsou (i) vysoce elastické, (ii) velmi odolné proti praskání při vnějším zatížení a (iii) opticky transparentní.

2 Výsledky

Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitní vrstvy byly připraveny reaktivním naprašováním pomocí duálního magnetronu. Terče magnetronů byly složeny z kruhové desky Al nebo Si připevněné ke katodě magnetronu Zr připevňovacím prstencem s různým vnitřním průměrem \varnothing_i . Množství Zr ve vrstvách se řídilo velikostí průměru \varnothing_i . To umožnilo připravit Al-Zr-O a Si-Zr-O s různým obsahem Zr a prozkoumat vliv přidání Zr do vrstev na jejich vlastnosti. Bylo zjištěno, že přidání již malého množství Zr do amorfni vrstvy (Al_2O_3 nebo SiO_2) silně mění její vlastnosti.

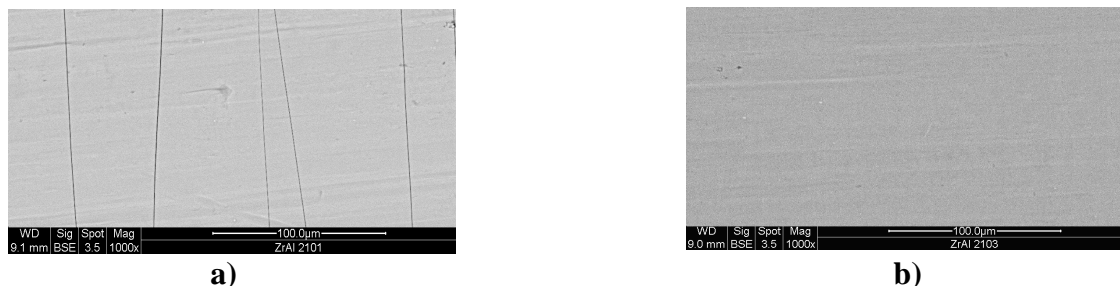
Hlavní dosažené výsledky lze stručně shrnout následovně:

1. Přidání optimálního množství Zr do amorfni matrice umožňuje vytvořit tvrdé Al-Zr-O a Si-Zr-O vrstvy s nízkým efektivním Youngovým modulem E^* , který zajišťuje, že poměr $H/E^* \geq 0.1$; zde H je mikrotvrdost vrstvy.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, e-mail: jsklenka@kfy.zcu.cz

²prof. Ing. Jindřich Musil, DrSc., ZČU, FAV, Katedra Fyziky, Univerzitní 22, 306 14, tel.: +420 37763 2225, e-mail: musil@kfy.zcu.cz

2. Vrstvy s poměrem $H/E^* \geq 0.1$ jsou (i) dvou-fázové nc-ZrO₂/a-Al₂O₃ nebo a-Zr-Si-O nanokompozity, (ii) tvrdé s mikrotvrdostí $H \approx 18-20$ GPa, (iii) vysoce elastické s elastickou vratností $W_e \geq 65\%$, (iv) vysoce odolné proti praskání viz Obr.1 a (v) dobře opticky transparentní.
3. Al-Zr-O a Si-Zr-O nanokompozitní vrstvy s poměrem $H/E^* \geq 0.1$ byly deponovány s vysokou depoziční rychlostí až 90 nm/min.



Obr.1: Morfologie povrchu Al-Zr-O vrstvy s (a) $H/E^* < 0.1$, $W_e = 44\%$ a (b) $H/E^* > 0.1$, $W_e = 77\%$ deponované na Mo folii ($80 \times 15 \times 0.1$ mm³) po ohybovém testu kolem pevného válce o průměru 25 mm. Vrstva (a) praská již při úhlu ohnutí $\alpha = 30^\circ$, vrstva (b) nepraskne ani při úhlu ohnutí $\alpha = 180^\circ$. Více informací je uvedeno v práci [1,2].

3 Závěr

Naše experimenty ukázaly, že tvrdé nc-oxide/a-oxide nanokompozitní vrstvy s vysokým poměrem $H/E^* \geq 0.1$ mají vysokou odolnost proti praskání při ohybu. Tyto nanokompozity představují novou generaci tvrdých povlaků s vysokým aplikačním potenciálem. Výsledky jsou původní a byly již publikovány v impaktovaném vědeckém časopise [1].

Poděkování

Tato práce vznikla s částečnou podporou Grantové agentury České republiky v rámci projektu P 108/12/0393.

Literatura

- [1] J.Musil, J.Sklenka and R.Čerstvý: Transparent Zr-Al-O oxide coatings with enhanced resistance to cracking, Surf.Coat.Technol. 206 (2012), 2105-2109.
- [2] J.Musil¹, J. Sklenka¹, R.Čerstvý¹, T.Suzuki², M.Takahashi², T.Mori: The effect of addition of Al in ZrO₂ thin film on its resistance to cracking, Surf.Coat.Technol. (2012), submitted for publication.