MASARYKOVA
UNIVERZITA

Příloha č. 11 směrnice MU Habilitační řízení a řízení ke jmenování profesorem

Posudek oponenta habilitační práce

Masarykova univerzita	
Fakulta	Přírodovědecká fakulta
Obor řízení	Fyzika plazmatu
Uchazeč	Mgr. Pavel Souček, Ph.D.
Pracoviště uchazeče, instituce	Ústav fyzikální elektroniky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno
Habilitační práce	Preparation of nanostructured hard protective coatings by magnetron sputtering
Oponent	Mgr. Zdeněk Hubička, Ph.D.
Pracoviště oponenta, instituce	Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i. Na Slovance 2 Praha 8

Habilitační práce se zabývá tématikou výzkumu nanášení ochranných tvrdých povlaků, které jsou připraveny reaktivním magnetronovým naprašováním nebo hybridními systémy kombinující plazmochemickou depozici PECVD s reaktivním rozprašováním magnetronového terče. Jde o vysoce aktuální téma, protože ochranné tvrdé povlaky jsou zajímavé nejen pro akademickou sféru, ale také pro praktické aplikace v mnoha odvětvích.

V práci jsou studovány nanokrystalické nanokompozitní materiály na bázi uhlíku a titanu a vícesložkové vrstvy obsahující Mo-B-C. Uchazeč aktivně pracoval na řešení této problematiky celou řadu let v rámci svého pracoviště a ve spolupráci s mnoha subjekty jako jsou zahraniční univerzity, vědecké ústavy nebo soukromé společnosti z průmyslu. Tematicky je habilitační práce rozdělena do tří kapitol. První kapitola je úvod s popisem studované problematiky s uvedením základních přínosů a finálního současného směru výzkumu v problematice ochranných a tvrdých povlaků. Druhá kapitola se zabývá studiem nanokompozitních materiálů s nanokrystaly nc-TiC v matrici amorfního uhlíku a-C:H. Jedná se o perspektivní materiál s vysokou tvrdostí, s nízkým třením a dobrou adhezí. Pozornost byla koncentrována nejen na dosažení co nejlepších mechanických vlastností a adheze u těchto vrstev, ale také na charakterizaci depozičního reaktivního procesu. Tento přístup na práci velmi oceňuji, protože nepovažuje reaktivní plazma pouze za "black box", ale snaží se porozumět důležitým jevům jako je například hystereze reaktivního procesu, který odlišuje režimy depozice v metalickém a reaktivním modu a přechody mezi těmito mody. V práci je velmi dobře vysvětleno pomocí

modelování reaktivního procesu s využitím modifikovaného Bergova modelu a pomocí studia parametrů plazmatu emisní spektroskopií, proč v případě použití jako reaktivního plynu acetylenu C_2H_2 a Ti terče k hysterezi nedochází. Bylo by bývalo proto možná zajímavé z důvodu srovnání přidat pro studium tohoto jevu i jiné reaktivní plyny obsahující uhlík (CH_4, atd), které se také někdy používají pro depozici nc-TiC v a-C:H. Výsledek výzkumu hystereze v hybridním PVD – PECVD systému je podle mého názoru velmi cenný a je důležitý nejen pro základní výzkum ale i pro užití prezentované metodiky pro praktické aplikace. Další podstatnou částí této studie byl vztah velikostí elektrického napětí a proudů na titanové rozprašované katodě k velikosti koncentrace acetylenu v depoziční komoře. Byl nalezen vztah velikosti tohoto katodového napětí ke stupni a charakteru pokrytí Ti terče vrstvou TiC a C a jejich penetrace do erozní stopy magnetronového terče. Velmi přínosná a pro praktické aplikace klíčová je studie vztahu těchto veličin pro průmyslové válcové magnetrony, kde se odprašuje celá plocha terče. V kapitole je uvedeno také studium měření mechanických vlastností těchto typů vrstev v závislosti na parametrech plazmatu jako je iontový tok na substrát, energie dopadajících iontů atd. Kapitola tak tvoří kompaktní celek umožňující čtenáři získat ucelený náhled na problematiku studia těchto typů vrstev novými plazmatickými metodami využívající rozklad acetylenu a rozprašování Ti terče.

V následující kapitole se autor zabývá nanostrukturovanými vrstvami Mo-B-C, které byly připravovány rozprašováním tří nezávislých terčů při použití DC pulzního buzení magnetronového výboje. Studována byla krystalizace a mechanické vlastnosti těchto typů vrstev v závislosti na podmínkách magnetronového výboje. Tato kapitola je také pěkně ucelená a podrobně diskutuje vlivy složení a struktury na mechanické vlastnosti vrstev, adhezi a termální stabilitu.

Za těmito kapitolami následují kopie reprintů publikací v impaktovaných recenzovaných časopisech, kde je uchazeč buď hlavní autor nebo spoluautor a týkají se tématu prezentovaného v předchozích kapitolách. Celkově je přiloženo deset publikací. Tyto jsou velmi dobře napsané a lze předpokládat jejich značný ohlas.

Celkově lze tedy konstatovat, že práce formálně a věcně splňuje všechny náležitosti pro habilitační práci. Je zpracována na vysoké vědecké úrovni a je vidět, že uchazeč je aktivním vědeckým pracovníkem, který vykazuje publikační aktivitu. Je zřejmé, že výsledky výzkumu uvedené v práci jsou ucelené a tvoří velmi zajímavou část v oboru ochranných tenkých vrstev,

která je velmi cenná jak pro vědeckou komunitu tak pro oblast aplikační. Z výše uvedených důvodů doporučuji práci k obhajobě a udělení uchazeči titul docent.

Závěr

Habilitační práce Mgr. Pavla Součka, Ph.D. Preparation of nanostructured hard protective coatings by magnetron sputtering ***splňuje*** požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Fyzika plazmatu.

Dotazy:

1) V práci se většinou používal pro depozici nanokompozitů nc-TiC v a-C:H acetylen. Mohl by autor uvést nějaké srovnání jak by proces probíhal při použití jiných reaktivních plynů obsahující uhlík a jaká by byla v tomto případě situace ohledně přítomnosti hystereze při změnách koncentrace tohoto reaktivního plynu.
2) Autor studoval nanokompozitní nc-TiC v a-C:H pomocí různých typů magnetronového výboje RF, DC, HiPIMS atd. Bylo možné uvést nějaké srovnání s technologií přípravy těchto typů vrstev pomocí nízkotlakého katodového oblouku.
3) Jak je uvedeno v práci, z důvodu dosažení lepší krystalizace Mo-B-C vrstvy je použito DC pulzního buzení magnetronového výboje. Bylo by možné podrobněji vysvětlit mechanismus vlivu pulzování na velikost iontového toku na substrát také vlivem existence kladných překmitů na katodě v konkrétních příkladech depozic ? Byly tyto překmity v použitém systému monitorovány ?

V Praze dne 18.5. 2018