



Oponentský posudek disertační práce

Autor: Mgr. Jiří Kohout, Západočeská univerzita v Plzni

Název: Nanokrystalické multikomponentní vrstvy připravené pulzním magnetronovým naprašováním

Oponent: Ing. Jaroslav Sobota CSc., Ústav přístrojové techniky AVČR Brno

Předložená práce se zabývá zajímavou a aplikačně vysoce aktuální tematikou – nanokrystalickými multikomponentními povlaky bázi přechodových kovů připravenými pulzním magnetronovým naprašováním. Navazuje na dlouhodobou angažovanost pracoviště v této problematice prezentovanou jak v řadě impaktovaných publikací tak disertačních prací. Cílem této práce bylo zjistit vliv Si na vlastnosti povlaků Zr – Si –B-C-N a Hf-B-Si-C, dále vliv dusíku a hafnia na vlastnosti povlaků Hf-B-Si-C-N. Bylo prokázáno, že lze připravit povlaky Hf-B-Si-C-N s vysokou elektrickou vodivostí a přitom nízkým pnutím a vysokou tvrdostí, popřípadě povlaky Hf-B-Si-C-N odolávající bez měřitelné oxidace teplotám až 1200 stupňů C. Tyto výsledky mají značný ekonomický potenciál, který by bylo škoda nevyužít buď v projektech s firmami předpokládající praktický výstup (TAČR), popřípadě prostřednictvím smluvního výzkumu financovaného přímo zainteresovaným firmami.

Konkrétní připomínky:

(strana řádek shora resp. strana^{řádek shora} příp. číslo odstavce, obrázku, tabulky)

Str.96₅ „v dolní části obrázku 5.4.2.“

Jde nejspíš o odkaz na jiný obrázek, že?

Str.106₂ „přidáním dusíku do vrstev“

Volil bych vhodnější formulaci (například zvýšením obsahu dusíku ve vrstvách)

Str. 107⁹ „vykazuje dokonce nulovou změnu hmotnosti po žíhání do 1300 stupňů C.“

To přece neznamená až tak výraznou přednost, pokud paralelně dochází při žíhání k vzájemně se kompenzujícím procesům, kdy jedny vedou ke snížení hmotnosti vrstvy a druhé k jejímu zvýšení.

Předcházející připomínky poukazují na nedopatření, resp. nedokonalosti, které nemají pro disertační práci rozhodující význam. Ponechám na disertantovi, zda se hodlá k některým z nich v průběhu obhajoby vyjádřit. **Následující připomínky jsou však významnější a bude je nezbytné při oponentním řízení vyjasnit:**

Str.47₁₂ ... rovnice 4.1.1. Plocha terče 14 cm²

Nebylo by vhodnější počítat pouze s plochou erozní zóny targetu a ne celou plochou terče, kdy se předpokládá, že se uplatní i části mimo erozní zónu.

Str. 86. kapitola 5.3.4. tribologické vlastnosti

Byl při tribotestu na ball-on-disk tribometru CSM Instruments měřen také otěr protičásti – kuličky tribometru? Pokud ne, proč? Jaké informace by se tak daly získat?

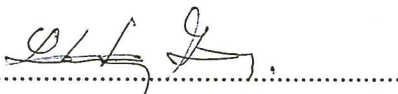
Závěr:

I přes uvedené výhrady, je moje odpověď na zásadní otázky, která klade oponentovi příslušná vyhláška komise pro vědecké hodnosti, vesměs kladná.

Konstatuji tedy, že zvolené téma je aktuální, cíle disertační práce byly splněny adekvátními metodami zpracování, disertace přinesla hodnotné výsledky s původními prvky a že význam řešení podobných úloh pro další rozvoj vědy i pro společenskou praxi je nesporný. Disertant prokázal svůj osobní přínos k prezentované práci v příloženém seznamu publikací na řadě mezinárodních konferencí a impaktovaných časopisech. Předložená práce přinesla bezesporu nové poznatky. Dále konstatuji, že disertant prokázal svoji způsobilost k tvořivé práci, ovládá vědecké metody práce, má dostatečné teoretické znalosti.

Doporučuji proto disertační práci Mgr. Jiří Kohouta k obhajobě.

V Brně dne 22.1.2014.....



Ing. Jaroslav Sobota CSc.



KATEDRA FYZIKY FEL ČVUT, TECHNICKÁ 2

166 27 PRAHA 6

Tel. 224 352 333

Fax: 233 337 031

E-mail: pekarek@feld.cvut.cz

<http://www.aldebaran.cz/>

Oponentský posudek doktorské dizertační práce:

" Nanokrystalické multikomponentní vrstvy připravené pulzním magnetronovým naprašováním "

Dizertant: Mgr. Jiří Kohout

Školitel: Prof. RNDr. Jaroslav Vlček, CSc.

Školící pracoviště: Katedra fyziky, Fakulta aplikovaných věd, ZČU Plzeň

Hodnocení významu dizertační práce pro obor.

Požadavky celé řady průmyslových odvětví, jako je výroba turbin, letecký automobilový a elektrotechnický průmysl, vyžadují existenci materiálů s unikátními vlastnostmi jejich povrchových vrstev. Tvorbě těchto vrstev, studiu jejich mechanických, tribologických, elektrických a optických vlastností i studiu jejich stability při vysokých teplotách je v současnosti věnována velká pozornost.

Dizertační práce Mgr. Kohouta ideálně kombinuje principy fyziky plazmatu použité pro tvorbu těchto vrstev s materiálovým inženýrstvím sloužícím k návrhu složení vrstev s požadovanými vlastnostmi i k jejich diagnostice. Dosažené výsledky významně obohacují znalosti týkající se nanokrystalických multikomponentních vrstev ale zejména korelace mezi depozičními parametry použité technologie a vlastností vrstev.

Práce vznikla v rámci řešení dvou projektů SGU Západočeské univerzity v Plzni. Jedná se o projekt „Pokročilé tenkovrstvé materiály a nové plazmové zdroje“ a projekt „Nové tenkovrstvé materiály a plazmové depoziční systémy“.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle.

Dizertační práce je věnována problematice přípravy multikomponentních nanokrystalických tenkovrstvých materiálů obsahujících přechodový kov IV.B skupiny pulzním magnetronovým naprašováním. Tato hlavní problematika byla rozdělena do pěti skupin, z nichž každá reprezentuje jednotlivé dílčí cíle. Tyto dílčí cíle byly jednoznačně definovány ve třetí kapitole.

Pro řešení problematiky použil autor klasický postup vycházející především z popisu současného stavu problematiky. Jedná se zde o krátkou úvodní první kapitolu a potom zejména o kapitolu druhou. Již samotná tato druhá kapitola, která je zpracována velmi důkladně, vtáhne čtenáře do problematiky a přináší celou řadu zajímavých informací. Z této kapitoly je zřejmé, že se autor v dané oblasti velmi dobře orientuje.

Pro dosažení stanovených cílů potom autor ve čtvrté kapitole postupuje od popisu depozičního systému a popisu metod sloužících k charakterizaci vrstev k vlastním výsledkům a jejich diskuzi. Jedná se zde o pátou, obsahově nejvýznamnější kapitolu dizertační práce. V šesté závěrečné kapitole jsou stručně rekapitulovány výsledky.

Z porovnání této rekapitulace se stanovenými cíly je zřejmé, že cíle dizertace byly jednoznačně splněny.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele dizertační práce.

I když jsou v práci obsaženy i kvalitativní teoretické úvahy, dizertace je především prací experimentální, ukazující velké praktické zkušenosti autora jak v oblasti přípravy, tvorby i diagnostiky vytvářených vrstev. V práci je ukázáno, že pulzní dc magnetronové rozprašování terče B_4C -Me-(Si) v argonu nebo ve směsi argonu a dusíku realizované při opakovací frekvenci pulzů 10 kHz s dobou trvání pulzu 85 μ s je vhodnou

technikou k přípravě multikomponentních nanokrystalických vrstev obsahujících přechodový kov IV.B skupiny. V práci jsou pro mě zajímavé zejména výsledky týkající se elektrické vodivosti jednotlivých typů vrstev, tak jak jsou popisovány v páté kapitole. V této souvislosti mám však poněkud problém s tvrzením na stránkách 36 a 91 týkajícím se „plně reprodukovatelného poklesu měrného elektrického odporu“ v reakci na přidání 5 % dusíku do plynné směsi. Uvedené tvrzení totiž implikuje i existenci pouze částečně reprodukovatelných změn například měrného elektrického odporu?

Práce je na vynikající úrovni, proto k ní nemám zásadní připomínky. Mám, však dva dotazy ke kterým může dizertant zaujmout stanovisko buď během svého vystoupení, nebo při následné diskusi:

- Na straně 47 jsou diskutovány požadavky na určení kritické doby trvání pulzu t_b po jejímž uplynutí by došlo k průrazu nevodivé vrstvy pomocí vztahu (4.1.1). Jaká je fyzikální podstata uvedeného vztahu a jak byla stanovena hodnota koeficientu sekundární emise nevodivé vrstvy?
- Jak se v experimentálních výsledcích, zobrazených například obr.5.2.7, projeví nejistoty určení měrného elektrického odporu a obsahu Si ve vrstvách?

Dizertaci Mgr. Kohouta po vědecké stránce hodnotím jako vysoce kvalitní. Z práce je zřejmé, že její autor získal řadu nových unikátních výsledků týkajících se pochopení procesů, ke kterým dochází při tvorbě nanokrystalických vrstev a v určité míře dokáže navrhnout vrstvy s požadovanými vlastnostmi.

Vyjádření k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni dizertační práce.

Dizertační práce má 124 stran, obsahuje řadu obrázků a několik tabulek. Velmi kvalitní řešerše stavu problematiky je také dokumentována seznamem citované literatury. Tento seznam obsahuje 157 odkazů, z nichž nejstarší je odkaz na práci z roku 1947. Práce je psána v českém jazyce, přičemž kvalita jazyka je velmi dobrá. Práce je zpracována profesionálně, přehledně a graficky velmi kvalitně.

Snad jedinou kosmetickou vadu představuje titulní stránka práce, kde v názvu dizertace chybí ve slově „pulzním“ písmeno „n“.

Dizertační práce svědčí o schopnosti autora vysvětlit pozorované jevy a jasně formulovat dosažené závěry.

Vyjádření k publikacím dizertanta.

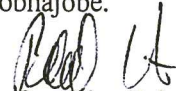
Katedra fyziky FAV je známá trvalou vynikající úrovní výzkumu v oboru fyziky plazmatu a tvorby tenkých vrstev s unikátními vlastnostmi. Tato skutečnost je dokumentována také vysokou publikační aktivitou. Jak je ze seznamu prací dizertanta zřejmé, Mgr. Kohout se úspěšně to týmu katedry zařadil. Seznam prací, jejichž byl spoluautorem případně hlavním autorem obsahuje 20 položek, pokrývajících časové období za roky 2012 až 2013. Tři články byly v roce 2013 publikovány v prestižních impaktovaných vědeckých časopisech (Surf. Coat. Technol., Thin Solid Films), jeden článek byl k publikaci přijat (Surf. Coat. Technol.) a jeden článek byl předložen k publikaci v Journal of Vacuum Science and Technology A. Mgr. Kohout svoje výsledky také presentoval ve formě přednášek i posterů na 15 konferencích jak v Evropě, tak i v USA.

Lze tedy konstatovat, že publikační činnost dizertanta, zejména vzhledem ke skutečnosti že se jedná o publikace za poslední dva roky, má vynikající úroveň.

Vyjádření zda je dizertační práce doporučena k obhajobě.

Předložená dizertační práce představuje vyvážený a kompaktní celek poskytující dokonalý popis jak současného stavu výzkumu v oblasti nanokrystalických multikomponentních vrstev tak i nových výsledků dosažených v této oblasti jejím autorem. Jsem přesvědčen, že dizertace jednoznačně prokázala schopnost Mgr. Kohouta k samostatné tvořivé práci a proto ji doporučuji k obhajobě.

Praha 10. 1. 2014


Prof. Ing. Stanislav Pekárek, CSc.
Katedra fyziky FEL, ČVUT Praha