

## Oponentský posudek disertační práce

Autor disertace: RNDr. Pavel Solař  
Název práce: Preparation of nanostructured and nanocomposite thin films with plasma polymer matrix

Oponent: Prof. RNDr. Milan Tichý, DrSc.

Doktorská disertační práce RNDr. Pavla Solaře se zabývá studiem tenkých vrstev využívajících částice a sloupce z kovu a plazmového polymeru. Byly studovány procesy formování částic připravených z různých materiálů. Velikost tvar a chemické složení částic vytvořených při různých depozičních podmínkách bylo charakterizováno množstvím diagnostických metod. Byl zkoumán transport částic z kovu a plazmového polymeru uvnitř částicového zdroje a mezi výstupní šterbinou a substrátem. Částice byly využity při přípravě kompozitních vrstev, především při přípravě vrstev s kontrolovanou drsností pro využití například při zkoumání vlivu drsnosti na růst buněk. Byla studována příprava sloupcových vrstev pomocí depozice pod úhlem a byly využity částice jako zárodečná centra pro sloupcový růst.

Cíle disertační práce shrnuje autor na samém začátku práce. Jedná se o

- přípravu kovových nanočástic Ag, Cu, Al pomocí klastrového zdroje na bázi magnetronu,
- přípravu polymerních částic C:H v magnetronu buzeném vysokofrekvenční energií,
- depozici kompozitních vrstev s definovanou drsností s využitím C:H částic,
- depozici nylonových nanočástic v magnetronu buzeném vysokofrekvenční energií,
- a přípravu sloupcových vrstev pomocí depozice pod úhlem a byly využity částice jako zárodečná centra pro sloupcový růst.

Disertační práce je rozdělena, kromě úvodní části, závěru a přehledu použité literatury na tři základní kapitoly. Ty jsou věnovány po řadě úvodu do problematiky, experimentální technice včetně metod použitých pro charakterizaci nanosených materiálů a výsledkům vlastního studia. Těžiště práce spočívá ve třetí kapitole věnované vlastní výsledkům disertace. Celkem práce obsahuje 133 stran textu, jenž je doplněn řadou obrázků a 9 tabulkami. Seznam literatury má 124 položky, z nichž nejstarší je z roku 1852 a nejmladší z roku 2014.

Práce je psána v anglickém jazyce dobré kvality a má dobrou grafickou úroveň. Cíle disertace jsou v písemné zprávě dostatečně podrobně specifikovány hned v úvodní části práce. Práce přináší v tomto ohledu množství velmi zajímavých výsledků, z nichž některé byly dosaženy ve spolupráci s mimopražskými pracovišti (VUT Brno, TESCAN) i se zahraničními pracovišti (Univerzita v Bari, Itálie). Tyto výsledky jsou rovněž sumarizovány v závěru práce. Výsledky disertace jsou publikovány ve 13 publikacích v recenzovaných impaktovaných zahraničních vědeckých časopisech se spoluautorstvím disertanta, dvou programech publikovaných na webu, 3 užitných vzorech, a 6 konferenčních příspěvcích. Dále je RNDr. Pavel Solař spoluautorem 32 prezentací na konferencích (abstrakt, poster atd.).

Specifikou práce RNDr. Pavla Solaře je užití rozsáhlého spektra diagnostických metod pro analýzu deponovaných vrstev. I když některé diagnostické metody byly k dispozici na mateřském pracovišti, většinu z nich musel disertant zajišťovat ve spolupráci s dalšími výzkumnými pracovišti na MFF, tuzemskými pražskými i mimopražskými včetně zahraničních. Podle názoru oponenta tak uchazeč prokázal schopnost řešit vědecké problémy jak samostatně tak i ve spolupráci, a systematicky směřovat ke stanovenému cíli.

V části věnované nanášení vybraných částic (Ag, Al, Cu, C:H) jsou experimentální výsledky zpracovány standardní formou pro všechny použité materiály. Studována je depoziční rychlost v závislosti na výbojovém proudu magnetronu, tlaku, a v případě C:H částic i na složení pracovní směsi (Ar+hexan C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>). Obrázky dále dokumentují výsledky analýz TEM, SEM, FTIR. Studium kompozitních vrstev (C:H vrstva překrytá Ti vrstvou) je doplněno histogramy rozložení velikosti částic, SEM fotografiemi, AFM diagnostikou v závislosti na parametrech depozice. Chemické složení bylo zjišťováno pomocí XPS. Uvedeny jsou rovněž obrázky dokumentující časovou stabilitu opracovaných povrchů, tj. závislosti složení kompozitní vrstvy na době její expozice do atmosféry.

Autor disertace participoval na vývoji, instalaci a zprovoznění experimentálního systému pro částicové depozice, zejména při adaptaci magnetronového systému pro napájení vysokofrekvenčním zdrojem. Rovněž provedl prakticky všechny depozice studovaných vrstev včetně měření in-situ pomocí krystalového měřiče tloušťek a optické emisní spektroskopie. RNDr. Pavel Solař provedl rovněž analýzy vrstev po depozici. Diagnostickými metodami v tomto případě byla AFM, měření tvrdosti, XPS, infračervené spektroskopie (FTIR), elipsometrie a diagnostika založená na měření kontaktního úhlu. Autor vytvořil software pro měření pomocí kontaktního úhlu, a pro analýzu rozložení velikostí zrn vrstev (oba tyto programy publikoval na své www stránce), a dále několik programů pro automatizaci experimentu. Autor se rovněž účastnil souvisejících projektů, například depozice bariérových vrstev pro obaly potravin, depozice sloupcových vrstev pro elipsometrickou charakterizaci jejich anizotropie, depozici a analýzu vrstev odolných proti znečištění (non-fouling films) na bázi polyetylenoxidu (PEO). Tyto spolupráce se rovněž zrcadlí ve spoluautorství některých publikací.

Disertační práce je pro čtenáře příjemná, neboť v úvodních kapitolách jsou velmi podrobně vysvětleny diagnostické metody použité pro analýzu povrchů a tenkých vrstev. Za vhodné považuji i seznámení s historií a principy depozičních metod založených na magnetronu v první kapitole.

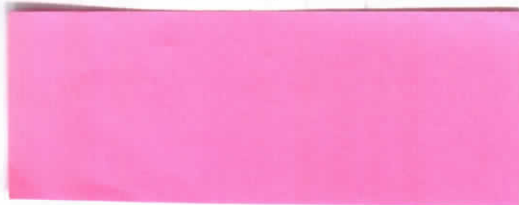
Disertační práce má široký záběr a autor se v ní musel seznámit s řadou experimentálních i výpočetních metod a nastudovat množství specializované literatury. Doktorand musel vyřešit rovněž řadu technologických problémů; například výše uvedené zprovoznění magnetronu pro napájení vysokofrekvenčním zdrojem. Z tohoto hlediska je třeba práci autora ocenit. Ocenit je třeba rovněž autorovu schopnost výkladu problematiky a jsem si jist, že se proto jeho práce stane cenným zdrojem informací pro jeho následovníky.

Po formální stránce je práce provedena s dostatečnou péčí. Překlepy jsem v práci nenalezl. Podle názoru oponenta forma písemné zprávy odpovídá požadavkům na PhD disertaci.

K uchazeči mám následující dotazy, ke kterým může zaujmout stanovisko buď při svém vystoupení při obhajobě, nebo v následné diskusi:

- Vysvětlíte, prosím, podrobněji metodu měření resistivity nanášených titanových vrstev (strany 103-105 disertace).
- Jak uvedeno na obrázku 10 struktura deponované vrstvy je závislá na teplotě substrátu. Na straně 17 je dále uvedeno, že pro depozici vrstev se sloupcovou strukturou je třeba udržovat nízkou teplotu substrátu. Jaká byla teplota substrátu v popisovaných experimentech?

Disertaci RNDr. Pavla Solaře hodnotím jako velmi kvalitní. Není pochyb o tom, že během postgraduálního studia vykonal velký kus práce a přispěl k rozvoji poznání ve studovaném vědním oboru. Publikační výstupy disertanta během postgraduálního studia vysoce převyšují stanovený standard. RNDr. Pavel Solař prokázal podle mého názoru schopnosti pro samostatnou tvůrčí vědeckou práci i pro vědeckou práci v kolektivu spolupracovníků včetně zahraničních. Disertační práce RNDr. Pavla Solaře rovněž splňuje požadavky, které jsou na ni kladené v doktorském studijním oboru „Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů“. Disertační práci RNDr. Pavla Solaře s názvem „Preparation of nanostructured and nanocomposite thin films with plasma polymer matrix“ proto doporučuji k obhajobě.



V Praze, dne 27. května 2014

Prof. RNDr. Milan Tichý, DrSc.

