

# Oponentský posudek diplomové práce

Mgr. Andrea Dagmar Pajdarová, Ph.D.

**Bc. Michaela Kotrlová:** *Magnetronově naprašovaná tenkovrstvá kovová skla a jejich charakterizace*, Fakulta aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni, 2016

Diplomová práce má standardní členění a sestává ze sedmi částí. V druhé části s názvem *Současný stav problematiky* autorka popisuje soudobé poznatky vztahující se k tématu kovových skel jak v jejich objemové formě, tak i ve formě tenkých vrstev. Tato část je zpracována velmi podrobně a autorka se odkazuje na velký počet aktuálních prací.

V třetí části nazvané *Cíle diplomové práce* si diplomantka klade následující úkoly:

1. Prostudovat a shrnout současný stav problematiky v oblasti přípravy a vlastností tenkovrstvých kovových skel.
2. Zvládnout přípravu vrstev na bázi kovových skel Zr-Cu na depozičním zařízení a provést charakterizaci jejich vlastností na přístrojích pro měření mechanických vlastností, tloušťky, vnitřního pnutí, kontaktního úhlu a fázových přeměn.
3. Vyhodnotit výsledky měření a pokusit se nalézt korelace mezi depozičními parametry a vlastnostmi vrstev.

Čtvrtá část nazvaná *Metody zpracování* obsahuje jednak popis užitých depozičních metod tenkých vrstev (magnetronové naprašování a vysokovýkonové pulzní magnetronové naprašování – zkráceně HiPIMS), popis depoziční aparatury, která byla využita k depozici tenkých vrstev, tak i popis metod využitých při charakterizaci deponovaných tenkých vrstev (měření tloušťky vrstev, pnutí ve vrstvách, mechanických vlastností vrstev – jejich tvrdost, efektivní Youngův modul pružnosti a elastickou vratnost, měření fázových přeměn ve vrstvách diferenciální skenovací kalorimetrií – DSC, určení fázového složení vrstev RTG difrakcí, stanovení prvkového složení vrstev energiově disperzní RTG spektroskopii, měření morfologie povrchu vrstev mikroskopem atomárních sil, určení kontaktního úhlu vrstev s vodní kapkou a elektrické rezistivity vrstev).

Stěžejní kapitolou práce je kapitola pátá s názvem *Výsledky*. V této kapitole jsou postupně prezentovány výsledky charakterizace tenkých vrstev Zr-Cu deponovaných kombinovanou metodou DC magnetronového naprašování ze Zr terče a HiPIMS Cu terče pro tři série vrstev, v kterých se sleduje vliv 1) obsahu Cu ve vrstvách, 2) napětí na substrátu a 3) délky napěťového pulzu HiPIMS na vlastnosti deponovaných vrstev Zr-Cu, přičemž se především sledují ty vrstvy, u kterých je detekována struktura kovového skla.

Práce je psána srozumitelně a na vcelku dobré vědecké úrovni. Přesto se autorka nevyhnula několika chybám, opomenutím, nejasným formulacím či překlepům, např. rozsah obsahu Cu (v at. %) vedoucí k amorfni vrstvě se liší v české a anglické verzi abstraktu, nevhodná formulace „ohřev na teplotu  $\Delta T$ “ (str. 9), chybějící reference u práce Apreutesei a kol. (str. 18), kladné ionty urychlené elektrickým a magnetickým polem (str. 22), obr. 5.1 neodpovídá popisu v textu – napětí na Cu terči neklesá téměř k nule (je okolo -80V) a velikost průměrného napětí v pulzu

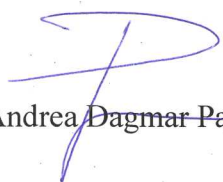
je cca. 700V (str. 38), obr. 5.5 neodpovídá popisu v textu – s rostoucím obsahem Cu se má maximum amorfního píku posouvat k větším úhlům  $2\theta$  a klesat vzdálenost sousedů (str. 41), dle obr. 5.12 rezistivita pro 100 at. % Cu poklesne cca. 7–8× oproti průměrné hodnotě v rozsahu 10–80 at. % Cu (str. 48), dle obr. 5.16 napětí na substrátu neklesá po HiPIMS pulzu na hodnotu -12V (str. 51), pokles velikosti průměrného napětí na magnetronu v HiPIMS z cca. 950V na cca. 720V nelze považovat za mírný (str. 56), použití anglického a českého citačního standardu v přehledu literatury („a kol.“ i „et al.“). Z grafického hlediska bych ocenila větší písmo v grafech a obrázcích.

K předkládané práci mám následující dotazy:

1. Práce je velmi rozsáhlou studií, tudíž lze předpokládat, že ne všechny depozice, měření či analýzy vrstev jste prováděla sama (či pod dohledem vedoucího práce nebo školitele/ů). Můžete nám ozřejmit, které depozice vrstev, měření jejich vlastností a analýzy výsledků jste prováděla?
2. V práci postrádám ozřejmění motivace k nasazení HiPIMS výboje. Je zde pouze zmínka, že v HiPIMS je vysoká hustota výkonu na terč, vysoký stupeň ionizace, návrat terčových částic zpět na terč, selfsputtering a zředování pracovního plynu. Není zde popsán např. vliv HiPIMS na vlastnosti samotných deponovaných tenkých vrstev. Můžete proto uvést důvod, proč byl pro depozici tenkovrstvých Zr-Cu skel zvolen HiPIMS, proč byl použit na Cu terči, a ne třeba na Zr terči či obou terčích současně?
3. Pokles proudu v HiPIMS pulzu po jeho maximu je přisuzován poklesu napětí na terči. Toto chování výboje je složitější proces (zředění Ar, pokles teploty elektronů, změna koeficientu sekundární emise elektronů atd.) a pokles výbojového proudu během pulzu nelze jednoduše připisovat jen poklesu napětí. Můžete se k tomuto vyjádřit?
4. Bylo i pro sérii sledující vliv napětí na substrátu a délky HiPIMS pulzu ověřeno, že skutečně vzniklé vrstvy vykazují strukturu kovových skel, tj. bylo určeno jejich chování při DSC, či lze na tuto strukturu usuzovat z jiných výsledků?

Celkově diplomovou práci hodnotím jako zdařilou a cíle, které si diplomantka v práci vytýčila, lze považovat za splněné. Diplomovou práci proto doporučuji k obhajobě. Vzhledem k výskytu závažných chyb, kdy průběhy prezentovaných grafů neodpovídají popisu v textu (je tak narušena i důvěryhodnost ostatních výsledků), navrhuji hodnotit práci známkou **velmi dobře**. Budou-li však mé dotazy diplomantkou uspokojivě zodpovězeny, nevylučuji ani hodnocení známkou výborně.

V Plzni dne 21. 8. 2016

  
Mgr. Andrea Dagmar Pajdarová, Ph.D.