

# OPONENTSKÝ POSUDEK

diplomové práce **Bc. Ondřeje Hodana**

## **„Magnetronová depozice tenkovrstvých slitin ze systému W-Zr-Cu“**

Předložená diplomová práce se zabývá aktuální problematikou přípravy tenkých vrstev dosud prakticky neprobádaného systému W-Zr-Cu s různým poměrem atomových koncentrací W/(Zr+Cu). Zkoumán je vliv prvkového složení na mikrostrukturu, fázové složení, morfologii a mechanické vlastnosti vrstev, jakožto i na elektrickou rezistivitu. Práce má standardní členění a velmi dobrou grafickou úpravu. Text je v drtivé většině srozumitelný.

Kapitola „*Současný stav poznání*“ obsahuje ucelené informace o binárních systémech Zr-Cu, W-Zr, a W-Cu, zejména z pohledu vlivu prvkového složení na mikrostrukturu a různé fyzikální vlastnosti materiálu. Autor vysvětluje absenci zmínky o systému W-Zr-Cu v této kapitole tím, že dosud nebyla žádná práce na toto téma publikována. Tento fakt potvrzují a tím je nade vše pochybnost mimo jiné prokázána originalita všech v práci uvedených výsledků. Kapitola „*Cíle práce*“ obsahuje celkem tři na sebe navazující cíle – prostudovat současný stav problematiky, připravit zmíněné vrstvy W-Zr-Cu metodou magnetronového naprašování a tyto pak charakterizovat a následně data vyhodnotit.

V kapitole „*Použitá metodika*“ je pak popsán způsob a podmínky přípravy tenkých vrstev a dále potom všechny použité analytické metody. Důležitou částí je i teoretický rozbor problematiky vyhodnocení výsledků indentačních měření v případě tvorby tzv. „*pile-up*“ efektů. V této kapitole oceňuji jednotný grafický styl použitých obrázků a také srozumitelnost textu, který u každé metody obsahuje nejprve stručný teoretický základ a poté konkrétní okolnosti, za kterých byla daná metoda použita v rámci této práce. Konstatuji, že metodika byla zvolena vhodně.

Stěžejní kapitola „*Získané výsledky*“ potom na celkem dvaceti pěti stranách prezentuje výsledky ve formě grafů, tabulek či snímků z různých mikroskopů. Postupně je rozebírán vliv prvkového složení na rozličné vlastnosti připraveného materiálu, přičemž jako procesní parametr byl zvolen atomární poměr W/(Zr+Cu) při zachování Zr/Cu  $\approx$  1. Diskuse výsledků je vhodně doplňována referencemi na práce jiných autorů. Značná část je věnována netriviálnímu vyhodnocení

zátěžových křivek a odpovídajících snímků indentačních vpichů za účelem nalezení korekčních faktorů, zohledňující složité a elasticko-plastické chování některých připravených materiálů. Celkově lze konstatovat, že v této části práce autor prokázal značné analytické schopnosti i experimentální zručnost.

Kapitola „Závěr“ pak shrnuje hlavní dosažené výsledky.

#### Připomínky k diplomové práci:

Jak již bylo uvedeno, práce je obsahově zpracována na výbornou, proto se připomínky budou týkat drobných formálních záležitostí:

- 1) Hned v Úvodu (str. 3) se vyskytuje bez bližšího vysvětlení slovo „*pile-up*“. Obecně je lepší se v úvodu vyhnout anglicismům, vyjma snad těch notoricky a všem známým, což není tento případ.
- 2) V kapitole „*Současný stav poznání*“ by některé odborné výrazy, se kterými se pracuje měly být pro čtenářovo komfort stručně vysvětleny (např. „*packing faktor*“ str. 7, „*triády 555*“ str. 8, ...)
- 3) Rovnice by měly být podobně jako obrázky a tabulky číslovány
- 4) Prezentace stejných dat v tabulce i grafu – to je velmi nevhodné a ve standardních vědeckých publikacích dokonce nedovolené. Pokud k tomu není velmi vážný objektivní důvod, je třeba vybrat jen jeden ze způsobů prezentace daných dat. Toto se týká velkého množství zde použitých grafů.
- 5) Popis obrázku 5.2 (str. 49) – překlep - „*difraktogrymy*“
- 6) Některé grafy vypadají nevhodně, pokud obsahují malé množství (2) bodů (např. 5.20 c))
- 7) Str. 64 – Věta „*Náchylnost materiálů..... s hodnotami parametru vyššími než 0,7 bez mechanického zpevnování budou obětmi tohoto efektu.*“ je poměrně nesrozumitelná. Zejména není jasný kontext slova „obět“.
- 8) Str. 70 – „*Pro naši empirickou hodnotu  $\gamma=1,1$ , je tedy koeficientu  $\beta$  ekvivalentní hodnota asi 1,05. Tento rozdíl 0,4 je možné....*“ Není jasné o jaký rozdíl se jedná (co se od čeho odčítá).
- 9) Název kapitoly 5.4 – jelikož byla měřena pouze jedna elektrická vlastnost, a to rezistivita, je lepší tuto kapitolu pojmenovat „*Elektrická rezistivita*“

Dotazy k obhajobě:

Prosím diplomanta, aby se během obhajoby vyjádřil k následujícím dotazům:

- 1) Není zcela zřejmý vlastní přínos diplomanta v experimentální části. V *Poděkování* se píše, že měření XRD a nanoindentace, včetně pomoci s vyhodnocením dat prováděl dr. Čerstvý. Je to tedy tak, že veškerá další experimentální měření, depozici tenkovrstvých materiálů a jejich vyhodnocení prováděl diplomant sám?
- 2) S předchozí otázkou souvisí i tato. Jaká byla role diplomanta při návrhu a následné implementaci metodiky vyhodnocování indentačních měření? Mohl by diplomant stručně na příkladu ukázat, jak byly na reálných datech počítány plochy v rovnici  $A=..$ (str. 45) a jak situace vypadala v případě použití metody DM (direct measurement)?
- 3) Lze nějak vysvětlit mechanismus kvalitativní změny typu vnitřního pnutí z tlakového na tahové, který je pozorován při přechodu od amorfního do krystalického materiálu (viz obr. 5.14)?
- 4) Doplnková otázka: mohl by autor objasnit formální připomínky 7) a 8), viz předchozí strana?

Přes některé drobnější formální nedostatky považuji předloženou diplomovou práci za nadprůměrnou, doporučuji ji k obhajobě a navrhuji známku **v ý b o r n ě**.

V Plzni dne 11.8.2023

**Ing. Jiří Rezek, Ph.D.**  
KFY, FAV ZČU