

## Posudek diplomové práce:

Bc. Tomáš Netolický –

### „Příprava tenkých vrstev Cu a Ag-dopovaných chalkogenidů metodou pulsní laserové depozice“

Bc. Tomáš Netolický se ve své diplomové práci „Příprava tenkých vrstev Cu a Ag-dopovaných chalkogenidů metodou pulsní laserové depozice“ zabývá přípravou skelných systémů  $\text{GeSe}_3$  dopovaných 5% Ag resp. 5% Cu tj.  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Ag}_5$  resp.  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Cu}_5$ . Připravené bulkové materiály byly použity v rámci této práce jako targety pro přípravu tenkých vrstev metodou pulsní laserové depozice (PLD). V souladu se zadáním diplomové práce pak autor porovnává strukturní, kompoziční, optické vlastnosti připravených bulků a vrstev. Na speciálně připravených tenkých vrstvách na závěr zkoumá možnou přítomnost jevu odporového spínání v tzv. CBRAM paměťových celách.

V teoretické části práce Bc. Tomáš Netolický nejprve velmi stručně charakterizuje amorfni tenké vrstvy a uvádí nejčastěji používané (nikoliv „použité“ !!! tj. v této práci) metody jejich nanášení – vakuové napařování, naprašování a PLD. Dále stručně popisuje proces difuze, jež je hnací silou at' už termálně či opticky indukovaného rozpouštění studovaných dopantů v matici základního materiálu. Poměrně rozsáhlou část teoretické práce věnuje popisu mechanismů a modelů iontové vodivosti v pevných látkách obecně a v amorfních chalkogenidech speciálně. Je třeba říci, že v experimentální části práce se této problematice autor nevěnuje vůbec. Na závěr teoretické práce autor charakterizuje princip a mechanismus odporového spínání vyskytující se v CBRAM aplikacích. Jako velmi strohou lze shledat rešerši dosavadního stavu vědění týkající se studovaného systému, která by měla být nezbytnou součástí každé vědecké (i diplomové) práce a která je také jedním z bodů zadání této diplomové práce. Taková rešerše má ukázat potencionálnímu čtenáři co bylo v dané oblasti a na daném materiálu doposud studováno a ukázat jaké nové poznatky mají být v dané práci dosaženy.

Vcelku dobře zpracovaná experimentální část popisuje metody a podmínky přípravy bulkových vzorků i tenkých PLD-vrstev studovaných skel, metody strukturní a kompoziční charakterizace připravených vzorků a také další experimentální metodiky použité pro charakterizaci jejich optických a elektrických vlastností připravených bulků a vrstev. Podrobně je v experimentální práci popsán postup jednotlivých fází procesu konstrukce cel pro měření odporového spínání.

V další části práce jsou uvedeny naměřené experimentální výsledky a diskutovány odlišnosti mezi připravenými bulky a tenkými PLD-vrstvami. Zatímco bulk základní matrice  $(\text{GeSe}_3)_{95}$  a vzorek dopovaný stříbrem, tj.  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Ag}_5$  se podařilo připravit v amorfni formě, vzorek dopovaný mědí tj.  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Cu}_5$  má skelně-krystalický charakter, obsahující poměrně velké množství kubické krystalické fáze odpovídající složení  $\text{Cu}_{0.33}\text{Ge}_{0.25}\text{Se}_{0.42}$ . Připravené PLD-vrstvy pak vykazují ve všech případech amorfni charakter konzervující, podle EDX analýzy, kompoziční složení použitých targetů. Na základě rozkladů pásů naměřených Ramanových a infračervených absorpčních spekter jsou diskutovány možné strukturní aspekty studovaných bulků a tenkých vrstev. Optickou elipsometrií je prokázáno snížení

optické šířky zakázaného pásu v důsledku zabudování obou dopantů. Schopnost odporového spínání byla otestována na paměťových celách obsahujících tenké vrstvy všech studovaných systémů, tj.  $\text{GeSe}_3$  s nanesenou tenkou vrstvou stříbra a na vrstvách  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Ag}_5$  resp.  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Cu}_5$ , přičemž tento jev byl pozorován pouze u vrstev  $(\text{GeSe}_3)_{95}\text{Ag}_5$ . Na závěr bylo konstatováno, že pro vylepšení daných vrstev potencionálně využitelných pro aplikace využívající odporového spínání je zapotřebí dále optimalizovat podmínky jejich přípravy s ohledem na dosažení výrazně lepší homogenity připravovaných vrstev.

Předložená diplomová práce obsahuje velké množství cenných poznatků a je dokladem rozsáhlé experimentální práce. Je napsaná přehledně a srozumitelně a po odborné i formální stránce je na úrovni odpovídající všeobecným standardům prací tohoto typu. Přesto k ní mám několik připomínek.

1. Tou nejzásadnější je velmi strohá literární rešerše dosavadního stavu, která je jedním z bodů zadání diplomové práce a, jak už bylo řečeno výše, nezbytnou součástí každé vědecké práce.
2. V experimentální části nejsou uváděny podmínky přípravy připravovaných bulků a je uveden jen odkaz na autorovu bakalářskou práci. Ta není pro potencionálního čtenáře běžně dostupná a bylo by asi lepší znovu podmínky přípravy zmínit i v diplomové práci. Podmínky přípravy tenkých vrstev pomocí PLD jsou naopak popsány docela podrobně, avšak chybí tam jedna z velmi důležitých podmínek uváděných při přípravě tenkých vrstev obecně – teplota substrátu. Pravděpodobně i díky nevhodně zvolené této teplotě mohlo dojít ke vzniku popisovaných nehomogenních vrstev.
3. Z několika překlepů či opomenutí uvádím jen uvedení nepřesných hodnot Planckovy a Boltzmanovy konstanty v úvodním seznamu zkratk a značek.

Uvedené připomínky nijak nesnižují hodnotu diplomové práce, která je dokladem toho, že autor vykonal značný objem experimentální práce a prokázal schopnost zhodnotit získané výsledky.

Práci hodnotím známkou: Výborně

V Pardubicích 21.5.2019

~~Ing. Jiří Navrátil, CSc.~~