

# Oponentní posudek k diplomové práci

## Reaktivní magnetronové naprašování vrstev Zn-Sn-O a charakterizace jejich vlastností

Bc. Zuzana Čiperová

Diplomová práce se zabývá problematikou přípravy tenkých vrstev Zn-Sn-O pomocí reaktivní magnetronové depozice a jejich charakterizací. Cíle práce sledují záměr najít vhodné depoziční podmínky pro přípravu transparentních vodivých vrstev odolných proti vzniku trhlin při mechanickém namáhání. Autorka se při řešení této práce teoreticky seznámila obecně s transparentními vodivými oxidovými vrstvami, s experimentálním zařízením pro depozici tenkých vrstev a vybranými zařízeními a metodami pro jejich charakterizaci. Získané znalosti prakticky využila při depozici tří sérií vrstev Zn-Sn-O, jejich charakterizaci a diskuzi výsledků.

Práce má typickou strukturu a obsahuje všechny nezbytné součásti. Grafická úprava je velmi dobrá. Kladně hodnotím rozsah citované literatury (70 položek). Seznam použité literatury na konci práce však nedodrжуje jednotný citační styl.

V kapitole 2 diplomantka shrnuje aktuální poznatky o reaktivním magnetronovém naprašování a o transparentních vodivých oxidech. Tento teoretický úvod obsahuje informace nutné pro zasazení práce do kontextu, je přehledný a srozumitelný. Vyjíměčně se vyskytuje nepřesný popis nějakého jevu nebo výsledku.

V kapitole 4 je popsána metodologie přípravy vrstev pomocí magnetronové depozice s využitím duálního magnetronu a pulzního zdroje. Dále jsou popsány všechny použité metody analýzy vrstev, jejich princip a konkrétní realizace. Zvolené metody jsou adekvátní pro řešení zadaného úkolu. Uvítal bych v této kapitole popsat i parametry depozice společné pro všechny série vrstev a rozdíly mezi jednotlivými sériemi. Ty jsou uvedeny odděleně až v kapitole 5 spolu s výsledky získanými z jednotlivých sérií vrstev. Orientace v depozičních parametrech tak pro mne byla trochu obtížná.

Stěžejní částí práce je 5. kapitola, která shrnuje výsledky experimentální práce diplomantky. Obsahuje tři podkapitoly popisující tři série vrstev připravených v laboratořích katedry fyziky. Podkapitoly na sebe logicky navazují a postupně se doplňují. Diplomantka prezentuje celkem 18 vrstev, u kterých byly proměřeny vybrané mechanické, elektrické a optické vlastnosti. Diplomantka tak shromáždila velké množství zajímavých dat a ukázala, jak je možné připravit transparentní vodivé Zn-Sn-O vrstvy. Přestože odolnost proti vzniku trhlin není pro tyto vrstvy zatím ideální, byly na základě získaných výsledků navrženy směry dalšího bádání. Na druhou stranu, některé souvislosti mezi naměřenými vlastnostmi vrstev a depozičními podmínkami jsou z podstaty problému komplikované a jejich vysvětlení v práci by mohlo být propracovanější. K experimentální části práce a diskuzi výsledků mám následující připomínky:

1. V souhrnu depozičních parametrů chybí údaj o délce pulzu.

2. Některé měřené parametry, zejména transmittance a pnutí, závisí na tloušťce vrstvy. Ta se ale výrazně liší u jednotlivých vrstev i v rámci jedné série. Porovnávání transmittance jednotlivých vrstev s různou tloušťkou, viz např. obr. 5.3, tak nepovažuji za korektní.
3. V práci se několikrát porovnávají naměřené hodnoty parametru  $H/E^*$  s hodnotou 0,1, např. na obr. 5.5 a v části 5.1.3 (Závěr první série vrstev). Nikde v práci ale není vysvětleno, proč je právě tato hodnota významná.
4. Problematika řízení stechiometrie vrstev není dle mého názoru uspokojivě vysvětlena. V textu na str. 48 se nejprve mluví o řízení napětím na magnetronu. V popisku obr. 5.13 je zmíněno řízení výkonem. Poslední věta na str. 48 pak tvrdí: "Tedy bude-li výboj kontrolován na konstantní proud, je možné výboj udržet v přechodovém módu, neboť se výboj sám stabilizuje."

Všechny stanovené cíle diplomantka splnila a i přes uvedené nedostatky je práce na velmi dobré úrovni. Doporučuji proto diplomovou práci Bc. Zuzany Číperové k obhajobě a navrhuji hodnocení **výborně**.

Doplňující otázky:

1. Proč nebyly deponovány vrstvy s přibližně konstantní tloušťkou? Jakým způsobem byla volena doba depozice?
2. Jak byl měřen proud na substrát  $i_s$ , uvedený v tabulce 5.5? Jak si vysvětlujete, že proud na substrát poměrně výrazně roste s napětím na substrátu?
3. Ve třetí sérii bylo zjištěno, že vrstvy s  $H/E^* > 0,1$  vykazovaly menší odolnost proti vzniku trhlin než vrstvy s  $H/E^* < 0,1$ . Není toto v rozporu s dřívějšími výsledky z druhé série? Jakou roli (význam) má parametr  $H/E^*$  a pnutí ve vrstvách pro odolnost vrstev proti vzniku trhlin při ohybovém a při indentačním testu?

V Klatovech dne 24.8.2016

Ing. Tomáš Kozák, Ph.D.