

Oponentský posudek diplomové práce

Mgr. Andrea Dagmar Pajdarová, Ph.D.

Bc. Jan Koloros: *Příprava a charakterizace tenkých vrstev transparentních vodivých oxidů pomocí magnetronového naprašování, Západočeská univerzita v Plzni, Katedra fyziky, Plzeň 2023.*

Autor se v předkládané práci zabývá problematikou magnetronové depozice transparentních vodivých oxidů na bázi Cu_2O a charakterizaci jejich vlastností. Vrstvy byly deponovány za použití pulzní magnetronové depozice se střední frekvencí (angl. mid-frequency magnetron sputtering) a vysokovýkonové impulzní magnetronové depozice (angl. high-power impulse magnetron sputtering, HiPIMS) nejprve pro různé parciální tlaky kyslíku. Na základě vlastností vrstev deponovaných jen v Ar- O_2 atmosféře byly stanoveny vhodné parciální tlaky O_2 pro další depozice, v kterých byl do směsi plynů přidáván dusík. Na takto deponovaných $\text{Cu}_2\text{O}:\text{N}$ vrstvách byla provedena měření vodivosti čtyřbodovou metodou, transmitance spektrofotometrem a koncentrace i pohyblivosti nosičů náboje užitím Hallovy sondy a van der Pauwovy metody. Byly též stanoveny depoziční rychlosti z měření tloušťek vrstev profilometrem a krystalové složení z XRD spekter. Pro potřeby van der Pauwovy metody byly vytvořeny čtyři geometrie nanesené vrstvy, které byly deponovány vždy najednou s pomocí přípravku s vhodně umístěnými krycími plíškami. Zde bych proto chtěla vyzdvihnout a zdůraznit velký rozsah experimentální práce spojené s vypracováním předložené diplomové práce.

Bohužel kvalita textu diplomové práce již neodpovídá úsilí, které bylo vynaloženo experimentální práci. V textu se nalézají chybná tvrzení, nepřesné obraty a záměny vědeckých termínů. Některé, nikoliv všechny, z těchto chyb jsou uvedeny v tabulce na konci posudku. Jako výraznou chybu vnímám nedostatečnou diskusi výsledků, jelikož se autor zaměřuje jen na popis naměřených nebo vypočtených dat a nepokouší se z těchto dat získat hlubší informace či závěry. Vzhledem k tomu, že velkou část práce tvoří prezentace výsledků měření rezistivity vrstev a pohyblivosti i hustoty nosičů elektrického náboje, postrádám aspoň částečný popis toho, jak z naměřených dat (změřených elektrických proudů a napětí) byly tyto výsledné hodnoty určeny, a to včetně vzorců, které byly při výpočtech výsledných hodnot použity. Jsou zde sice uvedeny reference, ale to však nepostačuje k úplnosti vědecké publikace.

Práce má standardní strukturu a je dobře logicky uspořádána. Velmi pozitivně hodnotím rozsah nových vědomostí, které musel autor při vypracování této diplomové práce nastudovat a pochopit. Též musel získat mnoho dovedností, které při experimentální práci zužitkoval. Práci proto doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení **velmi dobře**.

K práci mám následující dotazy:

1. Jak si autor vysvětluje skok v depoziční rychlosti pro HiPIMS výboj na obr. 5.9 a 5.10 pro vybraný parciální tlak O_2 a nulový průtok dusíku. Dle obr. 5.9 je depozice pod 140 nm/min (odhadem tak 130-135 nm/min), ale na obr. 5.10 začíná na hodnotě 150 nm/min? Souvisí to s prezentovaným rozptylem hodnot měření

tloušťky vrstev okolo 40nm? Lze pak dovozovat nějaký trend v depoziční rychlosti pro HiPIMS výboj?

2. Co je příčinnou rozdílu v naměřených rezistivitách pro různé geometrie deponované vrstvy? Proč je rezistivita plného čtverce jednou největší (pro CuON) a podruhé nejmenší (pro CuO)?
3. Proč dochází k tak výrazně odlišnému průběhu závislosti koncentrace a pohyblivosti nosičů elektrického náboje na aplikovaném elektrickém proudu pro různé geometrie deponované vrstvy, když rezistivita pro jednotlivé geometrie deponované vrstvy byla konstantní?

Zde uvádím seznam vybraných připomínek k textu práce:

- s. 16, nepravdivé tvrzení: *Přidáním magnetu je vytvořeno silné permanentní magnetické pole, díky kterému se ionty pohybují pouze po drahách magnetických siločar okolo terče, místo toho, aby byly rozprášeny směrem k substrátu.*
- s. 22, nepravdivé tvrzení: *Je známo, že u polovodičů s rostoucí teplotou roste i měrný elektrický odpor.*
- s. 31, zvláštní formulace: *Na začátku měření se proměřila „Baselina“, čímž došlo ke kalibraci nuly na začátku měření.*
- s. 35, nejednoznačná definice: pojem pulzní výkon 500 W (není jasné, zda se jedná průměrný výkon v pulzu napětí, či výkon v periodě).
- V celé práci jsou často jednotky zapisovány ve formě plného zlomku v textu místo v součtové formě; někdy jednotky zcela chybí (např. u dosaženého minimálního tlaku 10^{-4} Pa).
- V mnoha místech není jasné, co je veličinami míněno, popř. jsou pojmenovány či zavedeny chybně, např. napařování (místo napařování); chybný popis výpočtu elektrické vodivosti; depoziční tlak kyslíku (místo parciální tlak kyslíku); výboj má konstantní hodnotu; depozice dosáhne větších hodnot (místo hodnota FOM je větší); průtok dusík/argon+dusík (v procentech); krystalové struktury těchto prvků: Cu₂O, Cu, Cu₄O₃, apod.
- Grafy 5.1, 5.2, 5.11 a 5.12 nejsou dostatečně čitelné.
- Obdélníková geometrie deponované vrstvy změnil barevné značení u grafů 5.17-5.20.

V Plzni dne 17. 6. 2023

Mgr. Andrea Pajdarová, Ph.D.