

OPONENTNÍ POSUDEK
disertační práce

**"Structure and properties of thin silicon films for solar cells
Studied by combined atomic force microscopy"**

Tomáš Mates

Fakulta matematicko-fyzikální, Univerzita Karlova, Praha

Disertační práce je zaměřena na studium tenkých vrstev mikrokrystalického křemíku s ohledem na jeho strukturu a vlastnosti využitelné pro solární články. Téma práce patří mezi vysoce aktuální a prestižní oblasti mezinárodního výzkumu. Pro studium byly vybrány vzorky materiálu připravené za zvolených depozičních podmínek na různých pracovištích. Analýza vrstev připravených na jednotlivých pracovištích na jednu stranu může přinést komplikace vlivem rozdílných depozičních aparatur, ale na druhou stranu může vést k zobecnění poznatků. Výsledky práce naznačují, že použití vzorků z různých pracovišť nebylo na závadu. Studie se zabývá morfologií povrchu vrstev s důrazem na růst mikrokrystalické fáze. Tyto analýzy umožnily vypracovat představu o vzniku a růstu krystalických zm. Bylo využito poměrně nové techniky pro měření lokální vodivosti s využitím rastrovací sondové mikroskopie. Autor také poukázal na vliv hranic zm na vodivostní charakteristiky materiálu a na základě analýzy strukturních a transportních vlastností vrstev vymezil podmínky pro eliminaci velkých rozhraní mezi zmy. Zabýval se také vnitřním pnutím v tenkých vrstvách. Pro série vzorků s cíleně definovanými tloušťkami, teplotou substrátu a směsnými podíly analyzoval vodivostní charakteristiky, podíl krystalinity, absorpční koeficient, morfologii povrchu (RMS drsnost), ambipolární difúzní délku, vodivostní předfaktor a aktivační energii pro každý ze vzorků. Tyto analýzy mu umožnily vymezit typické projevy při vzniku mikrokrystalické fáze a vybrat optimální podmínky při přípravu vrstvy s ohledem na vodivostní charakteristiky.

Disertační práce má přiměřený počet stran (159) a je rozdělena do 6-ti kapitol; používá celkem 204 odkazů. Po krátkém úvodu následuje stručný popis technologií na přípravu vrstev a metody pro jejich charakterizaci (31 stran). Zvláštní pozornost je věnována mikroskopii atomárních sil (AFM). Kapitola 3 (29 stran) je věnována vlastním výsledkům zaměřeným na studium mikrokrystalického křemíku pomocí AFM. Kapitola 4 obsahuje stěžejní výsledky a je zaměřena na vlastnosti vrstev (52 stran). Výsledky jsou diskutovány v kap. 5 a kap.6 (Závěr) obsahuje výčet dosažených poznatků. Práce napsaná v angličtině je přehledná, velice dobře graficky zpracovaná a bez vážnějších formálních chyb. Autor pracoval cíleně, použil správné metody a postupy. Z rozsahu disertační práce je patrný úctyhodný objem analýz a získaných výsledků, o čemž svědčí také četné publikace autora v mezinárodních časopisech a konferenčních sbornících; celkem 48 publikací. Práce přináší řadu nových vědeckých poznatků, které budou dále rozvíjeny a jistě přispějí k novým aplikacím při konstrukci solárních článků, ale také dalších elektronických a optoelektronických prvků.

K práci mám následující připomínky a dotazy:

- str.3 a další: fyzikální veličiny čas t a tloušťka vrstvy d musí být psány kurzívou.
- str.16, rovnice (2.2), podíl na pravé straně rovnice musí být vynásoben ještě hodnotou 100, aby údaj mohl být uváděn v procentech.
- str.66, Fig. 3.23: Chybí odkaz na část (b).
- V práci bych uvítal podrobnější popis použitých technologických zařízení a popis přípravy vrstev. Lze očekávat, že specifika aparatur (např. geometrický faktor) a přípravy vrstev ovlivní vlastnosti deponovaného materiálu.
- Jaké informace má autor o přípravě substrátů s ohledem na kontaminaci substrátů a zlepšení adheze vrstev?
- Jak byly depoziční aparatury připravovány před depozicí (základní vakuum, desorpce plynů)?
- Jaká byla reprodukovatelnost připravovaných materiálů na jednotlivých aparaturách?
- Proč nebyly vrstvy deponovány také na n- a p-tyt amorfního křemíku (viz p-i-n struktura)?

Předložená práce se mi velice líbila. Disertační práce prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci, dále splňuje kritéria kladená na disertační práci a doporučuji ji tedy k obhajobě. Za předpokladu úspěšného průběhu oponentního řízení, doporučuji udělit Ing. Tomáši Matesovi titul Ph.D.

V Brně dne 20. června 2006



vysoké učení technické v Brně