

## Oponentní posudek disertační práce

### “Structure and properties of thin silicon films for solar cells”

**Doktorand:** Ing. Tomáš Mates

**Školitel:** RNDr. Antonín Fejfar, CSc.

**Konzultanti:** prof. RNDr. Ivan Pelant, DrSc.; RNDr. Jan Kočka, DrSc.

Doktorand se ve své práci zabývá vysoce aktuální problematikou tenkých vrstev křemíku nacházejících uplatnění v oblasti solárních článků. Pro získání vysoké účinnosti těchto článků je třeba porozumět vlastnostem křemíkových tenkých vrstev.

Hlavní motivační výzkumné práce doktoranda a skupiny, jejíž je členem, je použití těchto vrstev v solárních článcích využívajících lehkých a ohebných (např. plastových) substrátů. Z tohoto důvodu se doktorand zaměřil především na nízkoteplotní depozice použitím metody PE CVD. Hlavní důraz je v práci kladen na charakterizaci vzorků připravených za různých depozičních podmínek s cílem porozumět vztahu mezi mikrostrukturou vrstev a jejich elektrickými vlastnostmi.

Pro zvládnutí zvolených úkolů si musel doktorand osvojit teoretické základy i experimentální dovednosti spojené s řadou moderních metod i zařízení. Bylo nutné zvládnout základy fyziky a techniky plazmatu a další požadavky umožňující provádět depozice vrstev, různé módy metody AFM, zvláště pak získat praktické zkušenosti pro úspěšnou aplikaci této techniky a interpretaci získaných obrázků, jakož i získat přehled o řadě jiných analytických a měřících metod (TEM, CPM, XRD, Raman, ERDA, FT-IR) pro správné využití a vyhodnocení naměřených dat.

Doktorandovi provedl velké množství experimentů zaměřených na výzkum samotného mikrokrytalického křemíku zahrnujících jeho přípravu metodou PE CVD, výzkum struktury kombinací Calotestu a mikroramanovské spektroskopie, aplikaci AFM pro určení topografie i lokální vodivosti, rekonstrukci řezů mikrokrytalických zrn z AFM obrázků, výzkum elektronové struktury metodou CPM a výzkum pnutí ve vrstvách metodami XRD a mikroramanovské spektroskopie. Dále pak tato studia rozšířil i na výzkum vlivu depozičních parametrů a tloušťek vrstev mikrokrytalického a amorfního křemíku na jejich vlastnosti.

Dosažené výsledky vedou k řadě nových poznatků v oblasti struktury mikrokrytalického křemíku a charakteristických jevů při přechodech fází a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H. Doktorand se podílel na interpretaci dosažených výsledků a dále navrhnul a provedl vyhodnocení průměrné velikosti zrn mikrokrytalického křemíku metodou PSDF. Jeho originálním příspěvkem je rovněž porovnání vnitřního pnutí určeného z ramanovských a XRD měření.

Práce je vhodně strukturovaná, je psána čtivě, přehledně a velmi dobrou angličtinou. Občasné překlepy nepůsobí rušivě ani nemění význam textu. V práci bych však uvítal

podrobnější fyzikální rozbor principů metod AFM, především pak kombinovaného módu pro měření lokální vodivosti. Nicméně stručné nastínění této problematiky i jiných metod je věcně správné a nenašel jsem v něm žádná podstatná pochybení. Předložená práce, dosažené výsledky a rozsáhlá publikační činnost svědčí o solidních znalostech doktoranda v oblasti problematiky tenkých mikrokystalických i amorfních vrstev křemíku i o zvládnutí zadaného úkolu.

V souvislosti s prací a jako součást rozpravy pokládám tyto otázky:

1. Jaké jsou rozdíly mezi zmíněnými depozičními metodami z hlediska možnosti přesného a nezávislého nastavení depozičních parametrů?
2. V případě metody STM hrot není v přímém kontaktu s povrchem. U kombinované metody AFM tomu tak však je. Má tato skutečnost vliv na mechanismus přenosu náboje i na získané výsledky?
3. Bylo ověřeno tupení hrotů v průběhu skenování jinými metodami (např. SEM)?
4. Byly křemíkové substráty používány s vrstvou nativního oxidu nebo bez něj? Jaký vliv má přítomný oxid na deponovanou vrstvu?
5. Co je to „phonon-confinement effect“ zmíněný na straně 31 a proč způsobuje posuv v ramanovských spektrech?
6. Proč se bere polovina počtu měřících bodů pro určení nejmenšího detekovatelného objektu?

Předložená práce splňuje kritéria kladená na disertační práci a hodnotím ji známkou výborně. Za předpokladu úspěšného průběhu oponentního řízení doporučuji udělit Ing. Tomáši Matesovi titul Ph.D.

V Brně, 22. 6. 2006



Prof. RNDr. Tomáš Šikola, CSc.  
ÚFI FSI VUT Brno