

Měření záchyty světla v tenké vrstvě křemíku pomocí Ramanovy spektroskopie

*Kristína Ganzerová, Martin Ledinský,
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Cukrovarnická 10, 162 53 Praha 6, Česká republika*

Abstrakt

Tenké vrstvy polykrystalického křemíku byly deponovány na tři podložky s různou charakteristikou rozptylu světla. Ramanova spektra byla excitována pomocí diody $\lambda = 785$ nm. Světlo s touto vlnovou délkou je v křemíku slabě absorbováno a tedy záchyt světla (prodloužení dráhy fotonu ve vrstvě) vede ke zvýšení intenzity Ramanova rozptylu. Pro každý vzorek byla stanovena hloubka zaostření s maximální Ramanovou intenzitou. V této hloubce následně proběhlo mapování vzorků pro stanovení maximálních Ramanových intenzit v ploše vzorků a z naměřených hodnot byla sestavena tabulka jejich poměrů. Na základě poměrů lze vidět, že Ramanova intenzita souvisí s rozptylovými vlastnostmi podložky - schopností záchyty světla.

Úvod

V příspěvku popisujeme možný způsob měření záchyty světla ve vrstvě křemíku pomocí Ramanovy spektroskopie. Ramanova spektroskopie je rychlá, nedestruktivní a bezkontaktní měřicí metoda pro charakterizaci křemíku ve všech jeho známých formách. V případě tenkých vrstev polykrystalického křemíku se Ramanova spektra používají k posouzení krystalické kvality vrstev: krystalické defekty, napětí a tvar spektra křemíkového pásu [1,2,3].

Experiment a metody

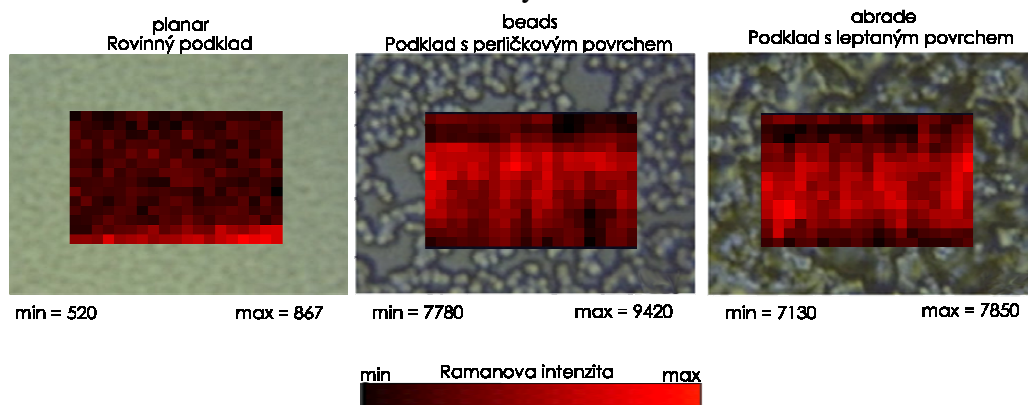
Typická tloušťka tenké vrstvy polykrystalického křemíku se pohybuje mezi 1 - 3 μm , což nestačí pro kompletní absorpci infračervené složky záření. Pro zlepšení absorpce jsou křemíkové vrstvy deponovány na drsné podložky optimalizované pro záchyt světla. Ramanova spektra byla měřena na kompletních polykrystalických solárních článcích s křemíkovou vrstvou tloušťky 1,5 – 2 μm nanesenou na třech typech skleněných podložek [4] s různými charakteristikami rozptylu světla. Byly použity podložky s rovinným povrchem (planar), s perličkovým povrchem (beads) a s leptaným povrchem (abrade). Měření bylo provedeno na micro-spektrometru in Via REFLEX od Renishaw pomocí 5 \times objektivu. Pro vybuzení Ramanova spektra byla použita laserová dioda s emisí na vlnové délce 785 nm. Světlo s touto vlnovou délkou je v křemíku slabě absorbováno (s absorpční hloubkou přibližně 10 μm). Intenzita světla z diody byla omezena na cca 50%, aby se vzorek příliš nezahříval.

Výsledky a diskuze

V prvním kroku byla nalezena hloubka zaostření optimální pro sběr dat. Při zaostření vzorku pomocí mikroskopu dosahovala Ramanova intenzita menších hodnot než v optimálním případě při mírném rozostření. Největší Ramanova intenzita byla naměřena v hloubce ~ 500 μm od fokusu vzorku.

Následně bylo v této hloubce provedeno dvakrát mapování na všech vzorcích a určeny hodnoty Ramanovy intenzity, viz Obrázek 1. Poměry naměřených hodnot Ramanových intenzit pro jednotlivé vzorky a jsou shrnuty v Tabulce 1. Intenzity vzorků s leptaným (abrade) a perličkovým povrchem (beads) dosahují 8 až 34 krát větších hodnot než vzorky, kde je křemíková vrstva deponovaná na rovinnou skleněnou podložku (planar).

Rozšířený Abstrakt



Obrázek 1. Mapování Ramanovy intenzity na vzorcích s různou strukturou povrchu zobrazené barevnou škálou v rozsahu od minimální do maximální intenzity.

Tabulka 1. Poměry maximálních Ramanových intenzit pro jednotlivé vzorky.

	planar	beads	abrade	planar	beads	abrade	planar	beads	abrade
	1_8	4_6	8_4	1_8	2_3	3_3	1_8	2_3	3_3
5x	1	11,96	11,68	1	7,68	21,72	1	7,56	
5x ve fokusu	1	14,16	12,81	1	9,57	32,01	1	10,36	33,96
hloubkový	1	10,86	9,06	1	8,29		1	7,97	

Ve vzorku s rovinným povrchem se fotony rozptýlené v tenké křemíkové vrstvě většinou šíří vlnovodným efektem a nemohou být detekovány. Z rovné křemíkové vrstvy unikne jen 3,7 % Ramanových fotonů, které lze detekovat. Naopak pro vzorky, kde je křemíková vrstva deponována na drsný povrch (beads, abrade) světlo není vedeno ve vrstvě a Ramanovy fotony unikají z vrstvy. U těchto vzorků je detektivita fotonů zvýšena až 27 krát [5].

Závěr

V průběhu našich experimentů jsme pomocí Ramanovy spektroskopie měřili schopnost zachytit světlo v tenké křemíkové vrstvě. Cílem bylo porovnat schopnost tenké křemíkové vrstvy absorbovat světlo z blízké infračervené oblasti spektra. Tenká křemíková vrstva byla deponována na tři skleněné podložky s různou charakteristikou rozptylu světla. Naměřená Ramanova intenzita je úměrná záchytu slabě absorbovatelného světla ve vrstvě. Na základě této úměrnosti lze pro tři různé podložky porovnat schopnost efektivně využít dopadající světlo a tím i účinnost konkrétního fotovoltaického článku.

Poděkování

Tento výzkum byl podporován projektem PolySiMode FP7 240826 a projektem MŠMT na podporu infrastruktury LNSM.

Reference

- [1] Honda, S., Fejfar, A., Kočka, T., Yamazaki, T., Ogane, A., Uraoka, Y., Fuyuki, T., *J. Non-Cryst. Solids*, 352, 955 (2006).
- [2] Fano U., *Phys. Rev*, 124 (1961) 1866.
- [3] Gundel, P., et al., *Phys. Status Solidi RRL* 4, (2010), 160.
- [4] Schneider, J., Christiansen, S., Genzel, Ch., *22nd European Photovoltaics Solar Energy Conference and Exhibition*, Milano, (2007).
- [5] Ledinský, M., Fekete, L., Stuchlík, J., Mates, T., Fejfar, A., Kočka J., *J. Non-Cryst. Solids*, 352, 1209 (2006).