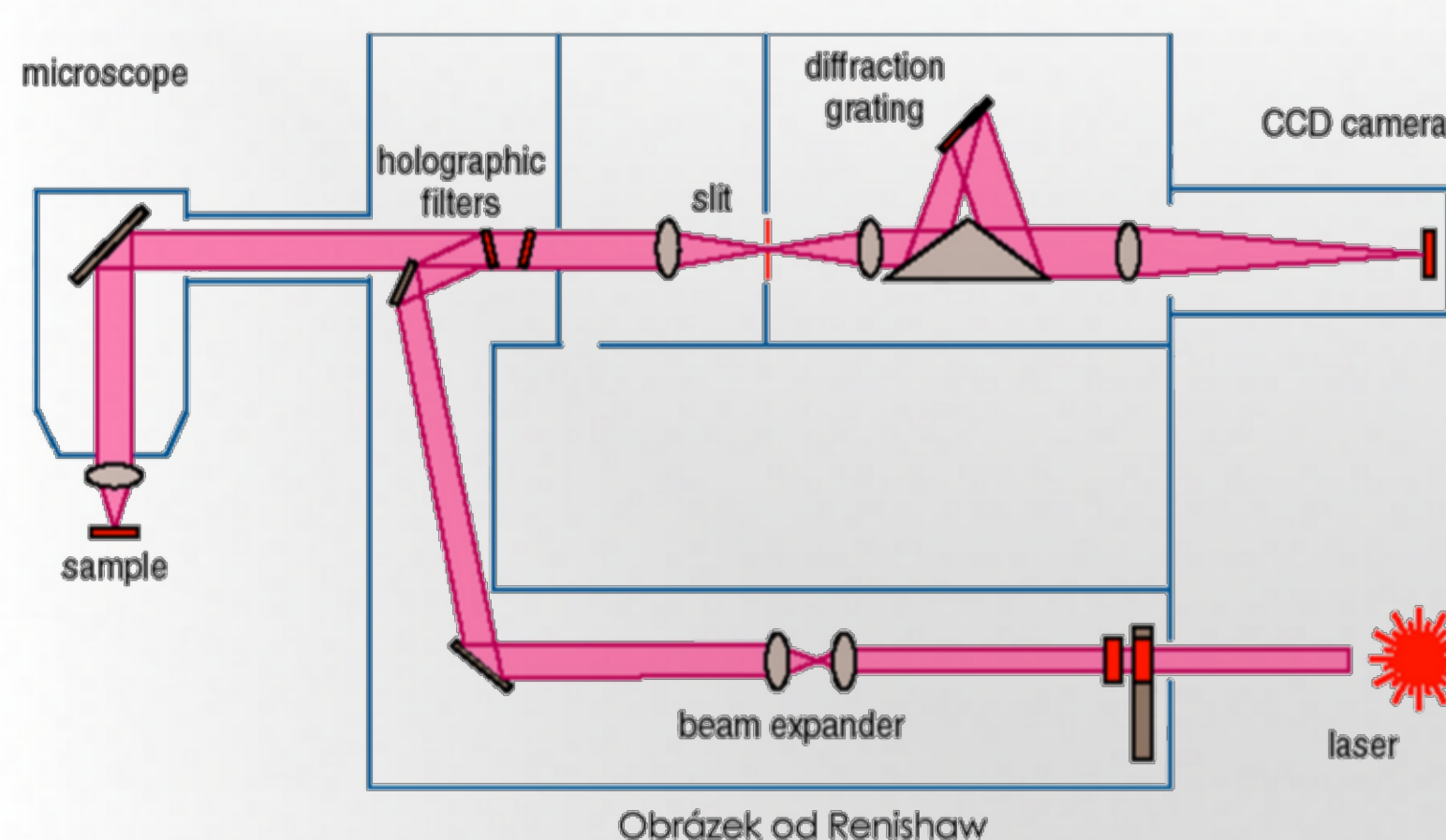


Měření záchytu světla ve vrstvě křemíku pomocí Ramanovy spektroskopie

Abstrakt

Thin layers of polycrystalline silicon were deposited on three substrates with different light scattering characteristics. Raman spectra were excited by a laser diode $\lambda = 785$ nm. Light of this wavelength is weakly absorbed by silicon, thus light trapping (photon path extension in the layer) leads to an increase in the intensity of Raman scattering. For each sample was determined a depth of focus with maximum Raman intensity. At this depth was done mapping of samples to determine the maximum Raman intensity on the sample surface. From measurements were prepared chart ratio. Based on the ratio, it can be seen that the Raman intensity is related to the scattering properties of substrate - the ability to capture light.



Obrázek od Renishaw

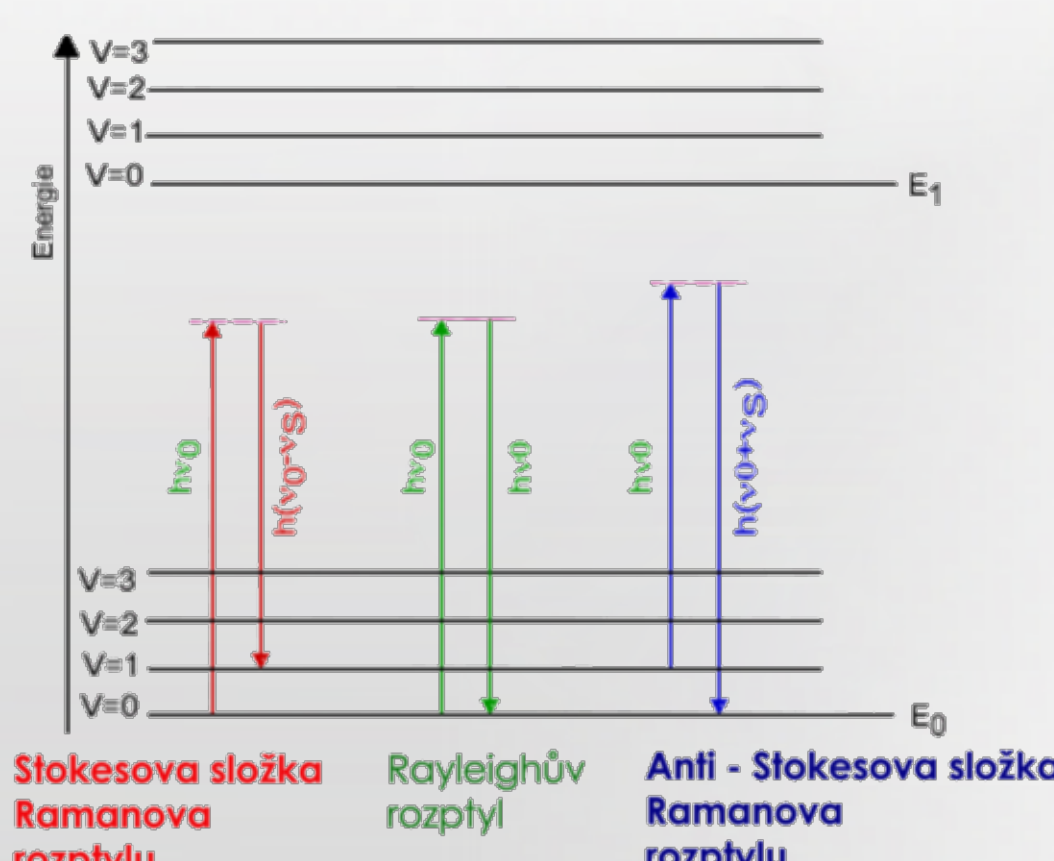
Ramanova spektroskopie využívá Ramanův jev pro určení chemické a strukturální podstaty materiálu.

- nekontaktní a nedestruktivní metoda
- není potřeba příprava vzorku
- laser pro excitaci je fokusován na vzorek přes mikroskop
- vhodná pro silně absorbující vzorky

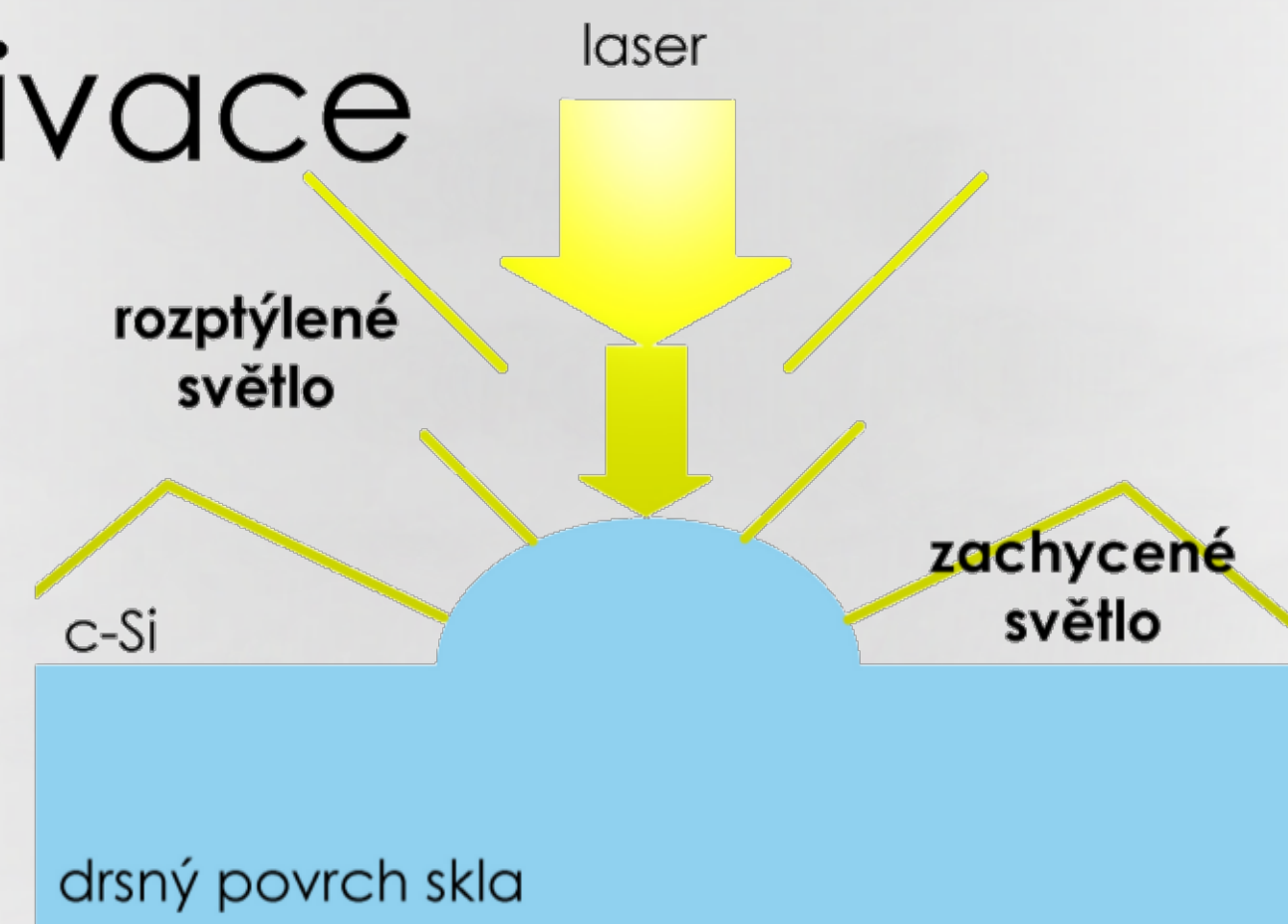
Ramanova spektroskopie

Rozptyl světla na atomech a molekulách

- Pružný Rayleighův rozptyl**
- rozptýlené fotony mají stejnou energii
 - dominantní rozptyl
- Nepružný Ramanův rozptyl**
- rozptýlené fotony mají vyšší (Stokes) nebo nižší energii (anti-Stokes)
 - pravděpodobnost rozptylu 1:10⁶



Motivace



záchyt světla ve vrstvě křemíku

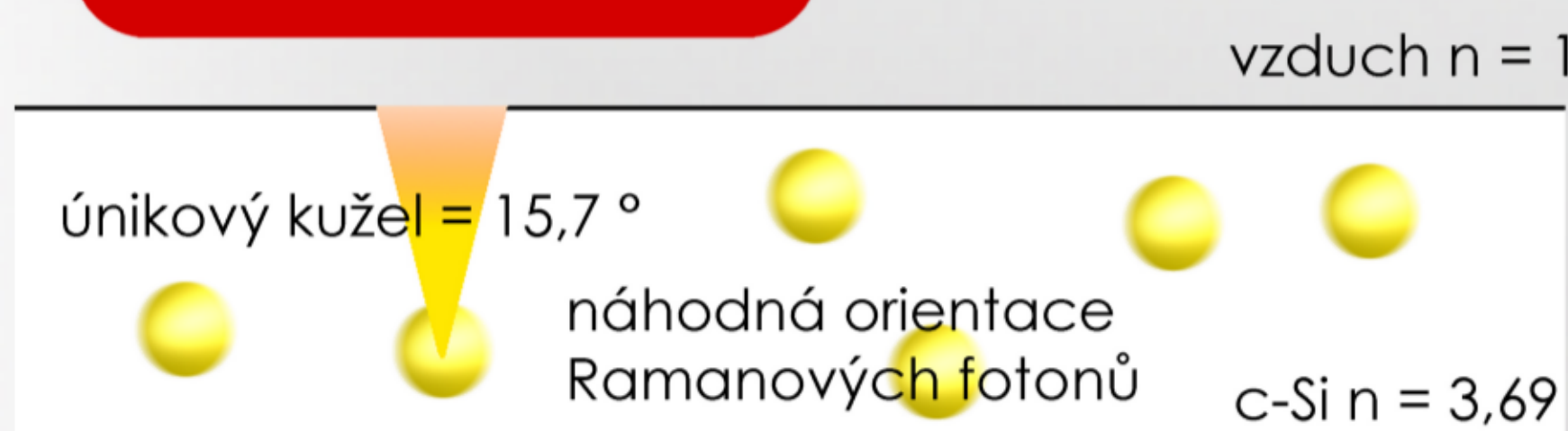
efektivita fotovoltaických článků je závislá na schopnosti zachytit fotony v křemíkové vrstvě
tloušťka tenké křemíkové vrstvy nestačí pro kompletní absorpci IR záření, proto jsou c-Si vrstvy deponovány na různě strukturované položky
Ramanova intenzita je úměrná délce dráhy světla, tedy i zachycení světla ve vrstvě

Vliv povrchu na záchyt světla



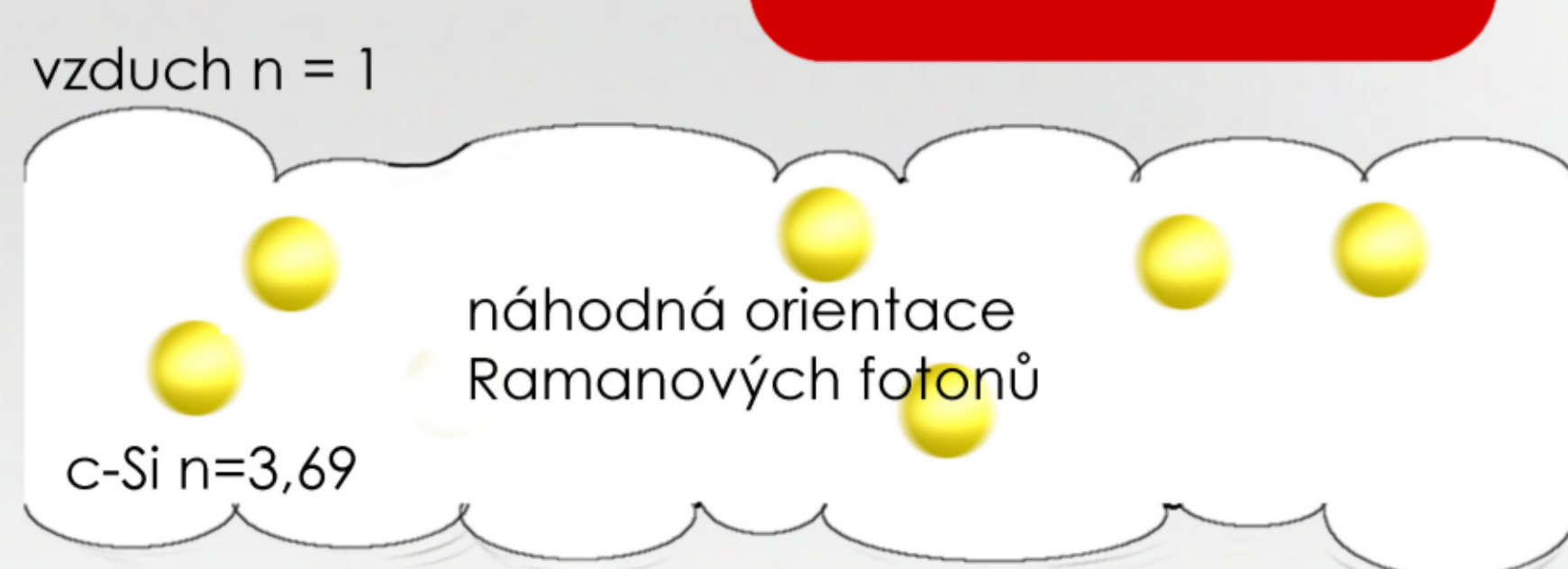
Rovný povrch

- jenom 3,7 % Ramanových fotonů unikne z křemíkové vrstvy



Drsný povrch

- světlo není vedeno ve vrstvě
- Ramanovy fotony jsou rozptýleny z vrstvy
- až 27 krát zvýšen únik fotonů



Mapování



min = 520 max = 867 min = 7780 max = 9420 min = 7130 max = 7850

min Ramanova intenzita max

každý vzorek mapován 2 krát v hloubce s maximální intenzitou a při zaostření vzorku pomocí mikroskopu

Závěr

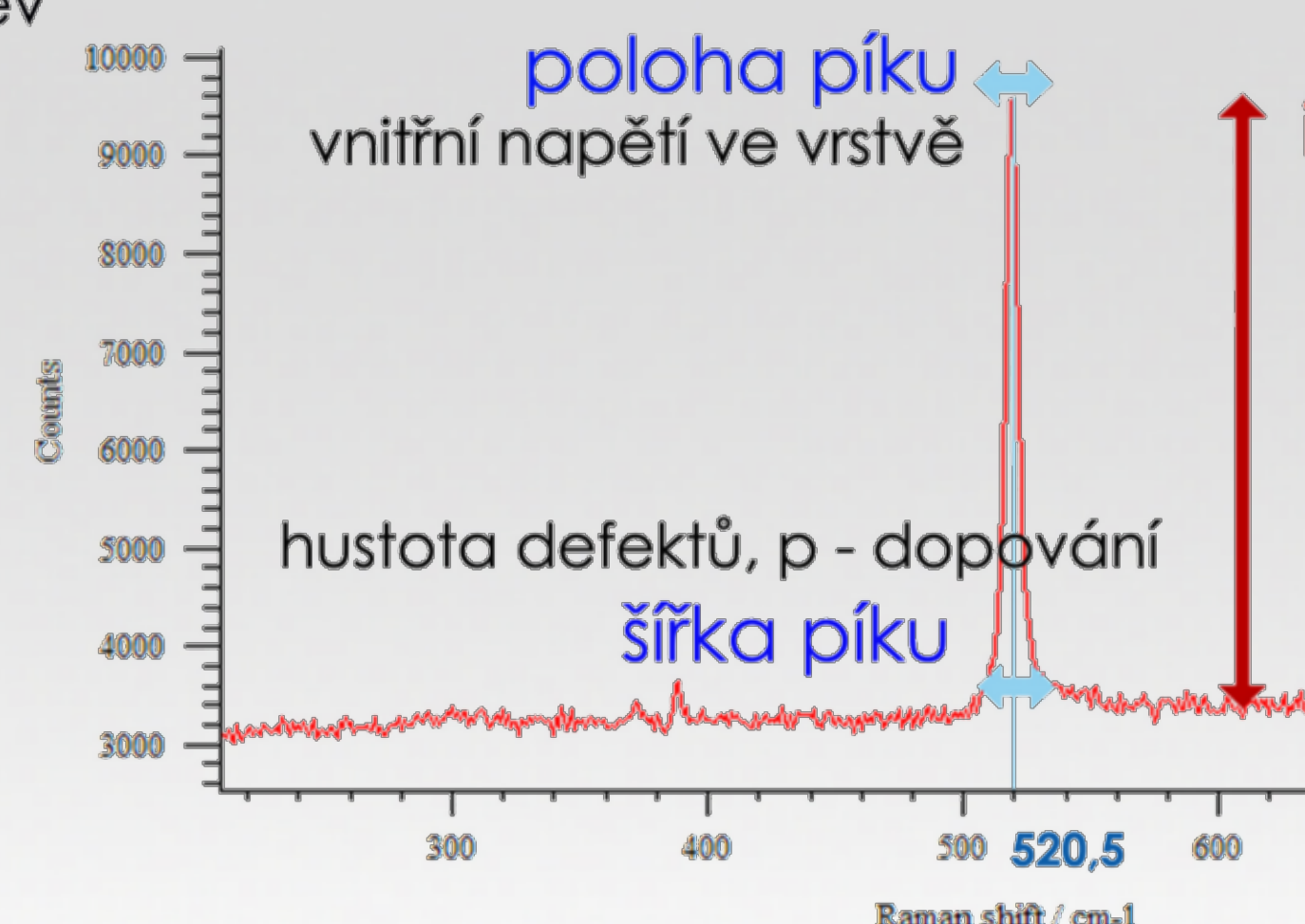
Naměřená intenzita Ramanova pásu souvisí s rozptylovými vlastnostmi podložky a schopností záchytu světla v tenkých křemíkových vrstvách - fotovoltaických článcích.

Zachycením většího množství světla v křemíkové vrstvě se zvýší množství proudu protékajícího článkem a tím i jeho účinnost.

Poděkování

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

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2013.



intenzita
záchyt světla ve vrstvě c-Si (tloušťka, vlnová délka laseru, krystalografická orientace)

Hloubkové měření

Experimentální vybavení

- micro-spectrometer inVia REFLEX od Renishaw
- 5x objektiv
- 785 nm dioda laseru s absorpční hloubkou přibližně 10 μ m
- 50% intenzita laseru
- délka měření 20 s
- 2 skupiny vzorků, c-Si vrstva tloušťky 1,5 - 2 μ m
- c-Si vrstva deponována na třech různých podložkách

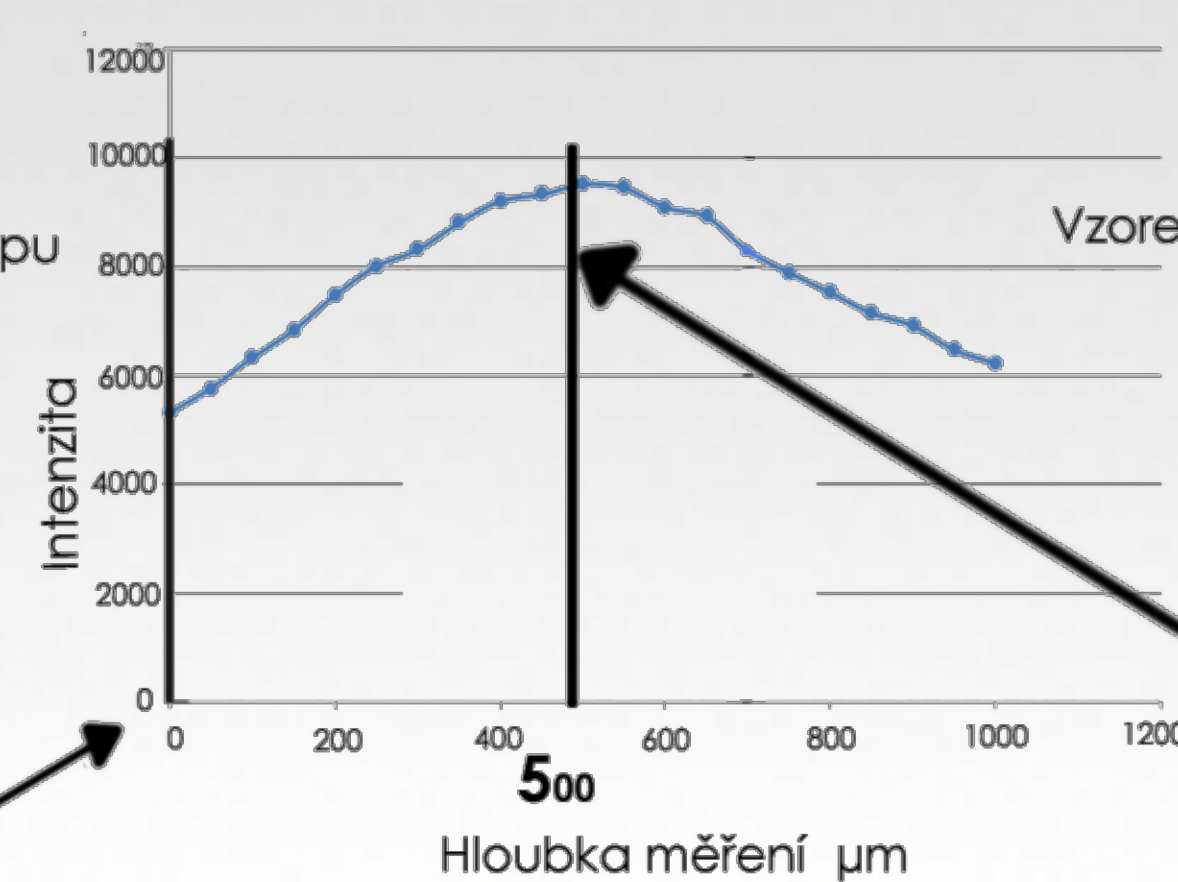
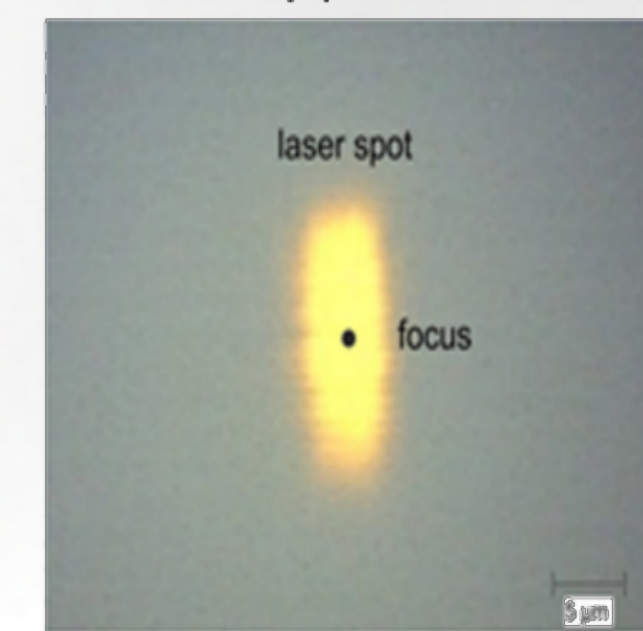
Hloubkové měření provedeno pro nalezení optimální hloubky (maximální intenzita) pro sběr dat.

- maximální intenzita naměřená v hloubce přibližně 500 μ m
- ideální hloubka pro sběr dat

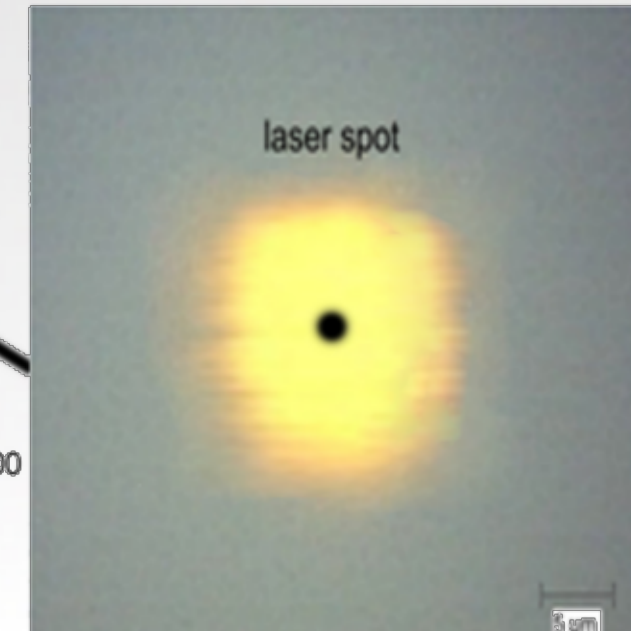
V této hloubce + 500 μ m provedeno mapování na všech vzorcích.

- při rozostření má laserový paprsek menší stopu
- větší intenzita laseru do jednoho místa vzorků
- horší sběr dat

Vzorek zaostřený pomocí mikroskopu



Vzorek nezaostřený pomocí mikroskopu



deponované podložky mají různou charakteristiku rozptylu světla

intenzita je úměrná záchytu světla

fotony šířící se vlnovodným efektem v c-Si vrstvě nemohou být detekovány

pro drsné povrchy nejsou fotony zachyceny a vedeny ve vrstvě

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	7,65	
5x ve fokusu	1	14,16	12,81	1	9,57	32,01	1	10,36	33,96
hloubkovy	1	10,86	9,06	1	8,29		1	7,97	

schopnost zachytit světlo lze provnat měřením maximální Ramanovy intenzity

Reference

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