

Posudek disertační práce

Název práce: Application of Microscopy Methods for Characterization of Silicon Nanostructures

Autor: Ing. Matěj Hývl

Práce se zabývá vývojem kvantitativních metod měření lokálních elektrických vlastností křemíkových struktur pomocí metod mikroskopu skenující sondou. Hlavní důraz z pohledu využitých metod je přitom kladen na měření lokální vodivosti pomocí vodivostní mikroskopie atomárních sil v různých konfiguracích; po stránce využitých vzorků se jedná především o solární články na bázi křemíkových nanodrátků. Jedná se o velmi aktuální téma jak po stránce přístrojové, tak i z pohledu analyzovaných struktur a zvolené mikroskopické metody mají potenciál zodpovědět řadu otázek vyskytujících se při vývoji a optimalizaci solárních článků.

Práce je členěna do několika kapitol diskutujících postupně stále složitější režimy měření. Po teoretickém úvodu shrnujícím principy použitých metod a otevřené problémy související se studovanými vzorky jsou demonstrovány různé typy měření pomocí vodivostního AFM s důrazem na typické chybové vlivy se kterými se můžeme setkat, jak obecně tak při měření specifických složitých vzorků, kterými zvolené solární články nepochybně jsou. Popis jednotlivých chybových vlivů je velmi pečlivě dokumentován, i s využitím různých pomocných mikrostruktur vhodně navržených experimentů. V jednotlivých kapitolách jsou pak popsány různé typy měření, od prostého mapování vodivosti na površích solárních článků až po složitá tomografická měření. Snaha kriticky zhodnotit různé jevy které komplikují snahy o kvantitativní měření a najít meze smysluplného využití metody při studiu solárních článků patří mezi největší klady práce a didaktický význam textu pro další rozvoj zmiňovaných metod je nesporný, i mimo kapitolu 4, která se na tento aspekt přímo zaměřuje.

K práci by bylo možné mít následující doplňující dotazy:

- při konstrukci grafu 2.6b jsou pro osu udávající výšku nanodrátků využita celá topografická data (zahrnující i momenty kdy hrot klouže po boku nanodrátku), nebo jen maximální výšky pro jednotlivé drátky (kdy je hrot nahoře)? I když jsou hodnoty proudu víceméně nezávislé na poloze hrotu vůči drátku, což je pozitivní lokální výška na ní závisí značně.
- z obrázku 2.9 by se dalo usoudit, že pomocí nanoindentace je možné nanodrátky „rozbít“ způsobem, který nemá paralelu v ničem co na povrchu samovolně vznikne. Je taková úvaha správná, tj. na vzorku se za normálních okolností nevyskytují žádné „pokažené“ nanodrátky?
- Obrázky dat využitých pro tomografická měření nápadně připomínají vliv drsnosti. Jak vypadá topografie související např. se sérií v obrázku 3.7? Mohlo by se stát, že by jednotlivé mikrokrystalky vytvářely materiálový kontrast na principu jiném, než tečení elektrického proudu kanálem (jak je naznačeno v obr. 3.6b) – například by vyšší hodnota proudu byla dána změnami v odporu mezi hrotem a povrchem pro různé fáze?

Z formálního hlediska je práce velmi přehledně strukturovaná, logicky členěná, prostá chyb či překlepů a má potenciál být využita i jako referenční text pro další experimenty na pracovišti autora.

Autor prokázal svou schopnost samostatně navrhnout a provést mnohé náročné experimenty, interpretovat jejich výsledky a také publikovat výsledky svého úsilí v odborných časopisech. Práce splnila stanovené cíle a dosažené výsledky jsou jednoznačně přínosem pro rozvoj kvantitativních mikroskopických metod.

Navrhuji proto práci doporučit k obhajobě a udělení akademického titulu Ph.D.

V Brně dne 12. 4. 2022

Mgr. Petr Klapetek, Ph.D.
Český metrologický institut