

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Kristýna Onderková

Název práce: Nové nanostrukturní katalyzátory pro palivové články II: mikročlánky na čipu

Studijní program a obor: Fyzika, obecná fyzika

Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: RNDr. Viktor Johánek, Ph.D.

Pracoviště: KFPP MFF UK

Kontaktní e-mail: viktor.johanek@mff.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Předkládaný text odpovídá svým rozsahem bakalářské práci a přináší původní vědecké výsledky, na jejichž získání se autorka přímo podílela. Téma práce se zabývá velice aktuální problematikou vysoce dispergované platiny v oxidech ceru s uvažovaným použitím jako účinného katalyzátoru pro palivové mikročlánky integrované na čipu. Autorka prokázala zvládnutí potřebných experimentálních technik, zejména SEM, EDX a XPS.

Text je logicky strukturován a je sepsán až na výjimky srozumitelně. Vlastní výsledky jsou prezentovány poměrně systematicky a jsou dostatečně diskutované. K práci mám nicméně několik následujících připomínek:

- V kapitole popisující současný stav poznání je řada nepřesností, např. 1) kyslíkové vakance (resp. trojmocný Ce) nemusí být jen na povrchu nebo na rozhraní se substrátem, ale mohou být i v objemu  $CeO_x$ ; 2) konstatování, že „deponovaná vrstva oxidu ceru se skládá z malých krystalků“ nemá obecnou platnost, zřejmě se vztahuje ke konkrétnímu postupu magnetronovým naprašováním, ale autorka to nezmiňuje; 3) tvrzení „objemová redukce [oxidu ceru] začíná až po kompletním dokončení redukce povrchových vrstev“ také zřejmě není obecně pravdivé a ani není podpořené příslušnou citací.
- Popisovaná kvantitativní analýza XPS pomocí citlivostních faktorů (str. 19) má svá omezení a podmínky, za kterých lze použít. Složitější formy analýzy by byly zřejmě nad rámec bakalářské práce (která není primárně orientovaná na XPS), ale bylo by dobré alespoň zmínit, že si je autorka těchto omezení vědoma a věnovat alespoň krátkou diskusi oprávněnosti použití uvedené metody pro studované typy vzorků.
- Morfologie vrstev Pt- $CeO_x$  se pro jednotlivé případy (typ mezivrstvy, množství Pt; tab. 4.2 a 4.3) liší. Rozdíly pro různé tloušťky vrstev (10 nm, 20 nm) mi však připadají ve většině případů (zejména u  $CN_x$  substrátů) nesignifikantní. Podobná poznámka platí pro srovnání tab. 4.4 a 4.5.
- Na str. 34 je řečeno, že na 100%  $CN_x$  při vyšší koncentraci Pt už nedochází k leptání uhlíku, ale pouze růstu vrstvy, což je v naprostém rozporu s daty uvedenými v tab. 4.6 a grafem 1.
- Komentář výsledků v kap. 4.5 (str. 40 a 41) působí poměrně zmateně a není snadné si z něj udělat nějaký systematický závěr nebo z něj vyčíst nějaký obecný trend. V závěru se sice konstatuje, že signál Ce i Pt je vyšší u tlustších vrstev a že „koncentrace“ Pt roste s počtem drátků, to jsou ale poměrně triviální a samozřejmé závěry; netriviálními by se staly v případě, že by závěr byl kvantitativní, ale na to jsou změřená data zřejmě málo spolehlivá. Autorka sice nakonec připouští, že metoda EDX není pro tyto tenké vrstvy zcela vhodná, ale i tak bylo možné zpracovat výsledky lépe a tak, aby to dávalo fyzikální smysl – metodickou chybou je např. brát za základ 100% celkový signál v případě, že analyzujeme hloubkově velmi nehomogenní vzorek (a tedy úroveň dominantního signálu Si substrátu závisí mimo jiné na tloušťce vrstev na něm), potažmo interpretovat vypočtené podíly jako „koncentraci“ daných prvků ve vzorku.
- Tvrzení, že na poměr  $Ce^{3+}/Ce^{4+}$  nemá výrazný vliv ani koncentrace Pt, ani tloušťka vrstvy je poměrně odvážné vzhledem k tomu, že se hodnoty pohybují v poměrně širokém rozsahu 0,15-0,51 (viz tab. 4.17). Pravdivé není ani tvrzení dole na str. 45: „Poměry  $Pt^{2+}/Pt^{4+}$  v tomto případě jsou nulové nebo blízké nule.“

Další drobnější věcné připomínky a komentáře:

- V úvodu na str. 2 jsou citace [1] a [2] jen velmi malým výřezem současného stavu, tématem vývoje katalyzátorů pro PEMFC se nezabývá jen skupina fyziky povrchů KFPP.

- Kap. 2.2 – “... skenování povrchu primárním svazkem” – mělo by být řečeno, že jde o svazek elektronů.
- Údaj o informační hloubce zobrazení sekundárními elektrony v textu (str. 8 - 2 nm) se zásadně liší od hodnoty v obr. 2.3 (5-50 nm).
- Kap. 2.3.2 – v iontovém děle není “zásobník iontů”, ionty se vytváří až působením silného el. pole na hrotu.
- Vyjádření (např. str. 15, 22), že prekurzorem v GIS je platina, wolfram apod. je mírně řečeno nepřesné a zavádějící, např. u kovů se typicky jedná o organometalické komplexy. V 3. větě kapitoly 2.3.3 se pak sice říká, že „se většinou nepoužívají čisté prvky, ale jejich sloučeniny“, nicméně to nic nemění na tom, že prekurzorem není samotný kov. Dá se použít např. označení „platinový prekurzor“, „wolframový prekurzor“ apod.
- V tab. 4.6-4.9 chybí jednotky (zřejmě nm).
- Forma prezentace grafů 1 a 2 není příliš kvalitní (nekonzistentní vodorovné osy s nesmyslným dělením, spojení bodů lomenými čarami atd.). V tomto případě by se spíše hodily sloupcové kumulativní grafy. U XPS grafů pro změnu chybí součtové fitovací křivky, podle kterých je možné posoudit, jak dobře kopíruje fit experimentální data. Navíc není zřejmé, proč autorka prezentuje fit vždy jen u jednoho spektra v každém grafu.
- U výsledků EDX (kap.4.5) není uvedeno, z jak velké oblasti byla spektra snímána, případně alespoň konstatováno, že byla větší než laterální velikost povrchových struktur, aby bylo jasné, že data nejsou zatížena volbou konkrétního místa.

Připomínky jazykové, stylistické a formální:

- Většina obrázků má anglické popisky, ačkoliv je celý text česky. V rámci jednoho obrázku (1.1) se oba jazyky dokonce kombinují.
- V textu používaný český překlad EDX jako „energieově disperzní spektroskopie“ zní zvláště a navíc není přesný (neobsahuje informaci o tom, že jde o rentgenovskou spektroskopii). Překlad uvedený v seznamu zkratk na konci práce „energeticky-disperzní rentgenová spektroskopie“ považují za mnohem lepší.
- Uváděná tloušťka uhlíkových mezivrstev (nahore na straně 20) je 200  $\mu\text{m}$ , mělo být 200 nm.
- Jednotky intenzity u XPS spekter mají být zřejmě kcps, nikoliv cps.
- Formulace typu „menší struktury“ (strana 35 nahore) bez specifikace, o jaký charakteristický rozměr se jedná (tloušťka, šířka „sloupců“, průměr zrn, ...), je nejasná.
- Pro lepší orientaci a případné odkazování bývá zvykem označit jednotlivé grafy, které jsou součástí jednoho obrázku, písmeny.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

- V anotaci avizovaná metoda AFM nakonec nebyla v práci použita. Bylo to proto, že by tato metoda nešla na vzorky použít, že by nepřinesla žádné užitečné informace, nebo z nějakého jiného důvodu?
- V obrázku 2.6 popisujícím schéma skenování povrchu jsou mimo jiné body Y a Y', které ale nejsou v textu zmíněny. Jedná se o naznačení kompenzace driftu, nebo o něco jiného?
- V kap. 4.5 se uvádí, že hodnoty zastoupení jednotlivých prvků odpovídají normovanému hmotnostnímu procentu. Vzhledem k charakteru experimentu by bylo asi lepší uvádět relativní koncentrace atomů. Jedná se o opravdu hmotnostní a ne koncentrační podíly?

**Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako ~~diplomovou~~/bakalářskou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta: *Praha, 2.6.2016*