



Vědecké oddělení

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT

Technická 10

616 00 Brno

V Praze dne 10.12.2015

Věc: Posudek disertační práce Ing. Ondřeje Čecha

Disertační práce Ing. Čecha se věnuje přípravě a charakterizaci elektrodoových materiálů pro lithno-iontové akumulátory. Zdroje proudu na bázi lithia představují velice moderní a perspektivní oblast, které je právem věnována velká pozornost vědecké obce. Vzhledem k trvalému nárůstu potřeby skladování elektrické energie ať již pro mobilní nebo stacionární zdroje je třeba nacházet materiály s větší kapacitou, delší životností a především cenově dostupné. Cílem práce je příprava a charakterizace hmot vhodných pro lithno-iontové články. První část předložené práce se podrobně věnuje materiálu pro kladnou elektrodu a to sloučenině LiFePO_4 . Na základě metodiky převzaté z literatury byly připraveny 4 vzorky z různých prekurzorů. Vzorky byly následně podrobeny důkladné analýze jak z hlediska morfologie, tak i elektrochemických vlastností. Z testovaných vzorků nejlepší parametry vykazoval vzorek s příměsí MWCNT, kdy se podařilo dosáhnout i největšího podílu požadované fáze LiFePO_4 . Druhá výrazně rozsáhlejší část je věnována materiálu záporné elektrody. TiO_2 v různých modifikacích je v odborné literatuře často uváděn, jako vhodné prostředí pro ukládání Li. Představuje tak výrazně stabilnější alternativu k dnes používaným materiálům. Hlavní nevýhodou je špatná vodivost hmot založených na TiO_2 . Autor se věnoval přípravě a testování hmoty s největším podílem fáze syntetického $\text{TiO}_2(\text{B})$. V prvním kroku se pokusil připravit základní prekurzor $\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$ metodou převzatou z literatury, kdy se mu podařilo dosáhnout téměř 90% čistoty. Další část přípravy $\text{TiO}_2(\text{B})$ prováděl autor se vzorky od externího dodavatele. Obdobně jako u kladné elektrody provedl autor důkladnou studii strukturních a elektrochemických vlastností materiálů. Na základě výsledků identifikoval optimální podmínky přípravy, jako je počáteční molární poměr prekurzorů, způsob provedení protonizace a následné kalcinace.

V teoretické části je shrnuta problematika lithium iontových akumulátorů a detailní rozbor složení elektrodoových hmot, včetně způsobů jejich přípravy. Dále následuje popis principu použitých instrumentálních technik pro charakterizaci materiálů a elektrochemických metod.

Volba způsobu přípravy i způsobu charakterizace obou elektrodoových materiálů dobře odpovídá vytčeným cílům práce. Rovněž i diskuze výsledků je kvalitně zdůvodněná.

Disertantovi se podařilo vytvořit podrobnou analýzu experimentální přípravy elektrodoových hmot. V obou případech se mu podařilo připravit materiály s dobrými předpoklady pro uplatnění v Li-ion článcích. Případné nevýhody disertant rovněž uvádí.

Za hlavní přínos práce považuji použití nanomateriálů, které jsou z hlediska Li-ion akumulátorů velmi perspektivní.

Vzhledem k vysoké odborné úrovni práce mám pouze minimum dotazů a připomínek k věcné podstatě práce. Bohužel kvalitu práce snižuje značný výskyt formálních chyb.



Po formální stránce:

1. Celá práce pracuje s odkazy na použité zdroje až příliš úsporně. Přestože nelze disertantovi vytýkat zamlčování zdrojů, tak častější uvádění citací by bylo vhodné. Například Tab. 2-4 (str. 21) je patrně celá převzatá z Wikipedie, což autor neuvádí. Rovněž v diskuzi na straně 80 se autor odkazuje na literaturu tvrzením "je také uváděna možnost...." nicméně neuvádí kde.
2. Zatím co cíle jsou psány v budoucím čase, tak výsledky jsou popisovány v čase minulém. Je zřejmé, že práce vznikla až po dokončení výzkumu, tudíž bych za vhodnější považoval formulace *cílem práce bylo*.
3. V popisu elektrochemických metod používá autor netradiční termíny jako rozmítání potenciálu, přeběh potenciálu a platí. To však nijak zásadně nesnižuje srozumitelnost textu.
4. U rovnice 4 na straně 33 je v Nernstově rovnici chybně použit půlvlnový potenciál. Závislost mezi elektrodovým potenciálem a půlvlnovým potenciálem je u reverzibilních dějů dána mimo jiné poměrem difúzních koeficientů. $E_{1/2} = E^{0'} + (RT/nF) \ln(D_R/D_O)^{1/2}$
5. U Obr. 4.6 na straně 41 je chybně vzorec glycinu.
6. Často se u názvu ev. popisu obrázků vyskytují chyby, nebo není dodržen jednotný tvar: Obr. 4.15, 4.19, 4.23. Rovněž v textu jsou odkazovány obrázky číslo 4.6 a 4.7 na str. 52-54, jež jsou zjevně nepřepisované.
7. U vyhodnocení platnosti Randles-Ševčíkovy rovnice je popis y-lonové osy pro normalizovaný proud správný pouze u některých vzorků. V případě normalizovaného proudu nemůže být uváděna jednotka [mA].

Z odborného hlediska považuji práci za zdařilou, byť se autor dopouští drobných nepřesností. K vlastní práci pak mám následující připomínky a dotazy:

1. Obrázek 1.1 zobrazuje princip funkce lithno-iontového akumulátoru. Přesto, že je obrázek převzatý, tak v případě nabíjení je chybně označena anoda a katoda.
2. Na straně 34 u popisu zátěžového testu autor uvádí: "Při nízkých proudech je omezujícím faktorem difuze, kdežto při vysokých je klíčovým odpor přenosu náboje." S tím nemohu souhlasit.
3. Oba použité postupy vycházejí z publikovaných prací. Vzhledem k množství použitých materiálů by bylo vhodné uvést případné odlišnosti mezi citovaným a použitým postupem.
4. U popisu atomové absorpční spektroskopie (str. 37) je uváděna citlivost metody do stovek ppm. Vhodnější je uvádět koncentrace v mg dm^{-3} , nicméně citlivost metody se uvádí zpravidla jako nejmenší analyzovatelná koncentrace. Ta je u AAS řádově nižší než uvádí autor.
5. V případě XRD spekter mají nestechiometrické sloučeniny velmi podobné čáry a záleží jen na zkušenosti operátora, které fázi danou čáru přiřadí. Jakým způsobem byla XRD spektra měřena a prováděl měření autor osobně?
6. Při pokusu připravit draselný titanát $\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$ se autorovi podařilo získat 89% čistotu. V dodaných vzorcích, které byly patrně připraveny stejnou metodou viz. Obr 4.29 (str.59), byla dosažená čistota 95%. Co je příčinou tohoto rozdílu?



Uvedené připomínky a dotazy nesnižují zásadním způsobem kvalitu předložené práce. Jednotlivé části práce byly rovněž publikovány v mezinárodních recenzovaných časopisech. O dobré publikační úrovni disertanta svědčí i vysoká citovanost jeho publikace oceněná vydavatelstvím Elsevier. Vědeckou úroveň disertanta rovněž potvrzuje řada příspěvků prezentovaných na tuzemských i mezinárodních konferencích.

Z výše uvedených důvodů doporučuji přijmout předloženou disertační práci jako podklad k obhajobě a udělení akademicko-vědeckého titulu doktora.

doc. Ing. Martin Paidar, PhD