

Oponentský posudok habilitačnej práce Vodivé polymery pro organickou elektroniku autor Ing. Dušan Kopecký, Ph.D.

Predložená habilitačná práca má za cieľ dokumentovať vedeckú činnosť uchádzača. Práca pozostáva z úvodného, dobre spracovaného textu k zbierke vybraných publikovaných prác a predstavuje vyvážený celok. Predložené publikácie tvoria súbor publikovaných 17 prác a ďalších dvoch odoslaných, ktoré medzičasom už boli publikované. Časovo pokrývajú 10 rokov intenzívneho štúdia vodivých polymérov s aplikačným zameraním v oblasti organickej elektroniky. Zo skupiny vodivých polymérov sa autor sústredil najmä na polyanilín a polypyrol. Aj keď vodivé polyméry sa intenzívne študujú viac ako 40 rokov, je ešte stále veľa nezodpovedaných otázok, napr. ovplyvnenie supramolekulárnej štruktúry polypyrolu, jeho vodivosti a stability. Predložená práca priniesla odpovede na niektoré z otázok. Veľmi rada by som vyzdvihnúť objasnenie mechanizmu prípravy nanotubulárneho polypyrolu pripraveného v prítomnosti azofarbiva methyl oranže. Pokračovaním práce bola príprava polypyrolu v prítomnosti iných troch azofarbív (Acid Red 1, Orange G a Sunset Yellow FCF), kde sa ukázali nové možnosti prípravy špecifických morfológických štruktúr.

Aplikačný aspekt pripravených vodivých polymérov autor orientoval na oblasť senzorov. S tým sú spojené technológie prípravy tenkých vrstiev. D. Kopecký sa zaoberal experimentálnou prípravou použitím laserových depozičných technológií a technológiou atramentovej tlače. V práci sa študoval celý proces prípravy senzora, ktorý sa delí na čiastkové kroky, od syntézy vodivého materiálu vhodnej štruktúry, príprava sensorovej platformy, technológiu nanášania sensorického materiálu, až po spracovanie výstupného signálu senzora a testovania jeho citlivosti a selektivity.

Viaceré významné vedecké výsledky popísané v práci a v priložených publikáciách ilustrujú prínos autora pre vedecké poznanie a sumarizujú aj praktické aspekty.

Z hľadiska spracovania práce je možné urobiť jednoznačný záver, že autor disponuje vynikajúcimi odbornými kvalitami a má hlboké vedomosti o príprave a vlastnostiach vodivých polymérov. Avšak vždy je čo zlepšovať, týka sa to napr. popisu štruktúry polypyrolu (PPy) v kapitole 3.2, kde k poruchám v PPy reťazci prispieva taktiež presieťovanie cez beta polohy pyrolových jadier, ktoré nie je zmienené v texte. Ak bola chemická oxidačná polymerizácia pyrolu iniciovaná oxidačnými činidlami ako FeCl_3 alebo APS v prítomnosti organických látok ako sú *p*-toluensulfonátu a iných (práca č. 4 v zozname prác) je presnejšie hovoriť o týchto organických aniónoch ako ko-dopantoch.

Publikačná aktivita D. Kopeckého je rozsiahla, zahŕňa štyri kapitoly v monografiách, 23 vedeckých článkov v databáze Web of Science a 8 v databáze Scopus. Ohlas medzinárodnej vedeckej komunity na práci je vyjadrený počtom viac ako 120 citácií. Množstvo a kvalita vedeckej a pedagogickej práce, vedenie bakalárskych a diplomových prác, inovácie laboratórnych cvičení pre zahraničných študentov, príprava 8 návodov na laboratórne cvičenia hlavne z oblasti meracej techniky, svedčia o tom, že sa autor plne

začlenil do vedeckej komunity ako rešpektovaná kvalifikovaná vedecká aj pedagogická osobnosť.

Ako každé zaujímavé vedecké dielo, aj predložená habilitačná práca Ing. Dušana Kopeckého, Ph.D. nastrojuje viaceré otázky a námety do diskusie. Uvádzam nasledovné:

1. Publikácia č. 13 v zozname publikácií (*Sensors* **16** (2016) 1917-1930), ktorá sa zaoberá testovaním globulárneho PPy a PPy a nanotubičiek priniesla zaujímavé výsledky, napr., že odozva nanotubulárneho PPy bola vo všetkých prípadoch rýchlejšia. Výsledky meraní taktiež priniesli podľa autorov unikátny výsledok a ukázali, že najlepšiu odozvu vykazovali PPy nanotubičky na nepolárny *n*-heptán (cca 110 %), pričom odozva karbonizovaného nanotubulárneho PPy bola ešte rýchlejšia. Vzhľadom k predchádzajúcim štúdiám, ktoré ukázali, že senzory na báze vodivých polymérov dávajú veľmi nízke odozvy na nepolárne organické prchavé látky (VOC), je na mieste otázka, aký je mechanizmus fungovania tohto typu senzora?
2. Pre aplikáciu vodivých polymérov, tak ako aj pre iné organické materiály, je dôležitá ich stabilita a odolnosť voči environmentálnym podmienkam, ako sú vzdušný kyslík, vlhkosť a svetlo. Vodivé polyméry, ktoré majú vo svojej štruktúre množstvo defektov, ktoré vznikajú už pri samotnej syntéze, vykazujú menšiu stabilitu vlastností, najmä elektrickej vodivosti. Výsledky uvedené v práci č. 17 ukázali, že elektrická vodivosť nanotubulárneho PPy je časovo o jeden rád stabilnejšia než u PPy-globulárneho, pričom jej hodnota klesla v priebehu 3 rokov na 0,2 násobok pôvodnej hodnoty, aj napriek tomu, že merný povrch nanotubulárneho PPy je cca desiatky $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ a globulárneho PPy sú to jednotky $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Čo je hlavným faktorom, ktorý spôsobuje vyššiu stabilitu nanotubulárneho PPy?
3. Veľmi zaujímavé výsledky priniesla práca č. 18 (*RSC Adv.* 2017, 7, 51 495), ktorá sa zaoberá syntézou supramolekulárneho PPy v prítomnosti troch azofarbív, (Acid Red 1, Orange G a Sunset Yellow FCF), t.j. látok, ktoré majú v molekule spoločný naftylfenyldiazenový skelet a porovnáva ich s predchádzajúcimi syntézami PPy v prítomnosti metyl oranže. Keďže od jej odoslania uplynulo už niekoľko mesiacov, má kolektív autorov v pláne ďalší posun v tejto oblasti, ako je modifikácia reakčných podmienok, použitie iných farbív na syntézy supramolekulárneho PPy a podobne?

Z uvedených faktov je zrejmé, že nastolené otázky sú námetom do diskusie a neznižujú vysokú vedeckú úroveň predloženej habilitačnej práce. Záverom konštatujem, že habilitačná práca Ing. Dušana Kopeckého, Ph.D. dokumentuje vysokú úroveň vedeckej práce autora. Predložená práca predstavuje dostatočný podklad pre habilitačné konanie a preto po úspešnej obhajobe doporučujem udelenie titulu **docent**.



Bratislava, 5.1.2018

Mária Omastová, PhD., DrSc.
E-mail: maria.omastova@savba.sk