

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0891**  
**Nanočasticové senzory pre plynné biomarkery chorôb**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Ján Ivančo, PhD.**  
Príjemca **Fyzikálny ústav SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fyzikálny ústav SAV

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Centrum polymerných systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika  
Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo užitočné vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Žiadne

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. J. Ivančo et al., Colossal strain-resistance transduction of indium oxide film, Thin Solid Films 616 (2016) 27-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2016.07.067>
2. M. Cvek et al., Synthesis of Silicone Elastomers Containing Silyl-Based Polymer-Grafted Carbonyl Iron Particles: An Efficient Way to Improve Magnetorheological, Damping, and Sensing Performances, Macromolecules 50 (5) 2017, 2189-2200. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.macromol.6b02041>
3. F. Schauer et al., Electrochemically induced charge injection in disordered organic conductive polymers J. Appl. Phys. 124 (2018) 165702. <http://dx.doi.org/10.1063/1.5049133>
4. D. Skoda et al., Colloidal cobalt-doped ZnO nanoparticles by microwave-assisted synthesis and their utilization in thin composite layers with MEH-PPV as an electroluminescent material for polymer light emitting diodes, Organic Electronics 59 (2018) 337-348. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orgel.2018.05.037>
5. J. Osicka et al., Reversible Actuation Ability upon Light Stimulation of the Smart Systems with Controllably Grafted Graphene Oxide with Poly (Glycidyl Methacrylate) and PDMS Elastomer: Effect of Compatibility and Graphene Oxide Reduction on the Photo-Actuation Performance, Polymers 10 (2018) 832. <http://dx.doi.org/10.3390/polym10080832>
6. J. Osicka et al., Light-Induced Actuation of Poly(dimethylsiloxane) Filled with Graphene Oxide Grafted with Poly(2-(trimethylsilyloxy)ethyl Methacrylate) Polymers 10 (2018) 1059. <http://dx.doi.org/10.3390/polym10101059>
7. M. Benkovičová et al., Tailoring the interparticle distance in Langmuir nanoparticle films, Phys.Chem.Chem.Phys. 21 (2019) 9553. <http://dx.doi.org/10.1039/C9CP02064K>
8. E. Kutalkova et al., Enhanced and Tunable Electrorheological Capability using Surface

Initiated Atom Transfer Radical Polymerization Modification with Simultaneous Reduction of the Graphene Oxide by Silyl-Based Polymer Grafting, *Nanomaterials* 9 (2) 2019, 308.

<http://dx.doi.org/10.3390/nano9020308>

9. J. Kollar et al., Effect of monomer content and external stimuli on properties of renewable Tulipalin A-based superabsorbent hydrogels, *Eur. Polym. J.* 115 (2019) 99.

<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.03.012>

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Uplatnenie výsledkov sa odráža v počte citácií; publikované práce s podporou projektu APVV 14-0891 majú k dnešku 29 citácií (WoS) v časopisoch kategórie ADC.

Budeme pokračovať v riešení problematiky rozpracovanej v projekte 14-0891.

Nadviazali sme spoluprácu s prof. Sivakumar Manickam-om (University of Nottingham Malaysia), ktorej výsledkom je návrh na projekt "A high-precision Fullerene (C60) - tungsten oxide (WO<sub>3</sub>) nanobiosensor for the non-invasive detection of acetone in human exhaled breath" podaný grantovej agentúre v Malajzii (Kementerian Pendidikan Malaysia).

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

- Senzor deformácie s parametrom až cca 60 000 [1];
- Senzor acetónových pár v oblasti sub-ppm na báze nanočasticových vrstiev Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; odozva senzora cca 7 % pri 500 ppb acetónových pár vo vzduchu [10.1088/1742-6596/939/1/012009];
- Vypracovaný teoretický rámec pre mechanizmus transportu náboja pri aplikácii metódy ER-EIS určujúcej hustotu stavov (DOS) [3] a stanovená DOS pre niektoré univerzálne tenké vrstvy (nanokompozity) [4];
- "Očkovanie polymérnych reťazcov z povrchu" za účelom prípravy hybridných častíc s rôznou hrúbkou a chemickou štruktúrou polymérneho obalu sa študovalo na rôznych (nano)časticiciach [2,5,6]. Tento typ modifikácie bol však neúspešný pri modifikácii povrchu nanočastíc oxidov železa;
- Pre nanočastice oxidov železa sa použilo „Očkovanie polymérov na povrch“. Pripravilo sa niekoľko polymérov s rôznymi dĺžkami, ktoré boli použité ako surfaktanty nanočastíc so zámerom ovládať efektívnu veľkosť nanočastíc pri zachovaní veľkosti vlastnej nanočastice [7, 8];
- Príprava vysoko usporiadaných nanočasticových monovrstiev s rôznymi medzičasticovými vzdialenosťami na plochách s mezoskopickými rozmermi dosiahnutými pomocou rôznych polymérnych molekúl v úlohe surfaktantu [7];
- Určenie jemnej štruktúry Ramanovho spektra WO<sub>3</sub> umožňujúcej priradenie vlnočtov rôznym kryštalografickým fázam WO<sub>3</sub> [publikácia v príprave];
- Syntéza nanočastíc WO<sub>3</sub> dotovaných chrómom s vyšším obsahom nízkoteplotnej fázy ε a vymedzenie zvýšenej teplotnej stability nanočastíc WO<sub>3</sub> v porovnaní s objemovým WO<sub>3</sub> [publikácia v príprave];
- Pri pracovných podmienkach senzora ( $t > 300^{\circ}\text{C}$ ) acetón na povrchu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> chemisorbuje [publikácia v príprave].
- Vysoká odozva predžihaného Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na acetón pri izbovej teplote [publikácia v príprave].

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

- Strain sensor with the gauge factor (strain-resistance transduction) as high as of ca 60 000 [1];
- The sensor of acetone vapours in the sub-ppm range based on iron oxide nanoparticle (NP) layers, the response about 7% to 500 ppb acetone vapours in dry air [10.1088/1742-6596/939/1/012009];
- The theoretical background of the charge transport mechanism taking place in the ER-EIS method for mapping the electronic density of states (DOS) was elaborated [3], the application of the method was demonstrated for an universal thin film system [4];
- "Polymer chains grafting from surface" method was studied for purpose of preparation of various hybrid nanoparticles with diverse thickness and chemical structure of polymer surfactants [2,5,6]. The way was found improper for the surface modification of iron-oxide NPs;

- “Polymer chains grafting onto surface” method was studied and employed for iron-oxide NPs; a few polymers with distinct length were prepared and employed in the role of a surfactant with aim to control the effective size of NPs with its core size retained [7, 8];
- Preparation of highly ordered nanoparticle monolayers with distinct interparticle distances over mesoscopic areas achieved by means of various polymer surfactants [7];
- The determination of fine structure of Raman spectrum of WO<sub>3</sub> nanoparticles enabling association of newly emerged Raman shifts to particular crystallographic phase of WO<sub>3</sub> [publication in preparation];
- Synthesis of chromium-doped WO<sub>3</sub> nanoparticles enriched with the low-temperature phase  $\epsilon$  and determination of temperature interval for the preserved (phase) mixing ratio [publication in preparation];
- Upon working conditions of the sensor ( $t > 300^\circ\text{C}$ ), acetone molecule chemisorbs on Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> surface [publication in preparation].
- High response of pre-annealed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to acetone vapours measured at RT [publication in preparation].