

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0501**
Pokročilá technológia senzorov na báze organickej elektroniky

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Daniel Donoval, DrSc.**
Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta elektrotechniky a informatiky**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (Ústav elektroniky a fotoniky)

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave (Katedra organickej chémie), Centrum vedecko-technických informácií (predtým: Medzinárodné laserové centrum).

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

[1] „Štruktúra na extrakciu svetla z aktívnej oblasti organických elektroluminiscenčných diód na báze vodivých polymérov a spôsob jej výroby“, číslo prihlášky 150-2018, prihlasovateľ Slovenská technická univerzita v Bratislave, pôvodcovia: Jakabovič Ján, Weis Martin, Kuzma Anton, Juhász Peter, Novota Miroslav, Mičjan Michal, Hanic Michal.

[2] „Difúzor pár monoméru parylénu“, číslo prihlášky 141-2018, prihlasovateľ Slovenská technická univerzita v Bratislave, pôvodcovia: Jakabovič Ján, Weis Martin, Novota Miroslav, Mičjan Michal.

[3] „Ventil pár monoméru parylénu“, číslo prihlášky 140-2018, prihlasovateľ Slovenská technická univerzita v Bratislave, pôvodcovia: Weis Martin, Jakabovič Ján, Novota Miroslav, Mičjan Michal, Hanic Michal.

[4] „Aktívny celoorganický optický vlnovod na báze vodivých polymérov pre použitie v elektro optických prvkoch“, číslo prihlášky 64-2018, prihlasovateľ Slovenská technická univerzita v Bratislave a Medzinárodné laserové centrum, pôvodcovia: Weis Martin, Juhász Peter, Novota Miroslav, Mičjan Michal, Hanic Michal, Martin Tomáška, Jakabovič Ján, Chovan Jozef, Uherek František.

[5] "Organický polom riadený tranzistor" - PUV 234-2020. Pôvodcovia: Nevřela Juraj, Mičjan Michal, Novota Miroslav, Weis Martin, Donoval Martin, Vardžák Adam, Sobota Michal, Vincze Tomáš, Režo Vratislav.

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

[ADC1] MIČJAN, Michal - NOVOTA, Miroslav - TELEK, Peter - DONOVAL, Martin - WEIS, Martin. Hunting down the ohmic contact of organic field-effect transistor. In Chinese Physics B. Vol. 28, No. 11 (2019), Art. no. 118501 [6] s. ISSN 1674-1056 (2018: 1.469 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.339 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1088/1674-1056/ ; CC: 000493082100004.

- [ADC2] HAGARA, Jakub, et al. Novel highly substituted thiophene-based n-type organic semiconductor: structural study, optical anisotropy and molecular control. *CrystEngComm*, 2020, 22.42: 7095-7103.
- [ADC3] URBANCOVÁ, Petra - GORAUS, Matej - PUDIŠ, Dušan - HLUBINA, Petr - KUZMA, Anton - JANDURA, Daniel - ĎURIŠOVÁ, Jana - MIČEK, Patrik. 2D polymer/metal structures for surface plasmon resonance. In *Applied Surface Science*. Vol. 530, (2020), Art. no. 147279 [6] s. ISSN 0169-4332 (2020: 6.707 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.295 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85088366556 ; CC: 000562343800009 ; DOI: 10.1016/j.apsusc.2020.147279.
- [ADC4] FERIANCOVÁ, Lucia - CIGÁŇ, Marek - GMUCOVÁ, Katarína - KOŽÍŠEK, Jozef - NÁDAŽDY, Vojtech - PUTALA, Martin. Effect of electron-withdrawing groups on molecular properties of naphthyl and anthryl bithiophenes as potential n-type semiconductors. In *New Journal of Chemistry*. Vol. 45, iss. 22 (2021), s. 9794-9804. ISSN 1144-0546 (2020: 3.591 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.693 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1039/d1nj01100f ; SCOPUS: 2-s2.0-85107661063 ; CC: 000658494300008.
- [ADC5] VINCZE, Tomáš - MIČJAN, Michal - PAVÚK, Milan - NOVÁK, Patrik - WEIS, Martin. Fabrication of cupric oxide- based transistors by sol-gel technique. In *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. Vol. 32, iss. 6 (2021), s. 6883-6889. ISSN 0957-4522 (2020: 2.478 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.489 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: WOS: 000617293300002 ; CC: 000633105400012 ; SCOPUS: 2-s2.0-85100746551 ; DOI: 10.1007/s10854-021-05393-9.
- [ADC6] FERIANCOVÁ, Lucia, KMENTOVÁ Iveta, MIČJAN Michal, PAVÚK Milan, WEIS Martin, PUTALA Martin. Synthesis and effect of the structure of bithienyl-terminated surfactants for dielectric layer modification in organic transistor, In *Materials*, 2021, prijaté do tlače.
- [ADC7] VINCZE, Tomáš - MIČJAN, Michal - PAVÚK, Milan - NOVÁK, Patrik - WEIS, Martin. Fabrication of cupric oxide-based transistors by sol-gel technique using binary solvent mixture, In *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 2021, v recenznom konaní
- [ADC8] VINCZE, Tomáš - MIČJAN, Michal, NEVRELA, Juraj - DONOVAL, Martin - WEIS, Martin. Photoresponse dimensionality of organic field-effect transistor, In *Materials*, 2021, v recenznom konaní
- [ABA1] MIČJAN, Michal - WEIS, Martin. Organic electronic materials and devices. In *Advances in Microelectronics: Reviews, Volume 3*. Barcelona : IFSA Publishing, 2021, S. 19-74 [6,176 AH]. ISBN 978-84-09-33338-7.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu boli základom pre publikovanie 8 publikácií v zahraničných karentovaných časopisoch a 17 vedeckých príspevkov v zborníkoch. Výsledky projektu si našli svoje uplatnenie aj v 4 podaných patentoch a jednej prihláške úžitkového vzoru.

Nezanedbateľným výstupom bola aj vedecká monografia členov RK - Michala Mičjana a Martina Weisa s názvom „Organic electronic materials and devices“ v knihe *Advances in Microelectronics: Reviews* vydaná v zahraničnom vydavateľstve a registrovaná v databázach Web of Science. S potešením môžeme konštatovať že vďaka výsledkom projektu bolo možné sa zapojiť aj do EÚ projektov. Je to hlavne projekt "Boost Of Organic Solar Technology for European Radiance" (BOOSTER), v rámci výzvy H2020, ktorý priamo nadväzuje na výsledky dosiahnuté v oblasti organickej elektroniky. Dosiahnuté nové výsledky boli okamžite implementované aj do výchovno-vzdelávacieho procesu čo podporuje interdisciplinárny profil absolventa, boli základom nových tém študentov doktorandského štúdia a prispeli ku vzniku nových postdoktorandských miest.

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

Hlavným cieľom projektu bolo vyvinúť fotodetektory na báze organických polovodičov s využitím pokročilých organických materiálov a nových technológií depozície. Na overenie úrovne súčasného stavu problematiky boli navrhnuté a vyrobené dvojvrstvové organické fotodiódy zo známych materiálov. Následne, aby sa optimalizovala účinnosť premeny energie, bola navrhnutá a úspešne overená viacvrstvová štruktúra. Návrh a syntéza nových organických molekúl vhodných pre samo-usporiadané monovrstvy (povrchová modifikácia hradlových dielektrík) alebo aktívne vrstvy (organický polovodič) úspešne viedli ku prvkom s

výrazne vyššou vodivosťou. Syntéza organických polovodičov s vodivosťou typu n a vysokou efektívnou pohyblivosťou je síce neočakávaným, ale veľmi chvályhodným úspechom. Okrem toho sa výskum zameriaval na modelovanie distribúcie náboja v prvkoch organickej elektroniky v štruktúre organických polom riadených tranzistorov. Podrobná analýza prechodových prúdov odhalila, že pomalú relaxáciu spôsobujú elektróny transportované v organickom polovodiči s vodivosťou typu p. Model náhodného pohybu navyše potvrdil jednorozmerný transport náboja fotogenerovaných nábojov. Záverom môžeme tvrdiť že projekt všeobecne prispel k zvýšeniu poznania v problematike senzorov na báze organickej elektroniky a napomohol ku zlepšeniu aplikovateľnosti získaných poznatkov.

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

The project's main goal was to develop organic-semiconductor-based photodetectors using advanced organic materials and novel deposition technologies. To prove the state-of-the-art level, the double-layer organic photodiodes were designed and manufactured. Subsequently, to optimize the energy conversion efficiency, the multilayer structure has been proposed and successfully verified. The design and synthesis of novel organic molecules suitable for self-assembled monolayers (surface modification) or active layers (organic semiconductor) successfully led to high-performance devices. The synthesis of organic semiconductors with n-type conductivity and high effective mobility is an unexpected but highly praiseworthy success. Furthermore, the charge distribution modelling in organic electronics devices has been investigated in the organic field-effect transistor structure. The detailed analysis of the transient currents revealed that the slow relaxation is caused by the electrons transported in the organic semiconductor of p-type conductivity. In addition, the random walk model confirmed the one-dimensional charge transport of photogenerated charges. In conclusion, we can say that the project generally contributed to increasing knowledge in organic-electronics-based sensors and helps improve the applicability of knowledge.