



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu **SK-BY-RD-19-0011**

Nové polymérne kompozity na báze MXénov a uhlíkových nanoplíniv

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Matej Mičušík, PhD.**

Príjemca **Ústav polymérov SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav polymérov SAV, v.v.i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Bieloruská štátna univerzita, Výskumný ústav pre fyzikálne a chemické problémy, Minsk, Bielorusko

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

CC publikácie:

1. IVANOVSKAYA, Maria - OVODOK, Evgeni** - KOTSIKAU, Dzmitry - AZARKO, Igor - MIČUŠÍK, Matej - OMASTOVÁ, Mária - GOLOVANOV, Vyacheslav. Structural transformation and nature of defects in titanium carbide treated in different redox atmospheres. In RSC Advances, 2020, vol. 10, no. 43, p. 25602-25608. (2019: 3.119 - IF, Q2 - JCR, 0.736 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2020 - Current Contents). ISSN 2046-2069. Dostupné na: <https://doi.org/10.1039/d0ra02959a> Typ: ADCA

2. IVANOVSKAYA, Maria - OVODOK, Evgeni** - GAEVSKAYA, Tatiana - KOTSIKAU, Dzmitry - KORMOSH, Valentina - BILANYCH, Vitaliy - MIČUŠÍK, Matej. Effect of Au nanoparticles on the gas sensitivity of nanosized SnO₂. In Materials Chemistry and Physics, 2021, vol. 258, art. no. 123858, [9]p. (2020: 4.094 - IF, Q2 - JCR, 0.764 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 0254-0584. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123858> Typ: ADCA

3. MACHATA, Peter** - HOFBAUEROVÁ, Monika, Benkovičová - SOYKA, Yaryna - STEPURA, Anastasiia - TRUCHAN, Daniel - HALAHOVETS, Yuriy - MIČUŠÍK, Matej - ŠIFFALOVÍČ, Peter - MAJKOVÁ, Eva - OMASTOVÁ, Mária**. Wettability of MXene films. In Journal of Colloid and Interface Science, 2022, vol. 622, p. 759-768. (2021: 9.965 - IF, Q1 - JCR, 1.397 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 0021-9797. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.04.135> Typ: ADCA

prednášky na medzinárodných konferenciách:

1. MIČUŠÍK, Matej** - OVODOK, Evgeni - IVANOVSKAYA, Maria - POZNYAK, Sergey - PROCHÁZKA, Michal - STEPURA, Anastasiia - SOYKA, Yaryna - OMASTOVÁ, Mária.

MXene as new 2D nanofillers for polymeric composites. In Polyméry 2020 : XI. Slovensko - Česká konferencia : kniha príspevkov a program. - Bratislava : Ústav polymérov SAV, 2020, s. 36. ISBN 978-80-89841-14-1. Dostupné na internete:

polymer.sav.sk/polymery2020(Polyméry 2020 : Slovensko-Česká konferencia) Typ: AFH

2. MIČUŠÍK, Matej - OVODOK, Evgeni - PROCHÁZKA, Michal - ŠLOUF, Miroslav - STEPURA, Anastasiia - SOYKA, Yaryna - OMASTOVÁ, Mária. Ageing of 2D MXene nanoparticles on air. In NANOCON 2021-Abstracts : 13th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, October 20-22, 2021, Brno, Czech Republic. - Ostrava, Czech Republic : TANGER Ltd., 2021, p. 31. ISBN 978-80-88365-00-6. Typ: AFG
3. MIČUŠÍK, Matej - OVODOK, Evgeni - PROCHÁZKA, Michal - ŠLOUF, Miroslav - STEPURA, Anastasiia - SOYKA, Yaryna - OMASTOVÁ, Mária. Stability of 2D MXene nanoparticles: XPS and TEM study. In ECASIA 2022 – e-abstracts: European Conference on Application of Surface and Interface Analysis (ECASIA2022), May 29 – June 3, 2022, Limerick, Ireland Typ: AFG

4. MACHATA, Peter – HOFBAUEROVÁ, Monika - SOYKA, Yaryna - STEPURA, Anastasiia – TRUCHAN, Daniel – HALAHOVETS, Yuriy - MIČUŠÍK, Matej – Šiffalovič, Peter - OMASTOVÁ, Mária. An Insightful Study of the Wetting Behaviour of MXene Films. In ECASIA 2022 – e-abstracts: European Conference on Application of Surface and Interface Analysis (ECASIA2022), May 29 – June 3, 2022, Limerick, Ireland Typ: AFG

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky sme úspešne publikovali v renomovaných časopisoch a máme rozpísané ďalšie štyri články, ktoré sú momentálne v recenznom konaní v daných časopisoch. V niektorých prípadoch očakávame výraznú odozvu vo vedeckej komunite zaoberajúcej sa MXénovými časticami. Na základe našich vedomostí a skúseností s týmito materiálmi sme získali minimálne dva nové granty, kde budemem mať možnosť sa viac priblížiť ku konečným aplikáciám.

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

Podrobne sme popísali možnosti vzniku defektných štruktúr pri príprave MXénových nanočastíc. Optimalizovali sme náš postup prípravy a podarilo sa nám pripraviť čisté a relatívne stabilné delaminované 2D nanočastice MXénov. Popísali sme stupeň hydrofilnosti pomocou meraní postupujúceho (najvyššieho merateľného) a ustupujúceho (najnižšieho merateľného) kontaktného uhla kompaktných tenkých vrstiev MXénov Ti₃C₂ pripravených modifikovanou Langmuir-Schaeferovou metódou. Ide o vôbec prvú štúdiu, ktorá tento proces skúma do hĺbky. Zaujímavým výstupom bolo, že hodnota postupujúceho kontaktného uhla (približne 80°) bola len o 10 stupňov nižšia ako hodnota publikovaná pre súvislú vrstvu grafénu. Na druhej strane hodnota ustupujúceho kontaktného uhla bola výrazne nižšia (33°), vďaka čomu bol odhadnutý rovnovážny kontaktný uhol 57°. Tento údaj je veľmi dôležitý, aby sme lepšie rozumeli medzifázovým interakciám s polymérnymi matricami v nami pripravovaných kompozitoch. Stabilita našich 2D MXénových vysušených vrstiev bola výrazne vyššia, než dodávanej tzv. MXénovej pasty a výrazne lepšia než komerčne dostupných MXén roztokov. Popísali sme aké koncové skupiny na povrchu naznačujú destabilizáciu MXénovej štruktúry a ako narábať s MXénmi, aby si zachovali svoje výnimočné vlastnosti.

Dosiahli sme zaujímavé výsledky ohľadne EMI tienenia, nedosiahli sme však požadované vlastnosti. Jeden z dôvodov je aj ten, že našim cieľom bolo pripraviť polymérne kompozity metódou miešania v tavenine, čo je priemyselne akceptovateľný postup, vyžaduje však väčšie množstva vstupných materiálov. Preto sme aj značnú časť našej kapacity venovali optimalizácii prípravy a hĺbkovej charakterizácii MXénov, aby sme boli schopní pripraviť, čo najväčšie množstvo týchto 2D nanočastíc.

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

We have described in detail the possibilities of the formation of defective structures during the preparation of MXene nanoparticles. We optimized our preparation procedure and managed to prepare pure and relatively stable delaminated 2D nanoparticles of MXenes. We described the degree of hydrophilicity by measuring the advancing (highest measurable)

and receding (lowest measurable) contact angle of compact Ti₃C₂ MXene thin films prepared by the modified Langmuir-Schaefer method. This is the first ever study that examines this process in depth. An interesting output was that the value of the advancing contact angle (about 80°) was only 10 degrees lower than the value published for a continuous layer of graphene. On the other hand, the value of the receding contact angle was significantly lower (33°), due to which the equilibrium contact angle was estimated to be 57°. This data is very important in order to better understand the interfacial interactions with polymer matrices in the composites we are preparing. The stability of our 2D MXene dried layers was significantly higher than that of the supplied so-called MXene paste and significantly better than commercially available MXene solutions. We have described the surface chemistry and evaluate the terminal chemical groups and their role in the degradation process of the MXene structure and how to handle MXenes to preserve their exceptional properties.

We achieved interesting results regarding EMI shielding, but we did not achieve the desired properties. One of the reasons is that our goal was to prepare polymer composites by the method of melt mixing, which is an industrially acceptable procedure, but requires larger amounts of input materials. That is why we devoted a significant part of our capacity to optimizing the preparation and in-depth characterization of MXenes, in order to be able to prepare as many of these 2D nanoparticles as possible.