



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0075

Povrchy polymérov modifikované vrstevnatými nanočasticami a fotoaktívnymi farbivami

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Juraj Bujdák, DrSc.**

Príjemca **Univerzita Komenského v Bratislave - Prírodovedecká fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta
Ústav anorganickej chémie SAV, v.v.i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Polymer and Composite Engineering Group, Department of Materials Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Vienna, Währinger Str. 42, 1090 Wien, Rakúsko
International Center for Materials Nanoarchitectonics (WPI-MANA), National Institute for Materials Science (NIMS), Tsukuba, Ibaraki 305-0044, Japonsko
Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 1060, Nishi-Kawatsu-Cho, Matsue 690-8504, Japonsko

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

Neboli udelené patenty ani podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory.

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

1. Kureková, V. B.; Belušáková, S.; Boháč, P.; Bujdák, J.: Resonance energy transfer in the systems of smectite modified with a fluorescent cationic polymer and a photosensitizer. Applied Clay Science 2019, 183, 2019, 105326.
2. Bujdák J. Adsorption kinetics models in clay systems. The critical analysis of pseudo-second order mechanism. Applied Clay Science, 2020, vol. 191, p. 105630-1-105630-7.
3. T. Baranyaiová-Šimonová, R. Meszaros, T. Sebechlebská, J. Bujdák: Non-Arrhenius kinetics and slowed-diffusion mechanism of molecular aggregation of a rhodamine dye on colloidal particles. Physical Chemistry Chemical Physics 23, 17177-17185, 2021.
4. M. Barlog, H. Pálková, J. Bujdák: Luminescence of a laser dye in organically-modified layered silicate pigments. Dyes and Pigments 191, 109380, 2021.
5. P. Boháč, R. Sasai, W. Soontornchaiyakul, A. Czímerová, J. Bujdák: Resonance energy transfer between cyanine dyes in hybrid films of layered silicate prepared by layer-by-layer method. Applied Clay Science 202, 105985, 2021.
6. N.C.T. Dadi, J. Bujdák, V. Medvecká, H. Pálková, M. Barlog, H. Bujdaková: Surface Characterization and Anti-Biofilm Effectiveness of Hybrid Films of Polyurethane Functionalized with Saponite and Phloxine B. Materials 14, 7583, 2021.
7. M. Šuteková, J. Bujdák: The "blue bottle" experiment in the colloidal dispersions of

smectites. *Dyes and Pigments* 186, 109010, 2021.

8. N.C.T. Dadi, M. Dohál, V. Medvecká, J. Bujdák, K. Koči, A. Zahoranová, H. Bujdáková: Physico-chemical characterization and antimicrobial properties of hybrid film based on saponite and phloxine B. *Molecules* 26, 325, 2021.

9. S. Furka, D. Furka, N.C.T. Dadi, P. Palacka, D. Hromníková, J.A. Duenas Santana, J.D.Pineda, S.D. Casas, J. Bujdák: Novel antimicrobial materials designed for the 3D printing of medical devices used during the COVID-19 crisis. *Rapid Prototyping Journal* 27, 890-904, 2021.

10. Boháč, P.; Budzák, Š.; Planetová, V.; Klement, R.; Bujdák, J. Adsorption-Induced Fluorescence of Pseudoisocyanine Monomers in Systems with Layered Silicates. *J. Phys. Chem. C* 2022, vol. 126, p. 17255 – 17265.

11. Pribus, M.; Budzák, Š.; Pribusová Slušná, L.; Šimonová Baranyaiová, T.; Jankovič, L.; Mészáros, R.; Bujdák, J. Luminescence of Reichardt's Dye in Polyelectrolyte-Modified Saponite Colloids. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2022, vol. 642. p. 128663-1 – 128663-10.

12. Skoura, E.; Boháč, P.; Barlog, M.; Palková, H.; Danko, M.; Šurka, J.; Mautner, A.; Bujdák, J. Modified Polymer Surfaces: Thin Films of Silicate Composites Via Polycaprolactone Melt Fusion. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, vol. 23, p. 9166-1 – 9166-16.

13. Šuteková, M.; Barlog, M.; Šimonová Baranyaiová, T.; Klement, R.; Richards, G. J.; Hill, J. P.; Labuta, J.; Bujdák, J. Pyrazinacene Luminescence Enhancement by Heat-Activated Surface Adsorption and De-Aggregation in a Saponite Colloidal System. *Appl. Clay Sci.* 2022, vol. 218, p. 106413-1 – 106413-8.

14. Bujdák, J.; Baranyaiová, T. Š.; Boháč, P.; Mészáros, R. Adsorption of Dye Molecules and Its Potential for the Development of Photoactive Hybrid Materials Based on Layered Silicates. *The Journal of Physical Chemistry B* 2023, 127, 1063-1073.

15. Skoura, E.; Boháč, P.; Barlog, M.; Pálková, H.; Mautner, A.; Bugyna, L.; Bujdáková, H.; Bujdák, J. Structure, Photoactivity, and Antimicrobial Properties of Phloxine B / Poly(Caprolactone) Nanocomposite Thin Films. *Appl. Clay Sci.* 2023, 242.

Uplatnenie výsledkov projektu

Napriek tomu, že projekt bol základného výskumu, mnohé z výsledkov môžu nájsť v budúcnosti uplatnenie pri vývoji a aplikácii modifikovaných povrchov polymérov pomocou tvorby fázy nanokompozitu častíc vrstevnatého silikátu.

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

Vypracovali sa postupy modifikácie vrstevnatých silikátov v koloidných dispeziách s kationovými povrchovoaktívnymi látkami a polyelektrolytmi. Cieľom bolo zmeniť vlastnosti koloidných častíc tak, aby sa dosiahol dostatočne aktívny povrch. Ten zohrával kľúčovú úlohu pre funkcionizáciu častíc pomocou organických luminofórov a pre kompatibilitu s technickými polymérmi (napr. poluretán, polykaprolaktón) pri príprave nanokompozitov. Porozumením podstaty a zákonitostiam interakcií medzi zložkami sa podarilo nájsť optimálne postupy príprav modifikovaných častíc, pričom sa zachovala fotoaktivita organických luminofórov. Z takto upravených a funkcionizovaných disperzií sa pripravili tenké filmy hrúbky niekoľkých mikrometrov. Tie boli prekursorom kompozitného filmu na povrchu polyméru, ktorý vznikol fúziou filmu silikátu s kvapalnou fázou polymérneho prekursora monoméru alebo taveniny polyméru. Aj v prípade in situ polymerizácie aj z taveniny sa podarilo dosiahnuť interkaláciu reťazcov polyméru medzi vrstevnaté častice silikátu, čo stabilizovalo prepojenie oboch komponentov. Okrem týchto postupov sa pripravili aj klasické nanokompozity 3D tlačou a hydrogélne systémy. Molekuly organických luminofórov adsorbované na časticiach silikátu dávali takto funkcionizovaným kompozitom rôzne fotofunkčné vlastnosti, ako sú selektívna absorpcia svetla, medzimolekulový prenos excitačnej energie, luminiscencia, fotosenzibilizácia a fotodezinfekčné vlastnosti. Najviac materiálov bolo nosičom fotosenzibilizátora floxín B s významnými antimikrobiálnymi vlastnosťami. Významným prínosom boli polymérne kompozity s anti-biofilmovým povrchom, kedy sa pozorovala viac než 1000-násobná redukcia rastu mikroorganizmu. Projekt viedol k vzniku desiatok publikácií a prezentácií na domácich a zahraničných vedeckých fórach.

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

Procedures for the modification of layered silicates in colloidal dispersions with cationic surfactants and polyelectrolytes were developed. The objective was to change the properties of the colloidal particles to achieve the formation of an active surface. It played a key role in the functionalization of particles using organic luminophores and in compatibility with technical polymers (e.g. polyurethane, polycaprolactone) to synthesize nanocomposites. By understanding the basics of the interactions between the components, it was possible to find optimal ways to modify particles, while preserving the photoactivity of adsorbed organic luminophores. Thin films with a thickness of several micrometers were prepared from the thus modified and functionalized dispersions. These were used as precursors of the composite films, which were formed on the surface of the polymer by the fusion of the silicate film with the liquid phase of the polymer precursor (monomer) or polymer melt. Both in situ polymerization and melt fusion achieved the intercalation of polymer chains between layered silicate particles, which stabilized the connection of both components. In addition to these procedures, classical nanocomposites were also prepared by 3D printing and from hydrogel systems. Organic luminophore molecules adsorbed on silicate particles gave the thus functionalized composites various photofunctional properties, such as specific light absorption, transfer of excitation energy, luminescence, photosensitization, and photodisinfection. Most of the materials were carriers of the photosensitizer phloxin B with interesting antimicrobial properties. Polymer composites with an anti-biofilm surface were able to reduce the growth more than 1000-fold. The project led to dozens of publications and presentations at domestic and foreign scientific forums.