



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0357

Chalkogenidy ako perspektívne ekologicky a ekonomicky prijateľné nanomateriály pre energetiku a medicínu

Zodpovedný riešiteľ **Dr.h.c. prof. Peter Baláž, DrSc.**

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

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav geotechniky SAV, v.v.i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Fyzikální ústav AV ČR, Praha (Česko)

CRISMAT Normandie University, Caen (Francúzsko)

Jozef Stefan Institute, Ljubljana (Slovinsko)

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

0

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

1. BALÁŽ, Peter - ACHIMOVIČOVÁ, Marcela** - BALÁŽ, Matej - CHEN, Kan - DOBROZHAN, Oleksandr - GUILMEAU, Emanuel - HEJTMÁNEK, Jiri - KNÍŽEK, Karel - KUBÍČKOVÁ, L. - LEVINSKÝ, P. - PUCHÝ, Viktor - REECE, Michael J. - VARGA, Peter - ZHANG, R. Z. Thermoelectric Cu-S-Based Materials Synthesized via a Scalable Mechanochemical Process. In American Chemical Society Sustainable Chemistry & Engineering, 2021, vol. 9, p. 2003-2016.
2. BALÁŽ, Matej** - TEŠINSKÝ, Matej - MARQUARDT, Julien - ŠKROBIAN, Milan - DANEU, Nina - RAJŇÁK, Michal - BALÁŽ, Peter. Synthesis of copper nanoparticles from refractory sulfides using a semi-industrial mechanochemical approach. In Advanced Powder Technology, 2020, vol. 31, no.2, p. 782-791.
3. BUJŇÁKOVÁ, Zdenka** - KELLO, Martin - KOVÁČ, Jaroslav Jr. - TÓTHOVÁ, Erika - SHPOTYUK, Oleh - BALÁŽ, Peter - MOJŽIŠ, Ján - ANDREJKO, S. Preparation of As₄S₄/Fe₃O₄ nanosuspensions and in-vitro verification of their anticancer activity. In Materials Science and Engineering C - Biomimetic and Supramolecular Systems, 2020, vol. 110, p.110683.
4. BALÁŽ, Matej** - ACHIMOVIČOVÁ, Marcela - BALÁŽ, Peter - DUTKOVÁ, Erika - FABIÁN, Martin - KOVÁČOVÁ, Mária - LUKÁČOVÁ BUJŇÁKOVÁ, Zdenka - TÓTHOVÁ, Erika. Mechanochemistry as a versatile and scalable tool for nanomaterials synthesis: Recent achievements in Košice, Slovakia. In Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 2020, vol. 24, p. 7-13.

5. DOBROZHAN, Oleksandr** - BALÁŽ, Matej - VOROBIOV, Serhii - BALÁŽ, Peter - OPANASYUK, Anatoliy. Morphological, structural, optical properties and chemical composition of flexible Cu₂ZnSnS₄ thin films obtained by ink-jet printing of polyol-mediated nanocrystals. In Journal of Alloys and Compounds, 2020, vol. 842, art. no. 155883.
6. BALÁŽ, Peter - GUILMEAU, Emanuel** - DANEU, Nina - DOBROZHAN, Oleksandr - BALÁŽ, Matej - HEGEDUS, Michal - BARBIER, Tristan - ACHIMOVÍČOVÁ, Marcela - BRIANČIN, Jaroslav. Tetrahedrites synthesized via scalable mechanochemical process and spark plasma sintering. In Journal of the European Ceramic Society, 2020, vol. 40, p. 1922-1930.
7. BALÁŽ, Matej** - TKÁČIKOVÁ, Ľudmila - STAHORSKÝ, Martin - CASAS-LUNA, Mariano - DUTKOVÁ, Erika - ČELKO, Ladislav - KOVÁČOVÁ, Mária - ACHIMOVÍČOVÁ, Marcela - BALÁŽ, Peter. Ternary and Quaternary Nanocrystalline Cu-Based Sulfides as Perspective Antibacterial Materials Mechanochemically Synthesized in a Scalable Fashion. In ACS Omega, 2022, vol. 7, no. 31, p. 27164-27171.
8. M. Baláž, M. Stahorský, P. Baláž, E. Dutková, M. Achimovičová, One-Step Solid-State Mechanochemical Synthesis of Metal Chalcogenides as a Perspective Alternative to Traditional Preparation Routes, in Chemically Deposited Metal Chalcogenide-based Carbon Composites for Versatile Applications (F.I.Ezema, Ch.D.Lokhande, A.C.Lokhande, Editors), Springer Nature, Switzerland, s.343-378, ISBN 978 3/031-23400-
9. P. Baláž, M. Achimovičová, E. Dutková, M. Baláž, Eccentric Vibration Milling for Mechanochemical Synthesis: A Straightforward Route to Advanced Materials, in : Mechanochemistry and Emerging Technologies for Sustainable Chemical Manufacturing (E.Colacino, F.Garcia, Editors), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, s. 215-239, eBook ISBN9781003178187

Uplatnenie výsledkov projektu

Syntetizované chalkogenidy je možné v budúcnosti uplatniť ako absorbéry vo fotovoltických článkoch, termoelektriká v energetickom priemysle, pri fotokatalýze v ekologických aplikáciach a ako antibakterálne látky v medicíne. Toto uplatnenie možno predpovedať na základe dosiahnutých originálnych výsledkov pri riešení projektu a verifikovaných v priemyselnom merítku.

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

Projekt sa venoval štúdiu syntézy chalkogenidov, ich vlastnostiam a možným aplikáciám. Pri syntéze boli využité možnosti mechanochemie. Pri príprave binárnych, ternárnych a kvaternárnych zlúčenín sa aplikovala variabilita aparátu mechanochemie ako je mechanická aktivácia, mechanochemická oxidácia, mechanochemická redukcia a mechanochemická syntéza. Uvedené postupy sa využili na prípravu vyspelých materiálov pre možnú aplikáciu vo fotovoltike, fotokatalýze, energetike a medicíne. Výsledky výskumu boli finalizované formou publikácií v renomovaných vedeckých časopisoch. Počas trvania projektu boli výsledky publikované vo viac ako 50-tich publikáciách v zahraničných karentovaných časopisoch a našli odozvu vo viac ako 170-tich citáciách v karentovaných časopisoch podľa SCI. Ciele projektu boli splnené. Vzhľadom na množstvo dosiahnutých originálnych výsledkov vyberáme niektoré:

*mechanochemická syntéza selenidu meďnatého CuSe rýchlym jednostupňovým postupom (5 min) v laboratórnom a priemyselnom mlyne

*vyžitie magnetometrie pri sledovaní kinetiky syntéz a redukcie zlúčenín s obsahom železa, napr. chalkopyritu CuFeS₂, stanínu Cu₂FeSnS₄ a rhodostanínu Cu₆Fe₂SnS₈

*mechanochemická syntéza a dopovanie tetraedritu Cu₁₂Sb₄S₁₃ prvýkrát realizované v priemyselnom mlyne

*príprava nanokompozitov, napr. CuFeS₂/TiO₂ s využitím mechanochemie pre intenzifikáciu fotokatalytického rozkladu polutantov v kvapalnom prostredí

*príprava kesteritu Cu₂ZnSnS₄ tuhofázovou cestou overená v priemyselnom mlyne ako originálna alternatíva doterajších mokrych postupov syntézy

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

Synthesis of chalcogenides, their properties and applications were studied in this project. For preparation of binary, ternary and quaternary compounds apparatus of mechanochemistry has been applied, namely mechanical activation, mechanochemical oxidation, mechanochemical reduction and mechanochemical synthesis. These procedures were applied for preparation of advanced materials for possible application in photovoltaics, photocatalysis, energy sector and medicine. The results of researches were published in top scientific journals. During the project realization the results were published in more than 50 publications in foreign current journals and found a response in more than 170 citations in current journals according to SCI. Aims of project was fulfilled. Several examples were selected from a plethora of original results :

- * mechanochemical synthesis of copper selenide CuSe by fast one step procedure (5 min) in a laboratory and industrial mill

- * utilization of magnetometry for research of kinetics in synthesis and reduction of compounds containing iron e.g. chalcopyrite CuFeS₂, stannite Cu₂FeSnS₄ and rhodostannite Cu₆Fe₂SnS₈

- * mechanochemical synthesis and doping of tetrahedrite Cu₁₂Sb₄S₁₃ performed in an industrial mill for the first time

- * preparation of nanocomposites e.g. CuFeS₂/TiO₂ applying mechanochemistry for intensification of photocatalytic decomposition of pollutants in liquid media

- * preparation of kesterite Cu₂ZnSnS₄ by solid state synthesis verified in an industrial mill as an original alternative to current liquid procedures of synthesis