



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0184**

Dynamika doménových stien a skyrmiónov v tenkých magnetických vrstvách

Zodpovedný riešiteľ **RNDr. Kornel Richter, PhD.**

Prijemca **Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach - Prírodovedecká fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

- 1, Prírodovedecká fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, Park Angelinum 9, 041 54 Košice (hlavný riešiteľ)
- 2, Technologický a inovačný park Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach TIP-UPJŠ, Trieda SNP 1, 040 11 Košice (hlavný riešiteľ)
- 3, Letecká fakulta Technická univerzita v Košiciach, Katedra leteckej technickej prípravy, Rampová 7, 041 21 Košice, Slovenská republika (spoluriešiteľ)

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1, Neel Institute, CNRS, 25 avenue des Martyrs, 38 000 Grenoble. Francúzsko (nepriamo, formou kratšieho pobytu)
- 2, Institute for Material Sciences, Christian-Albrecht University in Kiel, Kiel, Nemecko (nepriamo, časti merania, profesor ako spoluautor spoločnej publikácie)

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

Ku dňu podávania záverečnej správy, výsledky projektu nevedli k podaniu patentových prihlášok ani vynálezov.

ÚŽITKOVÉ VZORY

AGJ002 [225674] Zariadenie a postup identifikovania chýb rotačných elektrických strojov magnetickým poľom do 250 Hz Úžitkový vzor č. 9099/ Milan Oravec ... [et al.] - Banská Bystrica :ÚPV SR - 2021. - 9 s.. Spôsob prístupu:
<https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50084-2019>.
[ORAVEC, Milan - ŠMELKO, Miroslav - LIPOVSKÝ, Pavol - DRAGANOVÁ, Katarína - ADAMČÍK, Pavel]

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

ČLÁNKY (zoradené podľa 1, riešiteľ potom spoluriešiteľ 2, podľa ohlasov na jednotlivé práce)

- 1, O. Vahovsky, R. Varga, K. Richter, „Experimental method for surface domain wall shape studies in thin magnetic cylinders“, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 483, 266 (2019).
- 2, K. Richter, A. Thiaville, R. Varga, J. McCord, „The role of uniaxial magnetic anisotropy distribution on domain wall tilting in amorphous glass-coated microwires“, Journal of

Applied Physics 127, 193905 (2020).

3, O. Vahovsky, K. Richter, R. Varga and J. McCord, Local distortions of surface domain walls in cylindrical microwires observed by magneto-optics, Journal of magnetism and magnetic materials 537, 168168 (2021).

4, K. Richter, A. Thiaville, L. Fecova, R. Varga and J. McCord, Estimation of a surface magnetization direction of thin cylinders by magneto-optical Kerr effect, Journal of magnetism and magnetic materials 562, 169752 (2022).

5, Aeronautical composite construction monitoring by magnetic microwires / Miroslav Šmelko [et al.] - 2018. In: New Trends in Aviation Development 2018 : The 13. International Scientific Conference. - Danvers (USA) : Institute of Electrical and Electronics Engineers s. 128-131 [online]. - ISBN 978-1-5386-7917-3. DOI: 10.1109/NTAD.2018.8551677 [ŠMELKO, Miroslav - SPODNIÁK, Miroslav - SEMRÁD, Karol - TULIPÁN, Pavol - LIPOVSKÝ, Pavol - MOUCHA, Václav]

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky tohto projektu majú priame uplatnenie pri budovaní nových senzorov na báze tenkých vrstiev a mikrodrôtov. Boli vyvinuté nové experimentálne metódy na priame pozorovanie povrchového tvaru doménovej steny. Teoretické výpočty magneto-optických kontrastov nám umožnia rýchlejšie stanovenie smeru povrchovej magnetizácie a predstavujú nový prístup, ktorý sa uplatní nie len v našej skupine. Priame trojrozmerné zobrazovanie povrchového tvaru doménovej steny nám podhalilo spôsob akým sa deformuje doménová stena a ako je možné potláčať zachytávanie doménovej steny.

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

Vďaka tomuto projektu sa podarilo:

- 1, Vybudovať úplne novú experimentálnu metodiku na 3D zobrazovanie povrchu doménových stien v mikrodrôtoch. Jedná sa vôbec o prvý setup tohto druhu, ktorý bol postavený vo svete a jeho výstupy poskytujú unikátne vedecké výsledky, ktoré sú citované a vďaka nim som dostal viacero pozvaných prednášok.
- 2, Boli vypočítané tzv. fázové diagramy magneto-optických kontrastov pre rôzne hodnoty natočenia polarizéra a analyzéra, uhlov dopadu, smerov povrchovej magnetizácie a uhlov dopadu na tenkých valcových drôtoch. Tento článok bude slúžiť ako podrobný popis, ktorý veríme že bude užitočný pre mnohé skupiny venujúce sa aplikáciám.
- 3, Trojrozmerné zobrazovanie povrchu doménovej steny nám ukázalo, akým spôsobom sa deformujú steny pri prechode defektami. Tento poznatok je nesmierne dôležitý pre optimalizáciu senzorov na báze mikrodrôtov.
- 4, Boli vyrobené tenké vrstvy obsahujúce DMI na báze Ta/CoFeB/TaOx vhodné na pozorovanie Kerr javom. Takisto boli skúmané tenké vrstvy na báze Pt/Co/AlOx.
- 5, Boli preskúmané možnosti aplikácie mikrodrôtov do reálnych senzorov. Tieto výsledky sú základom pre ďalší vyvolaný projekt.
- 6, Vďaka projektu sme nadviazali nové spolupráce ako doma, tak aj v zahraničí.
- 7, V rámci projektu bolo vychovaných niekoľko PhD študentov,

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

Thanks to this project:

- 1, We built a fully new experimental setup for 3D imaging of the surface domain wall shape in microwires. It is a first experimental approach of this kind, with many unique results being cited. Thanks to this, I got several invited talks at international conferences.
- 2, We calculated so called phase diagrams of magneto-optical contrasts for various conditions like rotation of polarizer and analyzer, angle of incidence, direction of the surface magnetization on thin magnetic cylinders. This paper is a detailed manual for estimation of the surface magnetization, which will be very useful not only for our group.
- 3, Three-dimensional visualization of the domain wall showed a way of the domain wall distortions by domain wall interaction with pinning. Knowledge of this process allows us to optimize sensors based on microwires.
- 4, We fabricated thin magnetic layers containing DMI like Ta/CoFeB/TaOx suitable for Kerr observations. Similarly we made thin layers Pt/Co/AlOx.

- 5, We studied potential applications of microwires in real sensoric devices. These outcomes were used to invoke another scientific projects.
- 6, We established a new collaboration with several groups in Slovakia (Komanicky, PF UPJS) as well as in the world (Eloi Haltz, Universite PAris Sorbonne).
- 7, We participated on education of several phd and master students.