

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0076****MEMS štruktúry na báze poddajných mechanizmov**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. René Hart'anský, PhD.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta elektrotechniky a informatiky**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity - hlavný riešiteľ

Ústav informatiky, Slovenská akadémia vied - spoluriešiteľ

RMC, s.r.o - spoluriešiteľ

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Iževská štátna technická univerzita Kalašnikova, Ruská federácia

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

Podané patentové prihlášky:

Pôvodcovia: HART'ANSKÝ René; HALGOŠ Ján; HRICKO Jaroslav; RAFAJ Michal;

Prihlasovateľ: STU v Bratislave; Ústav informatiky SAV; RMC s.r.o.

Prihláška číslo: 121-2018. (Dátum podania 26.10.2018)

Názov: Spôsob a zariadenie pre bezkontaktné snímanie mechanických veličín

Podané úžitkové vzory:

Pôvodcovia: HART'ANSKÝ René; HALGOŠ Ján; HRICKO Jaroslav; RAFAJ Michal;

Prihlasovateľ: STU v Bratislave; Ústav informatiky SAV; RMC s.r.o.

Prihláška číslo: 185-2018. (Dátum podania 26.10.2018)

Názov: Spôsob a zariadenie pre bezkontaktné snímanie mechanických veličín

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

1.01 Publikácie v karentovaných časopisoch v SR:

- HART'ANSKÝ, René - SMIEŠKO, Viktor - RAFAJ, Michal. Modifying and accelerating the method of moments calculation. In Computing and Informatics. Vol. 36, No. 3 (2017), s. 664-682. ISSN 1335-9150. V databáze: CC: 000404850000008.

1.02 Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch.

- JANČÁRIK, Vladimír - ŠOKA, Martin - UŠÁKOVÁ, Mariana - HART'ANSKÝ, René.

Nickel/zinc ratio and lanthanum substitution effect on structural and magnetic properties of nickel zinc ferrites. In Acta Physica Polonica A. Vol. 131, No. 4 (2017), s. 693-695. ISSN 0587-4246. V databáze: CC: 000400907900028 ; SCOPUS: 2-s2.0-85019633960.

- JANČÁRIK, Vladimír - HART'ANSKÝ, René - SLÍŽIK, Jozef - MIERKA, Martin - HALGOŠ, Ján - HALLON, Jozef - HRICKO, Jaroslav. Autonomous sensor of electromagnetic field. In

AIP Review of Scientific Instruments. Vol. 90, No. 6 (2019). ISSN 1089-7623. V databáze: CC

1.10 Počet vedeckých monografií (rozsah publikácie min. 3 autorské hárky) v SR
- HARTANSKÝ, René - HALLON, Jozef. Senzory pre meranie elektromagnetického poľa. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016. 166 s. ISBN 978-80-227-4565-9.

Ostatné:

1.07 Publikácie v recenzovaných vedeckých časopisoch publikovaných v zahraničí:

[1] Hricko, Jaroslav - Havlík, Štefan. Design of Compact Compliant Devices – Mathematical Models vs. Experiments. In: American Journal of Mechanical Engineering, vol. 3, no. 6 (2015): 201-206. doi: 10.12691/ajme-3-6-9.

[2] Hartansky, R. Analysis of the general digital signals for EMC purpose, In: Przegląd elektrotechniczny, R92, NR 2/2016, ISSN 0033-2097

[3] Marsalka, L. Electromagnetic field properties influence by the changes of dielectric material constant, In: Przegląd elektrotechniczny, R92, NR 2/2016, ISSN 0033-2097

[4] Hartansky, R. Analysis of Omni-directivity Error of Electromagnetic Field Probe using Isotropis Antenna, In: Measurement Science Review, 16, No 6, pp. 287-293, ISSN 1335-8871

[5] Hricko, J., Havlík, Š. Flexural body for a wireless force/displacement sensor. In Mechanisms and machine science : Microactuators and micromechanisms, 2017, vol. 45, p. 59-66. ISBN 978-3-319-45386-6. ISSN 2211-0984

[6] Hricko, J., Havlík, Š. Stiffness Models of Novel Force/Displacement Sensors. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series, No. 2, 2016, vol. LXII, article No. 2016, p. 29-36., DOI: 10.22223/tr.2016-2/2016, ISSN 1210-0471 (Print), ISSN 1804-0993 (Online)

[7] Hartansky, R., Mierka, M., Vimpel, M. Yagi-Ude Antenna as WiFi Electromagnetic Source, In: DAAAM, 26-29. 10. 2016, Vienna 2016, ISBN 978-3-902734-08-2, ISSN 2304-1382

[8] Hricko, J., Design and Shape Optimization of Novel Load Cell, Advances in Robot Design and Intelligent Control, Advances in Robot Design and Intelligent Control, Proceedings of the 25th Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD16), 2017, XVII, vol. 540, p. 80-87, ISBN 978-3-319-49057-1, ISSN: 2194-5357

[9] Havlík, Š., Hricko, J. About the accuracy of fast moving robotic devices based on compliant mechanisms Advances in Robot Design and Intelligent Control, Proceedings of the 25th Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD16), 2017, XVII, vol. 540, p. 162-170, ISBN 978-3-319-49057-1, ISSN: 2194-5357

Zahraničné recenzované konferencie:

[1] HARTANSKÝ, René. Preimúščestva i nedostatki Bolonskogo processa v napravlenii "Elektrotehnika" na FEI STU. In Techničeskije university: integracija s jevropskimi i mirovymi sistemami obrazovanija [elektronický zdroj] : materialy VII. međunarodnoj konferencii, Rossija, Iževsk, 21-22. 02. 2017. Iževsk : Izdatel'stvo IžGTU imeni M.T. Kalašnikova, 2017, S. 35-38. ISBN 978-5-7526-0754-7.

[2] HARTANSKÝ, René - HALGOŠ, Ján - MIERKA, Martin. TEM cell design. In EMD 2017 : 24th International conference on electromagnetic disturbances. Białystok, Poland. September 20-22, 2017. Białystok : University of Technology, 2017, S. 41-42. ISBN 978-83-65596-28-4.

[3] MIERKA, Martin. Design and construction of half controlled rectifier. In Fifth forum of young researchers : Izhevsk, Russia. February 22, 2017. Izhevsk : Publishing House of Kalashnikov ISTU, 2017, S. 75-79. ISBN 978-5-7526-0753-0

[4] VIMPEL, Marek. Diode peak detector. In Fifth forum of young researchers : Izhevsk, Russia. February 22, 2017. Izhevsk : Publishing House of Kalashnikov ISTU, 2017, S. 89-93. ISBN 978-5-7526-0753-0

[5] KOSTIC, I., VUTOVA, K., BENCUROVA, A., RITOMSKY, A., ANDOK, R.: Limitations of variable shaped electron beam lithography for advanced research and semiconductor applications, In: 40th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), Sofia, 2017, pp. 1-6., ISBN: 978-1-5386-0582-0, ISSN: 2161-2536, doi: 10.1109/ISSE.2017.8000969

[6] HRICKO, Jaroslav - HAVLÍK, Štefan. Exchange of Effectors for small mobile robots and UAV. In Mechanisms and Machine Science : Advances in Service and Industrial Robotics.

RAAD 2018. - Cham, Switzerland : Springer International Publishing AG, 2019, vol. 67, p. 308-315. ISSN 2211-0984.(RAAD 2018 : 27th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region).

[7] ANDOK, Róbert - HARTĀNSKÝ, René - HRICKO, Jaroslav - HALGOŠ, Ján. Concept of a MEMS load cell sensor of mechanical quantities based on the EM field principle. In AIP Conference Proceedings : Applied Physics of Condensed Matter (APCOM 2018), 2018, vol. 1996, no. 020002. ISBN 978-0-7354-1712-0. ISSN 0094-243X. V databáze: WOS: 000443464900002 ; SCOPUS: 2-s2.0-85051863031.

Domáce recenzované konferencie:

[1] HARTĀNSKÝ, René - HALGOŠ, Ján. The problem of RF radiator with force detector. In Measurement 2017 : 11th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 29-31, 2017. Bratislava : Slovak academy of sciences, 2017, S. 139-142. ISBN 978-80-972629-0-7. V databáze: IEEE.

[2] HARTĀNSKÝ, René - HALGOŠ, Ján - MIERKA, Martin. Developed of TEM cell design. In Electro-mechanical systems application in industry 2017 : Zliechov, Slovakia. August 30-September 1, 2017. 1.vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2017, S. 29-34. ISBN 978-80-227-4753-0.

[3] MIERKA, Martin - HARTĀNSKÝ, René. Study equipment with power elements based on half controlled rectifier. In Electro-mechanical systems application in industry 2017 : Zliechov, Slovakia. August 30-September 1, 2017. 1.vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2017, S. 55-58. ISBN 978-80-227-4753-0.

[4] HRICKO, Jaroslav. - HAVLÍK, Štefan.: Design and optimization of mechanics for two axes force/displacement E-M sensor. In MEASUREMENT 2017 : Proceedings of the 11th International Conference on Measurement, 2017, p. 99-102. (2017 - IEEE Xplore, SCOPUS). ISBN 978-80-972629-0-7.

[5] HRICKO, Jaroslav. - HAVLÍK, Štefan.: Miniaturization of flexural body of one axis force sensor. In: Electro-Mechanical Systems Application in Industry 2017, SPEKTRUM STU Publishing, ISBN 978-80-227-4753-0, p. 35-38

[6] HALGOŠ, Ján. Motion mechatronic system for drilling tools. In Electro-mechanical systems application in industry 2018: Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, s. 11--18. ISBN 978-80-227-4870-4.

[7] HARTĀNSKÝ, René. Output voltage stabilization of the statron power source. In Electro-mechanical systems application in industry 2018: Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, s. 25--30. ISBN 978-80-227-4870-4.

[8] JĀNOŠÍK, Peter - HALGOŠ, Ján. RGB color of visible spectra wavelengths. In Electro-mechanical systems application in industry 2018: Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, s. 35--38. ISBN 978-80-227-4870-4.

[9] KUCHAROVIČ, Martin - SOLOVYOV, Mykola - GÖMÖRY, Fedor. Design and simulation of magnetic cloak. In Electro-mechanical systems application in industry 2018: Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, s. 53--56. ISBN 978-80-227-4870-4.

[10] MIERKA, Martin. Controlling an alternating power source with commercial microcontroller. In Electro-mechanical systems application in industry 2018: Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, s. 57--62. ISBN 978-80-227-4870-4.

Uplatnenie výsledkov projektu

- Vývoj a výroba precíznych senzorov sily a tlaku.
- Vyvinutá nová metóda snímania informácie z MEMS snímača môže byť použitá pri návrhu rôznych typov senzorov.

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

Boli vytvorené modely mechanických deformačných štruktúr, ktoré zahrňujú riešenie úloh kinematiky, silovej / deformačnej analýzy a optimálneho návrhu MEMS. Boli navrhnuté viaceré typy MEMS snímačov sily aj tlaku a optimalizované ich statické a dynamické charakteristiky. Bol zvládnutý návrh takých senzorov, kde prevod medzi snímanou a snímacou (medzi prevodovou) veličinou je lineárny a to v makro (cm) aj mikro (um, mm)

rozmeroch. Následne boli preskúmané možnosti prenosu energií a informácií medzi MEMS štruktúrou a vyhodnocovacím zariadením. Dôraz bol kladený na kvantifikovanie zmien elektromagnetického poľa (EMP) vplyvom deformácie MEMS snímača (na ktorý pôsobí meraná veličina). Frekvenčné zmeny vlnovej impedancie EMP nesú informáciu o pôsoiacej fyzikálnej veličine. Bol vytvorený zjednodušený analytický model a reálny numerický model prenosu informácie medzi MEMS a EMP, ktorý potvrdil správnosť úvah / funkčnosť vyvinutej metódy. Za základe numerických analýz a optimalizácií boli vytvorené senzory jednozložkovej sily z teflónu a PLC v rozmeroch cm a z kremíku v rozmeroch μm a mm. Tak tiež boli vytvorené senzory viaczložkovej sily z PLC v cm rozmeroch. Bolo vytvorené elektronické zariadenie schopné v uzavretom priestore generovať homogénne EMP a merať zmeny jeho vlastností. Bol navrhnutý a vyrobený MEMS, mechanická pružná štruktúra + elektrický obvod. Bol vyvinutý, odskúšaný a skalibrovaný snímač jednozložkovej sily s rozsahom 5N, bola podaná prihláška priemyselného vzoru a patentová prihláška na "Spôsob a zariadenie pre bezkontaktné snímanie mechanických veličín".

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

Models of mechanical deformation structures have been developed, which include the solution of kinematics, force / strain analysis and optimal MEMS design. Several types of MEMS force and pressure sensors have been designed and their static and dynamic characteristics optimized. The design of such sensors has been mastered, where the transfer between the sensed and the sensing quantity is linear in both macro (cm) and micro (μm , mm) dimensions. Subsequently, the possibilities of transmission of energy and information between the MEMS structure and the evaluation device were examined. Emphasis was placed on quantifying changes in the electromagnetic field (EMF) due to deformation of the MEMS sensor (on which the measured quantity acts). Frequency variations of EMP wave impedance carry information on the effect of the physical quantity. A simplified analytical model and a real numerical model of information transfer between MEMS and EMP have been developed to confirm the correctness / functionality of the developed method. Based on numerical analyzes and optimizations, single-component force sensors from Teflon and PLC were created in cm dimensions and from silicon in μm and mm dimensions. Multi-component force sensors from the PLC were also created in cm dimensions. An electronic device capable of generating homogeneous EMPs in a closed space and measuring changes in its properties was created. The MEMS structure was designed and manufactured. A single component force transducer for 5N force has been developed, tested and calibrated. An industrial design application and patent application for "Method and apparatus for contactless sensing of mechanical quantities" have been filed.