



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-0308-11

Kryštálové prvky rtg optiky pre kompresiu a expanziu zväzku.

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Matej Jergel DrSc.**

Príjemca **Fyzikálny ústav, Slovenská akadémia vied**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Fyzikálny ústav, Slovenská akadémia vied
2. Elektrotechnický ústav, Slovenská akadémia vied
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Institute of Materials for Electronics and Magnetism (IMEM), CNR, Parma, Taliansko
2. Masarykova univerzita, Brno, ČR
3. Center for Free-Electron Laser Science, DESY, Hamburg, Nemecko

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

- 1.
- 2.
- 3.

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

1. P. Šiffalovič, K. Vegso, M. Hodas, M. Jergel, Y. Halahovets, M. Pelletta, D. Korytár, Z. Zápražný, E. Majková : In Situ X-Ray Reciprocal Space Mapping for Characterization of Nanomaterials, chapter in "X-ray and Neutron Techniques for Nanomaterials Characterization", Springer Series in Nanoscience and Nanotechnology vol. 5, Challa S.S.R. Kumar ed., ISBN 978-3-662-48606-1, v tlači
2. D. Korytár, P. Vagovič, C. Ferrari, P. Šiffalovič : X-ray Crystal Optics Based on Germanium Single Crystals, Chapter 3 in "Germanium - Characteristics, Sources and Applications", Edward. E. Feuerstein ed., pp. 105-140, ISBN 978-1-62948-181-4, Nova Science Publisher, New York 2013
3. M. Jergel, P. Šiffalovič, K. Végső, E. Majková, D. Korytár, Z. Zápražný, J. Perlich, B. Ziberi,

M. Cornejo, P. Vagovič : Extreme X-ray Beam Compression for a High-Resolution Table-Top GISAXS Setup, J. Applied Crystallography 46 (2013), 1544-1550

4. D. Korytár, P. Vagovič, K. Végső, P. Šiffalovič, E. Dobročka, W. Jark, V. Áč, Z. Zápražný, C. Ferrari, A. Cecilia, E. Hamann, P. Mikulík, T. Baumbach, M. Fiederle, M. Jergel : Potential Use of V-Channel Ge(220) Monochromators in X-ray Metrology and Imaging, J. Applied Crystallography 46 (2013), 945–952 (doi: 10.1107/S0021889813006122)

5. Z. Zápražný, D. Korytár, M. Jergel, P. Šiffalovič, E. Dobročka, P. Vagovič, C. Ferrari, P. Mikulík, M. Demydenko, M. Mikoška : Calculations and Surface Quality Measurements of High-Asymmetry Angle X-ray crystal Monochromators for Advanced X-ray imaging and Metrological Applications, Optical Engineering 54 (2015), 035101

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu sa uplatnia pri návrhu a realizácii nových prvkov rtg kryštálovej optiky pre rtg metrológiu a rtg zobrazovanie ako aj pri vývoji novej generácie kompaktných vysokovýkonných mikrofokálnych rtg zdrojov založených na kombinácii reflexnej a difrakčnej rtg optiky. Vyvinutá technológia nanoobrábania aktívnych povrchov rtg optiky nájde uplatnenie aj v iných oblastiach ako opracovanie farebných kovov, kryštálov, poniklovaných súčiastok a foriem s vysokou presnosťou a optických prvkov (hranoly, zrkadlá, mriežky, koncentrátoři) presných tvarov typu "free form".

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

Na základe dynamickej teórie rtg difrakcie a metódy "ray tracing" boli navrhnuté a v súčinnosti s odberateľom výsledkov projektu firmou Integra TDS, s.r.o., Piešťany realizované originálne návrhy kanálikových V-tvarovaných rtg monochromátorov s vysokým kompresným resp. expanzným pomerom na báze germánia pre rtg metrológiu a rtg zobrazovanie. Porovnávacie testy s klasickými monochromátormi s paralelným kanálikom kombinovanými so štrbinou ako aj so štrbinovými kolimátormi ukázali výhody V-kanálikových monochromátorov z hľadiska spektrálnej čistoty, stupňa kolimácie a intenzity výstupného rtg zväzku. Bola realizovaná pilotná meracia zostava s kompresiou rtg zväzku, ktorá umožňuje merania malouhlového rtg rozptylu s rozlíšením v reciprokom priestore porovnateľným so synchrotrónom, čo umožní vykonávať v laboratóriu aspoň časť rtg experimentov viazaných doteraz výlučne na synchrotróne. Rtg kompresory vyvinuté v rámci projektu otvárajú aj možnosti vývoja nových kompaktných vysokovýkonných laboratórnych rtg zdrojov založených na kombinácii rtg reflexnej a difrakčnej optiky s priamym dopadom na vysoko efektívnu diagnostiku nanomateriálov a nanoštruktúr, čo vyvolalo spoluprácu riešiteľovi s renomovanými výrobcami rtg techniky. Synchrotrónové testy rtg zobrazovania v režime fázového kontrastu na vzorkách s nízkym atómovým číslom ukázali výhody rtg expandérov pre biomedicínske aplikácie. Prvýkrát bola overená možnosť 2D rtg zobrazovania v tmavom poli pomocou rtg expandérov využívajúca malouhlový rtg rozptyl. Projekt inicioval tiež začiatok vývoja novej technológie nanoobrábania vysoko kvalitných aktívnych povrchov rtg kryštálovej optiky založenej na jednobodovom sústružení diamantovým hrotom v ťažnom režime.

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

Original designs of Ge-based channel-cut V-shaped X-ray monochromators with high compression or expansion ratio for X-ray metrology and imaging were designed by dynamical theory of X-ray diffraction and ray-tracing method and realized in collaboration with Integra TDS, s.r.o., Piešťany company, beneficiary of the project results. Comparative tests with classical monochromators with parallel channel combined with a slit and with slit collimators revealed advantages of the V-channel monochromators in terms of spectral purity, collimation degree and intensity of the output X-ray beam. A pilot measurement setup with X-ray beam

compression was realized, allowing the small-angle X-ray scattering measurements with the reciprocal space resolution comparable to that at synchrotron which will allow to perform in laboratory at least part of the X-ray measurements confined exclusively to synchrotrons so far. The X-ray compressors developed within the project open also possibilities of development of new compact high-power laboratory X-ray sources based on a combination of the X-ray reflective and diffractive optics with direct impact on highly efficient diagnostics of nanomaterials and nanostructures which resulted in a collaboration with leading producers of the X-ray instrumentation. Synchrotron tests in the phase contrast regime of X-ray imaging on the samples with low atomic number showed advantages of the X-ray expanders for biomedical applications. A possibility of the dark-field X-ray imaging by the X-ray expanders utilizing the small-angle X-ray scattering was confirmed for the first time. The project initiated also a new technology development based on the nanomachining of high-quality active surfaces of the X-ray crystal optics based on single-point diamond turning in ductile regime.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

Ing. Matej Jergel DrSc.
V Bratislave 29.01.2016

Štatutárny zástupca prijemcu

RNDr. Stanislav Hlaváč CSc.
V Bratislave 29.01.2016

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu prijemcu