



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0369

Nové nano / mikroštruktúrované kovové materiály pripravené nekonvenčnými spôsobmi spracovania

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Peter Švec, DrSc.**

Príjemca **Fyzikálny ústav SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fyzikálny ústav SAV, v. v. i.
Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

SuperSTEM Laboratory, University of Manchester, Manchester, United Kingdom
IMDEA Nanociencia Madrid, Spain
University of Basque Country, San Sebastian, Spain
University of Tampa, Florida, USA
Czestochowa University of Technology Czestochowa, Poland
University of Oviedo, Oviedo, Spain
Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam
Tohoku University, Sendai, Japan
SIMAP, Saint Martin d'Hères, France
Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA
NTU Athens, Athens, Greece
UGC-DAE Consortium for Scientific Research, Indore, India

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

-

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

Vybrané publikácie s poďakovaním projektu:

U. Topal, P. Švec, H. Can, F.N. Celik, C. Birlikseven, I. Škorvánek, F. Andrejka, B. Kunca, J. Marcin, P. Švec, I. Janotova, A. Uygur,
Optimization of the Temperature Stability of Fluxgate Sensors for Space Applications
IEEE Sensors Journal 21 (2021) 2749- 2756.

Wei Xiong, Hangfeng Zhang, Shuyao Cao, Feng Gao, Peter Svec, Jan Dusza, Michael J Reece, Haixue Yan,
Low-loss high entropy relaxor-like ferroelectrics with A-site disorder
Journal of the European Ceramic Society 41 (2021) 2979-2985.

J. Rial, P. Svec, P. Svec Sr, A. Bollero, S. Deledda
Coercivity development in MnAl ribbons by microstructural modifications achieved through cold-rolling process
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 529 (2021) 167826.

Peter Svec, Boris Rusanov, Anastasia Moroz, Sofia Petrova, Dusan Janickovic, Valeriy Sidorov, Peter Svec Sr
Crystallization behavior of two Al-Ni-Co-Gd amorphous alloys with selected Ni/Co ratios
Journal of Alloys and Compounds 876 (2021) 160109.

Beata Butvinová, Peter Švec Sr., Irena Janotová, Alen Fos, Igor Maťko, Dušan Janičkovič,
Magnetic and structural properties of (Fe-Co)₈₃(Sn-P)₅B₁₂ alloys with high saturation
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 535 (2021) 168069.

Boris Rusanov, Valeriy Sidorov, Peter Svec, Sr., Dusan Janickovic
Density of Al-Ni-Co-R (R = Nd, Gd, Yb) alloys in solid and liquid states
Physica B: Physics of Condensed Matter 619 (2021) 413216

A.F. Manchón-Gordón, J.J. Ipus, M. Kowalczyk, J.S. Blázquez, C.F. Conde, P. Švec, T. Kulik, A. Conde
Comparative study of structural and magnetic properties of ribbon and bulk Ni₅₅Fe₁₉Ga₂₆ Heusler alloy
Journal of Alloys and Compounds 889 (2021) 161819.

Sarkar, Shuvam - Krajci, Marián - Sadhukhan, Pampa - Singh, Vipin Kumar - Gloskowski, Andrei - Mandal, Prabhat - Fournée, Vincent - De Weerd, Marie-Cecile - Ledieu, Julian - Fisher, Ian R. - Barman, Sudipta Roy,
Anderson localization of electron states in a quasicrystal.
Physical Review B 103 (2021) 1241106.

Tsukud, Ryota - Kokima, Takayuki - Xu, Ya - Nishimura, Chikashi - Krajci, Marián - Kameoka, Satoshi,
High Catalytic Activities of RENi₅-xAl_x (RE = La, Er) and Low Activity of Mg₂Ni Following Hydrogen Uptake: The Role of Absorbed Hydrogen.
Journal of Physical Chemistry C 125 (2021) 20919-20929.

T. Ishimasa, Y.-G. So, M. Mihalkovič,
Planar defect in approximant: the case of Cu-Al-Sc alloy
Philosophical Magazine 101 (2021) 2295-2317.

B. Kunca, J. Marcin, R. Parsons, P. Svec, P. Svec Sr., K. Suzuki, I. Škorvánek,
Soft magnetic performance of ultra-rapidly annealed high-Bs Fe-(Co)-B nanocrystalline alloys at elevated temperatures .
Journal of Alloys and Compounds 911 (2022) 165033

Alen Fos, Peter Svec Sr., Irena Janotova, Dusan Janickovic, Beata Butvinova, Marek Búran, Anna Kyritsi, Nikolaos Konstantinidis, Patrik Novak,
Effect of Cu and Co addition on non-isothermal crystallization kinetics of rapidly quenched Fe-Sn-B based alloys
Journal of Non-Crystalline Solids 593 (2022) 121785

Vipin Kumar Singh, Marian Krajci, Shuvam Sarkar, Mohammad Balal, Sajal Barman, Pampa Sadhukhan, Andrei Gloskovskii, Michael Feuerbacher, Carsten Thomas, Philipp Ebert, Eli

Rotenberg, Karsten Horn, Sudipta Roy Barman,
Electronic structure of β -Al₃Mg₂ and Al₁₃Fe₄ complex metallic alloys
Phys. Rev. B 105 (2022) 205107.

Vijay Kumar, S. Marakatti, Maria Ronda-Lloret, Marian Krajci, Bobby Joseph, Carlo Marini,
Juan Jose Delgado, Francois Devred, N. Raveendran Shiju, Eric M. Gaigneaux
Highly active and stable Co (Co₃₀₄)₂Sm₂₀₃ nanocrystallites derived from Sm₂Co₇ and
SmCo₅ intermetallic compounds in NH₃ synthesis and CO₂ conversion
Cat. Sci. Technol. 12 (2022) 686-706.

Natalia Lindner, Zbigniew Sniadecki, Mieszko Kołodziej, Jean-Marc Greneche, Jozef
Marcin, Ivan Skorvanek, Bogdan Idzikowski
Tunable magnetocaloric effect in amorphous Gd-Fe-Co-Al-Si alloys
J. Mater. Sci. 57 (2022) 553–562.

M. Varga, L. Galdun, B. Kunca, V. Vega, J. García, V. M. Prida, E. D. Barriga-Castro, C.
Luna, P. Diko, K. Saksl, R. Varga,
FORC and TFORC analysis of electrodeposited magnetic shape memory nanowires array
Journal of Alloys and Compounds 897 (2022) 163211.

L. Novak, J. Kovac,
Influence of mechanical stress on magnetization processes in amorphous FINEMET alloy
Journal of Alloys and Compounds 909 (2022) 164846.

D. González-Alonso, L. Gonzalez-Legarreta, J. Marcin, P. Švec, I. Škorvák,
Tailoring Magnetic Properties and Magnetoimpedance Response in Nanocrystalline
(Fe₃Ni)₈₁Nb₇B₁₂ Ribbons for Sensor Applications
Chemosensors 11 (2023) 148.

Medhanie Gebremedhin Gebru, Palaniappan Subramanian, Petr Belský, Radhey Shyam
Yadav, Itay Pitussi, Sarath Sasi, Rostislav Medlin, Jan Minar, Peter Švec, Haya Kornweitz,
and Alex Schechter,
Chemical-Dealloying-Derived PtPdPb-Based Multimetallic Nanoparticles: Dimethyl Ether
Electrocatalysis and Fuel Cell Application
ACS Applied Materials & Interfaces 15 (2023) 56930-56944.

Vipin Kumar Singh, Eva Pospíšilová, Marek Mihalkovic, Marian Krajci, Pramod Bhakuni,
Shuvam Sarkar, Katariina Pussi, D. L. Schlagel, T. A. Lograsso, Paul C. Canfield, Sudipta
Roy Barman,
Decagonal Sn clathrate on d-Al-Ni-Co
PHYSICAL REVIEW B 107 (2023) 045410.

Eva Pospíšilová, Marek Mihalkovič,
Prediction of coherent interfaces between diamond and clathrate structures
Computational Materials Science 226 (2023) 112228.

P. Corte-Leon, I. Skorvanek, F. Andrejka, V. Zhukova, J. M. Blanco, M. Ipatov, A. Zhukov,
Effect of temperature on magnetic properties and magnetoimpedance effect in Fe-rich
microwires.
Journal of Alloys and Compounds 946 (2023) 169419.

Hung Manh Do, Trung Hieu Nguyen, Hong Ky Vu, Ngoc Bach Ta, Khanh Tung Do, Thi
Hong Phong Le, Thi Anh Thu Do, Jozef Kovac, Ivan Skorvanek,
Effect of annealing on the exchange coupling between magnetic phases and the exchange
bias effect in Co/CoO nanocomposite.
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 588 (2023) 171439.

P. Corte-Leon, I. Skorvanek, F. Andrejka, V. Zhukova, J. M. Blanco, M. Ipatov, A. Zhukov,
Temperature influence on magnetic properties and magnetoimpedance effect of Fe-rich

glass-coated microwires.
AIP Advances 13 (2023) 025337.

Branislav Kunca, Jozef Marcin, Peter Švec sr., Ivan Škorvánek,
Thermal stability and magnetic properties of the nanocrystalline (Fe₆₄Co₂₁B₁₅)₉₉Cu₁ high-Bs alloy at elevated temperatures
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 591 (2024) 171679

L. Novak, J. Kovac, B. Kunca,
Study of magnetization processes in amorphous ferromagnetic alloys after heat treatment below the crystallization temperature
Journal of Non-Crystalline Solids 637 (2024) 123041.

P. Corte-Leon, I. Skorvanek, F. Andrejka, M. Jakubcin, V. Zhukova, A. Zhukov,
Exploring the temperature dependence of magnetic properties and magnetoimpedance effect in Co-rich microwires
Journal of Science: Advanced Materials and Devices 9 (2024) 100713.

Beata Butvinová, Peter Švec Sr, Irena Gejdoš Janotová, Leonardo Viana Dias, Dušan Janičkovič, Igor Maťko,
Magnetic properties and structure of short-term annealed FeCuBPSi nanocrystalline alloys
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 590 (2024) 171662.

Hung Manh Do, Phong Le Thi Hong, Dang Thanh Tran, Thi Ngoc Anh Nguyen, Ivan Skorvanek, Jozef Kovac, Peter Svec Jr., Manh Huong Phan,
Magnetic interaction effects in Fe₃O₄@CoFe₂O₄ core/shell nanoparticles
Journal of Science: Advanced Materials and Devices 9 (2024) 100658.

Pramod Bhakuni, Marian Krajčí, and Sudipta Roy Barman
Quasiperiodic gallium adlayer on i-Al-Pd-Mn
Phys. Rev. B 109 (2024) 045427.

Nobuhisa Fujita, Marek Mihalkovic, Christopher L. Henley,
Canonical-cell tilings and their atomic decorations
Isr. J. Chem. 2024, e202300130 (1 of 30)

Annamária Naughton-Duszová, Dávid Medveď, Lenka Ďáková, Alexandra Kovalčíková, Peter Švec, Peter Tatarko, Hakan Ünsal, Pavol Hvizdoš, Pavol Šajgalík, Ján Dusz, Dual-phase high-entropy carbide/boride ceramics with excellent tribological properties
Journal of the European Ceramic Society 44 (2024) 5391-5400.

Vybrané pozvane prednasky

Peter Švec Jr., Irena Janotová, Dušan Janičkovič, Igor Maťko, Beata Butvinová, Alen Fos, Branislav Kunca, Matej Jergel, Ivan Škorvánek, Marek Franko, Štefan Luby, Peter Švec
Rare-earth free nanocrystalline magnetics from rapidly quenched precursors.
11th Solid State Surfaces and Interfaces, invited lecture

I. Škorvanek, F. Andrejka, B. Kunca, J. Marcin, P. Svec,
Soft magnetic amorphous and nanocrystalline bilayer ribbons for sensor applications.
PM'21: The European Conference Physics of Magnetism, June 28 - July 2, 2021, Poznań, Poland. Invited lecture.

F. Andrejka, B. Kunca, J. Marcin, P. Švec, P. Švec Sr., I. Škorvánek,
Tailoring of GMI sensor characteristics of soft magnetic ribbons by layering and magnetic field annealing,
7th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2021), Oct 21 –

27, 2021, Milas-Bodrum, Turkey.
Abstract Book, p.220. Invited lecture.

P. Švec, M. Mihalkovič, B. Rusanov, D. Janičkovič, V. Sidorov, P. Švec Sr,
Phase evolution clarification in Al-Ni-Co-RE amorphous alloys with varying Ni/Co ratio
Microscopy Conference MC 2021, Joint Meeting of Dreiländertagung & Multinational
Congress on Microscopy
22-26 August, 2021. Vienna, Austria, Book of Abstracts, p. 113. MS3.002-Invited lecture

Eva Pospisilova, Marek Mihalkovic,
Coherent interface between clathrate and diamond structures.
MATERIALS RESEARCH MEETING 2021 - Materials Innovation for Sustainable
Development Goals
December 13-16, 2021, Pacifico Yokohama, Japan. Symposium B-1: Hypermaterials.
Invited lecture

I. Škorvánek, B. Kunca, J. Marcin, P. Švec
Impact of Thermomagnetic Processing on Soft Magnetic Behavior of High-Bs FeCo-based
Nanocrystalline Alloys
The 12th Pamir International Conference on Fundamental and Applied MHD, Krakov,
Poland, July 3 – 7, 2022 (keynote lecture)

I. Škorvánek, B. Kunca, J. Marcin, P. Švec
Soft Magnetic Fe(Co)-based High Bs Nanocrystalline Alloys for Applications at Elevated
Temperatures
6th International Symposium on Frontiers in Materials Science FMS 2022, Nov. 21 – 23,
2022, Phu Quoc, Vietnam, (invited lecture)

I. Janotova, P. Svec, D. Janickovic, Leonardo Viana Dias, I. Skorvanek, P. Svec Sr.,
Comparison of Fe-B based metallic glasses after long-term room temperature ageing
8th International Conference on Superconductivity and Magnetism, 4th -11th May 2023,
Fethiye, Türkiye. Invited lecture, BoA p.103

Ivan Škorvánek, Branislav Kunca, Jozef Marcin, Peter Švec,
ULTRA-RAPIDLY ANNEALED HIGH-Bs Fe(Co)-BASED SOFT MAGNETIC
NANOCRYSTALLINE ALLOYS FOR APPLICATIONS AT ELEVATED TEMPERATURES
8th International Conference on Superconductivity and Magnetism, 4th -11th May 2023,
Fethiye, Türkiye. Invited lecture, BoA p.282

Peter Svec, Irena Janotová, Dusan Janičkovič, Igor Mat'ko, Beata Butvinova, Alen Fos,
Branislav Kunca, Jozef Marcin, Ivan Škorvánek, Yuriy Plevachuk, Peter Svec Sr.,
Nanocrystalline rare-earth free magnetic alloys from rapidly quenched precursors
Joint RQ17 and ISMANAM27 Conference (17th Conference on Rapidly Quenched and
Metastable Materials and 27th International Symposium on Metastable, Amorphous and
Nanostructured Materials), Warsaw, Poland, August 20-25, 2023. Invited lecture. BoA p. 48

Ivan Škorvánek, Branislav Kunca, Jozef Marcin, Peter Svec,
Rapidly Annealed High-Bs Soft Magnetic FeCo-Based Nanocrystalline Alloys for
Applications at Elevated Temperatures
Joint RQ17 and ISMANAM27 Conference (17th Conference on Rapidly Quenched and
Metastable Materials and 27th International Symposium on Metastable, Amorphous and
Nanostructured Materials), Warsaw, Poland, August 20-25, 2023. Invited lecture, BoA p. 45

Peter Svec, Irena Janotova, Dusan Janickovic, Branislav Kunca, Jozef Marcin, Ivan
Škorvanek, Yuriy Plevachuk, Peter Svec, Sr.
New Developments in Rapidly Quenched Soft and Hard Magnetic Alloys
KEYNOTE lecture, HighMatTech-2023 2-6 October 2023, Kyiv, Ukraine, BoA p. 117

I. Škorvánek, J. Marcin, B. Kunca, P. Švec

Ultra-rapidly annealed Ni-rich nanocrystalline Fe-Ni-Nb-B alloys with excellent magnetic softness

The 4th International Workshop in Advanced Materials and Devices (IWAMD 2023) Thai Nguyen, Vietnam, August 10-13, 2023. Invited lecture BoA p. 126.

Ivan Škorvánek, Jozef Marcin, Branislav Kunca, Peter Švec

Impact of conventional and ultra-rapid annealing on microstructure and coercivity of Ni-rich nanocrystalline Fe-Ni-Nb-B alloys

IEEE International Magnetism Conference INTERMAG 2024, May 5-9, 2024, Rio de Janeiro, Brazil. Invited lecture.

Paula Corte-León, Ivan Škorvánek, František Andrejka, Miloš Jakubčín, Valentina Zhukova, Juan Maria Blanco, Mihail Ipatov, Arcady Zhukov,

The Impact of Temperature on the Magnetic Properties and Magneto-Impedance Effect of Glass-coated Microwires

EMSA - The XIV. European Magnetic Sensors and Actuators Conference, June 24–27, 2024, Košice. Invited lecture.

Ihor Shtablayvi, Stepan Mudry, Yuriy Kulyk, Yuriy Plevachuk, Peter Švec, Peter Švec Sr.
Effect of Laser Processing Modes on Selective Laser Melting of Fe₈₆B₁₄ Amorphous Alloys.

Invited lecture, APCOM2024, Strbske Pleso, June 19-21, 2024

Uplatnenie výsledkov projektu

Rýchle a ultrarýchle žihanie sme využili pri nanokryštalizácii magneticky mäkkých amorfných zliatin s cieľom dosiahnuť efektívnu a hospodárnu prípravu kvalitných magneticky mäkkých materiálov. Naše výsledky ukázali, že rýchložihané zliatiny na báze Fe-Co-B-(Cu) s vysokou hodnotou nasýtenej indukcie vykazujú veľmi dobrú dlhodobú tepelnú stabilitu mäkkých magnetických charakteristík v rozsahu ich predpokladaných pracovných teplôt 30 – 250 °C. To z nich robí sľubných kandidátov pre technické aplikácie, v ktorých sú magneticky mäkké materiály dlhodobo vystavené zvýšeným pracovným teplotám. Nekonenčná technika ultra-rýchleho tepelného spracovania využívajúca predhriate masívne medené bloky umožňuje vytvorenie dostatočne jemnej nanokryštalickej štruktúry aj pre zloženia bez prítomnosti kritických prvkov brániacich rastu zŕn (Nb, Hf, Zr, ...). To vedie k zvýšeniu nasýtenej magnetickej indukcie pre tento typ materiálov a k potenciálnemu zníženiu výrobných nákladov a energetickej záťaže.

Podobným spôsobom sme cielene optimalizovali materiály vhodné pre senzory pracujúce napr. na princípe obrovskej magnetoimpedancie (GMI), pričom optimalizáciu tvaru hysteréznej slučky sme dosiahli dopracovaním techniky žihania vo vhodne orientovaných stredne silných a silných magnetických poliach (aplikované v projekte na viaceré triedy materiálov – rýchlochladné kovové sklá, sklom pokryté amorfné drôty, sústavy magnetických nanočastíc a pod.). Preukázali sme účinky žihania v externom magnetickom poli poľa na magnetické vlastnosti, doménovú štruktúru a magnetoimpedančné parametre amorfných a nanokryštalických tenkých pásov na báze Fe-Ni-Nb-B s cieľom zvýšenia citlivosti GMI charakteristík týchto magneticky mäkkých pásov na malé zmeny okolitého magnetického poľa. Výsledky našich experimentov ukázali, že vzorky v nanokryštalickom stave vykazujú podstatne vyššie hodnoty GMI efektu v porovnaní s východiskovým amorfným materiálom a umožňujú vytvorenie citlivých senzorov magnetického poľa s významnou pridanou hodnotou.

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

Metódy a techniky rýchleho a ultrarýchleho žihania vyvinuté v projekte sme aplikovali na viaceré systémy vlastných rýchlochladených amorfných zliatin s cieľom dosiahnuť efektívnu

a hospodárnu prípravu kvalitných magneticky mäkkých materiálov. Naše výsledky ukázali, že rýchložihané amorfné zliatiny na báze Fe-Co-B-(Cu) s vysokou hodnotou nasýtenej indukcie vykazujú veľmi dobrú dlhodobú tepelnú stabilitu mäkkých magnetických charakteristík v rozsahu teplôt 30 – 250 °C. To z nich robí sľubných kandidátov pre technické aplikácie, v ktorých sú magneticky mäkké materiály dlhodobo vystavené zvýšeným pracovným teplotám. Nekonenčná technika ultra-rýchleho tepelného spracovania využívajúca predhriate masívne medené bloky umožňuje vytvorenie dostatočne jemnej nanokryštalickej štruktúry aj pre zloženia bez prítomnosti kritických prvkov brániacich rastu zŕn (Nb, Hf, Zr, ...). To vedie k zvýšeniu nasýtenej magnetickej indukcie pre tento typ materiálov a k potenciálnemu zníženiu výrobných nákladov a zásadnému zníženiu energetickej náročnosti pri tepelnom spracovaní. Metódy sú aplikovateľné aj na širšie spektrum materiálov kde vývoj štruktúry tepelným spracovaním vedie k cieľnému zlepšeniu fyzikálnych (a technických) vlastností.

Podobným spôsobom sme cielene optimalizovali materiály vhodné pre senzory pracujúce napr. na princípe obrovskej magnetoimpedancie (GMI), pričom optimalizáciu tvaru hysteréznej slučky sme dosiahli dopracovaním techniky žihania vo vhodne orientovaných stredne silných a silných magnetických poliach (aplikované v projekte na viaceré triedy materiálov – rýchlochladičné kovové sklá, sklom pokryté amorfné drôty, sústavy magnetických nanočastíc a pod.).

Kľúčové techniky špičkovej termodynamickej, štruktúrnej, fázovej a lokálnej (atomárne rozlíšenej) chemickej analýzy spolu s metódami prvopricípových výpočtov a atomárneho modelovania, ktoré sme v projekte súbežne vyvíjali a implementovali na skúmané systémy, sme aplikovali o. i. pri identifikácii javov riadiacich procesy oxidácie, hydrogenácie a iných procesov riadiacich technicky zaujímavé katalytické reakcie. Pri týchto štúdiách sme objavili a vysvetlili viacero doteraz neznámych javov potenciálne vedúcich k efektívnejším chemickým technológiám.

Využitie vyvinutých teoretických, experimentálnych a technologických metód viedlo aj k prvým štúdiám tvoriacim základ budúceho výskumu nových materiálov vytvorených na princípe systémov zliatin, keramik a dielektrík s vysokou entropiou zmiešavania a doteraz málo známymi štruktúrami a vlastnosťami.

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

Methods and techniques of fast and ultra-fast annealing developed in the project were applied to diverse systems of own rapidly quenched amorphous alloys in order to achieve efficient and economical preparation of high-quality magnetically soft materials. Our results showed that rapidly annealed Fe-Co-B-(Cu)-based amorphous alloys with a high saturation induction value show very good long-term thermal stability of soft magnetic characteristics in the temperature range of 30-250 °C. This makes them promising candidates for technical applications in which magnetically soft materials are exposed to elevated operating temperatures for long periods of time. Unconventional technique of ultra-fast heat treatment using preheated massive copper blocks enables creation of a sufficiently fine nanocrystalline structure even for compositions without critical elements to prevent grain growth (Nb, Hf, Zr, ...). This leads to an increase in saturation magnetisation for this type of material and to a potential reduction in production costs and to a fundamental reduction in energy requirements for heat treatment. The methods are also applicable to a wider spectrum of materials where the development of the structure by heat treatment leads to a targeted improvement of physical (and technical) properties.

In a similar and targeted manner we purposefully optimized materials suitable for sensors based on the principle of giant magnetoimpedance (GMI), where optimization of the shape of the hysteresis loop was achieved by tailoring the annealing technique in suitably oriented medium and strong magnetic fields (applied in the project to several classes of materials – rapidly quenched metallic glasses, glass-covered amorphous wires, systems of magnetic

nanoparticles, etc.).

The key techniques of advanced thermodynamic, structural, phase and local (atomically resolved) chemical analysis together with the methods of first-principle calculations and atomic modeling, which were simultaneously developed and implemented in the project on the investigated systems, were applied a.o. in the identification of phenomena controlling the processes of oxidation, hydrogenation and other processes controlling technically interesting catalytic reactions. During these studies, we discovered and explained several hitherto unknown phenomena potentially leading to more efficient chemical technologies.

The use of developed theoretical, experimental and technological methodologies also led to initial studies forming the basis of future research of new materials created on the basis of systems of alloys, ceramics and dielectrics with high entropy of mixing and hitherto still not sufficiently well understood structures and properties.