

Študijný program / *Study programme:*

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Témy dizertačných prác

1. Mikroskopické mechanizmy nekonvenčnej supravodivosti..... 2
2. Pokročilé metódy rtg. štruktúrnej analýzy vybraných typov materiálov..... 3
3. Sensory plynov na báze polovodivých oxidov kovov s kondenzátoru podobným usporiadaním elektród a vstavanou memristívnou pamäťou..... 4
4. Štruktúra a mechanické vlastnosti tvrdých vrstiev pripravených vysoko ionizačnými depozičnými technikami..... 5
5. Štruktúrny vývoj ternárnych M11-x M2xB2 zliatin..... 6

Dissertation Thesis Descriptions

1. Advanced methods of X-ray structural analysis of selected types of materials..... 3
2. Metal oxide semiconductor gas sensors with capacitor-like electrode arrangement and built-in memristive memory..... 4
3. Microscopic mechanisms of unconventional superconductivity..... 2
4. Structural evolution of M11-x M2xB2 alloys..... 6
5. Structure and mechanical properties of hard coatings prepared using highly ionized deposition techniques..... 5

Študijný program / Study programme:

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Názov / Title

Mikroskopické mechanizmy nekonvenčnej supravodivosti
Microscopic mechanisms of unconventional superconductivity

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Richard Hlubina, DrSc.

Anotácia / Annotation

Práca je motivovaná fyzikou vysokoteplotných supravodičov, v ktorých supravodivosť vzniká dopovaním Mottových izolantov. Z technického hľadiska pôjde o riešenie Eliašbergových rovníc bez časticovo-dierovej symetrie. Novým prvkom projektu je nutnosť zohľadniť závislosť vlastnej energie nielen od frekvencie, ale aj od vlnového vektora. V druhej časti projektu budeme skúmať možnosti, ako štúdiom merateľných fyzikálnych veličín možno identifikovať mechanizmus tvorby Cooperových párov. Problematika bude riešená v rámci grantu APVV-19-0371.

Cieľ / Aim

V práci budeme skúmať mechanizmy tvorby Cooperových párov v systémoch so silne narušenou symetriou medzi časticami a dierami a možnosti ich experimentálnej identifikácie.

Študijný program / Study programme:

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Názov / Title

Pokročilé metódy rtg. štruktúrnej analýzy vybraných typov materiálov

Advanced methods of X-ray structural analysis of selected types of materials

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Tomáš Roch

Konzultant / Consultant

doc. Ing. Marián Mikula, PhD.

Anotácia / Annotation

Obsahom dizertačnej práce bude štúdium štruktúrnych vlastností vybraných typov tvrdých vrstiev a oxidov kovov pripravovaných magnetrónovým naprašovaním, napaľovaním alebo pulznou laserovou depozíciou. Okrem štandardných meraní práškovej difrakcie v Bragg-Brentano usporiadaní, bude doktorand rozvíjať aj iné pokročilé metódy röntgenovej štruktúrnej analýzy so zameraním na tenké vrstvy. Tu môže nadviazať na skúsenosti získané počas riešenia diplomovej práce. Bude využívať predovšetkým merania s malými uhlami dopadu a rozptylu (tzv. grazing incidence), merania preferenčných orientácií, reziduálnych pnutí, a mapovanie recipročného priestoru. Doktorand bude skúmať vplyv rôznych podmienok rastu na variáciu stechiometrie, štruktúrnych a mechanických vlastností vrstiev. Tento výskum môže byť doplnený o ďalšie analytické a spektroskopické metódy. Doktorand sa bude venovať svojim študijným povinnostiam chronologicky podľa svojho individuálneho študijného plánu.

Cieľ / Aim

- Príprava vzoriek tenkých vrstiev metódami fyzikálnej depozície. - Výskum vplyvu rôznych podmienok rastu na variáciu prvkového zloženia, štruktúrnych a mechanických vlastností vrstiev.
- Štúdium korelácie štruktúrnych vlastností napr. s transportnými, mechanickými a optickými vlastnosťami a ich možnosť modifikácie pomocou zmeny parametrov prípravy tenkých vrstiev.

Literatúra / Literature

Thin Film Analysis by X-Ray Scattering, Mario Birkholz (Wiley-VCH, 1.ed 2006)

Študijný program / Study programme:

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Názov / Title

Senzory plynov na báze polovodivých oxidov kovov s kondenzátoru podobným usporiadaním elektród a vstavanou memristívnou pamäťou

Metal oxide semiconductor gas sensors with capacitor-like electrode arrangement and built-in memristive memory

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / *English*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Tomáš Plecenik, PhD.

Anotácia / Annotation

*Metal oxide semiconductor gas sensors with capacitor-like Pt/TiO₂/Pt electrode arrangement have been shown to be highly sensitive towards hydrogen gas even at room temperature, partly thanks to the high electric field intensity resulting from the sensor geometry [1]. Structures of the same type also form the basis of resistive switching devices, typically used as nonvolatile memory cells, which allow to repeatedly change their resistance between two (or more) states by applying high enough switching voltage. The two capabilities of such structures were recently combined in a single capacitor-like device called "gasistor", which is in turn capable of resistive switching induced by a change of the target gas concentration [2]. Such capability also brings new functionalities, the device can work as a gas-triggered electrical switch and a gas sensor with built-in memory. In this work, we aim to study such devices in more detail and further improve their properties in general. [1] T. Plecenik, M. Mosko, A. A. Haidry, et al., Fast highly-sensitive room-temperature semiconductor gas sensor based on the nanoscale Pt–TiO₂–Pt sandwich, *Sens. Act. B* 207, (2015) 351–361. [2] M. Vidiš, T. Plecenik, M. Moško, et al., Gasistor: A memristor based gas-triggered switch and gas sensor with memory, *Appl. Phys. Lett.* 115, (2019) 093504.*

Cieľ / Aim

The main goals of the thesis are to improve in general the gas-induced resistive switching properties of the "gasistor" devices by several approaches and to study their properties in detail. The individual goals of the thesis are: - to incorporate nanoporous top Pt electrodes into the "gasistor" device, prepare such device and characterize its gas sensing and gas-induced resistive switching properties - to prepare and characterize the "gasistor" device with separate resistive switching cell sealed from the surrounding atmosphere, connected either in series or in parallel to the gas sensing part. - to explore the possibility to exploit the continuous change of the resistance state, observed in some already studied "gasistor" devices, to prepare a device with analog memristive memory capable of storing the value of the maximum/minimum reached target gas concentration.

Študijný program / *Study programme:*

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Názov / *Title*

Štruktúra a mechanické vlastnosti tvrdých vrstiev pripravených vysoko ionizačnými depozičnými technikami

Structure and mechanical properties of hard coatings prepared using highly ionized deposition techniques

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. Ing. Marián Mikula, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Dizertačná práca je zameraná na uplatnenie najnovších depozičných technológií s vysokým stupňom ionizácie pracovného plynu alebo nanášaného materiálu na prípravu tenkých vrstiev s výbornými mechanickými vlastnosťami. Počas experimentov budú použité depozičné techniky založené na báze naprašovania pomocou vysokoenergetických DC pulzných zdrojov HiPPMS a na báze technológie HiTUS s vysokou využitelnosťou terča. V práci sa bude skúmať vplyv depozičných parametrov na štruktúrny vývoj a fyzikálne vlastnosti binárnych a viacprvkových vrstiev určených pre strojárské aplikácie. Sú to vrstvy najmä na báze nitridov a boridov prechodových kovov. Okrem merania mechanických vlastností vrstiev nanoindentačnými a tribologickými technikami budú skúmané ich ďalšie dôležité vlastnosti súvisiace s mechanickým správaním sa vrstiev použitím viacerých analytických metód: teplotná stabilita vytvorených nanoštruktúr, ich dekompozičné mechanizmy, oxidačná odolnosť, kinetika oxidácie, atď. pomocou skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM), vlnovo-disperzívnej röntgenovej spektroskopie (WDS), röntgenovej fotoelektrónovej spektroskopie (XPS), röntgenovej difrakčnej analýzy (XRD), transmisnej elektrónovej mikroskopie (TEM) a ďalších.

Thesis is focused on the application of the latest deposition technologies with high degree of ionization of working gas or the deposited material for the preparation of thin films with excellent mechanical properties. Deposition techniques based on sputtering by means of highly energetic DC pused supplies HiPPMS and based on HiTUS technology with high target utilisation will be used during experimental works. The aim of work will be investigation of the influence of deposition parameters on structural evolution and physical properties of binary and multicomponent thin films designed for engineering applications. These are the films based on nitrides and borides of transition metals. In addition to measuring the mechanical properties using nanoindentation and tribological techniques, further important properties of the coatings which are related to the mechanical behavior of thin films will be investigated: thermal stability of formed nanostructures, their decomposition processes, oxidation resistance, oxidation kinetics, etc. using several analytical methods for example scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), ultraviolet photoelectron spectroscopy (UPS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), X-ray diffraction analysis (XRD), transmission electron microscopy (TEM), Raman spectroscopy (RS), etc.

Študijný program / *Study programme:*

Fyzika kondenzovaných látok a akustika / *Condense Matter Physics and Acoustics*

Názov / *Title*

Štruktúrny vývoj ternárnych M11-x M2xB2 zliatin
Structural evolution of M11-x M2xB2 alloys

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

Mgr. Branislav Grančič, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Diboridy prechodových kovov s hexagonálnou štruktúrou typu AlB₂ sú známe a v praxi často používané keramické materiály. Vďaka ich teplotnej stabilite, vysokej tvrdosti, dobrej tepelnej a elektrickej vodivosti našli uplatnenie napr. ako ochranné tenké vrstvy alebo elektrické kontakty. Nedávno sa začali študovať ternárne zliatiny typu M11-x M2xB₂ (M1, M2 sú kovy: Mg, Al, Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta), ktoré by mohli mať nové zaujímavé vlastnosti. Napríklad po zohriatí by vďaka dekompozičným mechanizmom mohlo u týchto materiálov dochádzať k zvyšovaniu tvrdosti [1-6]. V práci sa bude experimentálne skúmať schopnosť tenkých vrstiev M11-x M2xB₂ formovať tuhé roztoky, ich teplotná stabilita a dekompozičné mechanizmy. Vplyv štruktúrnych zmien bude študovaný s ohľadom na mechanické vlastnosti a to hlavne na tvrdosť a modul pružnosti. Na prípravu vrstiev M11-x M2xB₂ sa použije magnetronové naprašovanie alebo pulzná laserová depozícia. Na charakterizáciu vrstiev sa použije kombinácia analytických techník, ako sú: enego-disperzívna spektroskopia (EDS), vlnovo-disperzívna spektroskopia (WDS), röntgenova fotoelektrónova spektroskopia (XPS) na určenie zloženia a chemických väzieb, röntgenova difrakčná analýza (XRD) a transmisná elektrónova mikroskopia (TEM) na určenie štruktúrnych zmien a konečne nanoindentácia na určenie mechanických vlastností.

Transition metal diborides with AlB₂ hexagonal structure are widely used ceramic materials with well-defined physical properties. Their thermal stability, high hardness, good thermal and electrical conductivity makes them a promising material in many practical applications, such as protective coatings, electrical contacts, etc. It is expected that the thermally induced decomposition of ternary diboride alloys M11-x M2xB₂ (M1, M2 = Mg, Al, Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta) could lead to increased hardness [1-6]. In the proposed thesis, the ability of M11-x M2xB₂ coatings to form a solid solution, their thermal stability and decomposition mechanisms will be studied. How the structural changes of the coatings affect their mechanical properties (such as hardness and elastic modulus) will be one of the major questions to be addressed. PVD techniques as magnetron sputtering and Pulsed Laser Deposition will be used for coatings preparation. Combination of chemical, structural and mechanical characterisation will be performed using Energy-Dispersive Spectroscopy (EDS), Wavelength-Dispersive Spectroscopy WDS, X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), X-Ray Diffraction (XRD), Transmission Electron Microscopy (TEM) and nano-indentation techniques.

Literatúra / *Literature*

[1] B. Alling, H. Högborg, R. Armiento, J. Rosen, L. Hultman, *A theoretical investigation of mixing thermodynamics, age-hardening potential and electronic structure of ternary M11-xM2xB2 alloys with AlB2 type structure*, *Scientific Reports*. 5 (2015). doi:10.1038/srep09888. [2] A. Mockute, J. Palisaitis, B. Alling, P. Berastegui, E. Broitman, L.-Å. Näslund, N. Nedfors, J. Lu, J. Jensen, L. Hultman, J. Patscheider, U. Jansson, P.O.Å. Persson, J. Rosen, *Age hardening in (Ti1-xAlx)B2+Δ thin films*, *Scripta Materialia*. 127 (2017) 122–126. doi:10.1016/j.scriptamat.2016.09.021. [3] A. Mockute, J. Palisaitis, N. Nedfors, P. Berastegui, E. Broitman, B. Alling, L.-Å. Näslund, L. Hultman, J. Patscheider, U. Jansson, P.O.Å. Persson, J. Rosen, *Synthesis and characterization of*

(Ti_{1-x}Al_x)B_{2+Δ} thin films from combinatorial magnetron sputtering, Thin Solid Films. 669 (2019) 181–187. doi:10.1016/j.tsf.2018.10.042. [4] M. Mikula, B. Grančič, P. Švec, Jr., T. Roch, M. Truchlý, O. Kohulák, L. Satrapinskyy, T. Fiantok, V. Izaii, M. Haršáni, E. Orovčík, P. Kúš, Thermally-induced structure evolution in ternary Ti_{1-x}Y_xB_{2+Δ} films, Scripta Materialia 164 (2019) 91-95, doi: 10.1016/j.scriptamat.2019.01.042 [5] B. Grančič, M. Pleva, M. Mikula, M. Čaplovičová, L. Satrapinskyy, T. Roch, M. Truchlý, M. Sahul, M. Gregor, P. Švec Sr., M. Zahoran, P. Kúš, Stoichiometry, structure and mechanical properties of co-sputtered Ti_{1-x}Ta_xB_{2±Δ} coatings, Surface & Coatings Technology 367 (2019) 341–348 [6] V. Šroba, T. Fiantok, M. Truchlý, T. Roch, M. Zahoran, B. Grančič, P. Švec Jr., Š. Nagy, V. Izai, P. Kúš, and M. Mikula, Structure evolution and mechanical properties of hard tantalum diboride films, Journal of Vacuum Science & Technology A 38, 033408 (2020)