

## PROGRESÍVNE MATERIÁLY

### **Príprava a štúdium magneticky mäkkého kompozitu s feritom ako izolačnou zložkou.**

školiteľ: doc. RNDr. Ján Fúzer, PhD.

forma štúdia: denná

Anotácia: Práca je orientovaná na prípravu a štúdium kompozitných materiálov pozostávajúcich z častíc na báze Fe s elektricky nevodivým spojivom - feritom. Potenciálnou výhodou použitia magneticky mäkkých feritov ako izolačnej vrstvy oproti iným typov izolantov je ich ferimagnetické správanie zlepšujúce magnetickú interakciu medzi feromagnetickými časticami prášku v pripravenom kompozite. Časťou práce je výskum elektrického odporu, spektra komplexnej permeability a magnetických strát pripravených kompozitných materiálov. Cieľom je optimalizácia prípravy kompozitného materiálu (zloženie, metóda prípravy hybridného práškového materiálu, parametre lisovania, parametre žihania) vykazujúceho vlastnosti požadované od magneticky mäkkých materiálov pri premagnetovaní v stredofrekvenčnej oblasti.

### **Štúdium magnetických a tepelných vlastností vysoko-entropických funkčných zliatin.**

školiteľ: prof. RNDr. Rastislav Varga, DrSc.

konzultant: Ing. RNDr. Andrea Džubinská, PhD.

forma štúdia: denná

Anotácia: Hlavná myšlienka dizertačnej práce spočíva v nájdení vyhovujúceho chemického zloženia, ktoré bude spĺňať kritériá pre vysoko-entropické funkčné zliatiny. Vhodne zvolená kompozícia jednotlivých chemických prvkov vedie k príprave práve takých materiálov, kde sa môžeme venovať vybraným fyzikálnym vlastnostiam. Zameriame sa na kombináciu prvkov spadajúcich do skupiny polovičných Heuslerových zliatin so stochiometrickým vzorcom XYZ, kde X a Y predstavujú prechodový prvok a Z prvok z p bloku. Pre materiály, ktorým sa chceme venovať sa javí príprava vzoriek vo forme pásov a mikrodrôtov pomocou Taylor-Ulitovského metódy veľmi výhodná. Súčasťou práce je aj návrh novej chladiacej technológie a jej implementácia do technickej praxe.

### **Štúdium Heuslerových zliatin s vybranými transportnými vlastnosťami.**

školiteľ: prof. RNDr. Rastislav Varga, DrSc.

konzultant: RNDr. Ladislav Galdun, PhD.

forma štúdia: denná

Anotácia: Heuslerove zliatiny zastrešujú veľký počet intermetalických zliatin, ktoré nadobúdajú rôzne význačné fyzikálne vlastnosti ako je termoelektricitá, supravodivosť, spinová polarizácia, jav tvarovej pamäte a mnoho ďalších. Najväčšia výhoda Heuslerových zliatin spočíva v možnosti ladenia ich fyzikálnych vlastností pomocou rôznych atribútov ako je chemické zloženie, koncentrácia valenčných elektrónov, štruktúra a podobne. Uvedená práca je zameraná na prípravu a charakterizáciu Heuslerových zliatin s vybranými transportnými vlastnosťami a zreteľom na aplikačný potenciál. Zliatiny budú pripravené v rôznych formách a následne analyzované dostupnými fyzikálnymi metódami. Hlavným cieľom práce je hľadanie kľúčových parametrov vo vybraných skupinách Heuslerových zliatin za účelom optimalizácie aplikačných možností.

### **Povrchové deformácie magnetických doménových stien v tenkých drôtoch.**

školiteľ: RNDr. Kornel Richter, PhD.

konzultant: prof. RNDr. Rastislav Varga, DrSc.

forma štúdia: denná

Anotácia: Valcová topografia feromagnetických vzoriek je jedným z faktorov, ktoré umožňujú veľké rýchlosti doménových stien. V našej práci sa zameriame na pozorovania povrchového tvaru doménových stien v tenkých valcoch pri malých rýchlostiach. Bude využívaná novovybudovaná metodika na báze Magneto-optického Kerrovho javu (MOKE), ktorá sa rozšíri o možnosť pozorovania viacerých doménových stien naraz. Študent bude participovať na návrhu a dizajne budiacich cievok a simulácie magnetických polí. Následne sa vykonajú pozorovania povrchového tvaru a deformácií doménovej steny v drôtoch s rôznymi hodnotami magnetických anizotropií.

### **Modelovanie štruktúrnych a magnetických vlastností nanokompozitov.**

školiteľ: doc. RNDr. Adriana Zelenáková, PhD.

konzultant: RNDr. Pavol Hrubovčák, PhD. (po získaní VKS IIA budú školiteľ a konzultant vymenení)

forma štúdia: denná

Anotácia: Moderné metódy prípravy materiálov dnes umožňujú produkciu komplexných nanorozmerných systémov pozostávajúcich z viacerých samostatných štruktúr. Každá z týchto štruktúr plní svoju osobitú funkciu a ich správnu kombináciou a vzájomným spojením do jedného celku možno získať unikátne multifunkčné nanokompozity. Takéto nanomateriály sa vyznačujú špecifickými vlastnosťami, vďaka ktorým našli svoje široké uplatnenie v technickej oblasti, ale predovšetkým v biomedicínskych aplikáciách (teranostika). Objektom štúdia navrhovanej dizertačnej práce budú najmä systémy pozostávajúce zo superparamagnetických nanočastíc, amorfnej siliky ( $\text{SiO}_2$ ) a ďalších funkčných štruktúr. Cieľom práce bude štúdium štruktúrnych a magnetických vlastností komplexných nanočasticových systémov prostredníctvom ich modelovania (Matlab, Octave). Modely budú navrhnuté tak, aby odpovedali experimentálnym dátam získaným prostredníctvom štruktúrnych a magnetometrických meraní. Na základe modelov bude možné jednak kvalitatívne popísať a vysvetliť javy pozorované v konkrétnom systéme, ako aj kvantifikovať ich vybrané parametre. Pri navrhovaní konkrétnych modelov bude zohľadnený princíp všeobecnosti, čím sa zabezpečí ich čo najširší aplikačný potenciál a ich využitie pre celé triedy podobných materiálov.

### **Príprava a štúdium katalyzátorov a fotokatalyzátorov pre výrobu vodíka pre elektrolýzu vody.**

školiteľ: Mgr. Vladimír Komanický, PhD.

forma štúdia: denná

Anotácia: Prechod na obnoviteľné zdroje energie sa považuje za jednu z najväčších spoločenských výziev 21. storočia a bude mať veľký vplyv na klímu, životné prostredie a hospodárstvo. Hlavnou prekážkou pre širšie využitie zdrojov pre obnoviteľnej energie sú chýbajúce technológie na dlhodobé skladovanie energie vo veľkom meradle. V posledných dvoch desaťročiach sa venovalo veľa úsilia výrobe obnoviteľného vodíkového paliva zo slnečnej energie kvôli rastúcemu trhu s obnoviteľným vodíkom na komerčné využitie. Palivové články s protónovou výmennou membránou (PEM) sa využívajú vo vysokozdvížných vozíkoch alebo

autách. Nedávne ekonomické analýzy naznačujú, že skladovanie vodíka už nie je najväčšou výzvou pre zavedenie tzv. vodíkovej ekonomiky. Palivový článok PEM je takmer ideálne zariadenie na výrobu elektriny, ktorého výstupom je len vodná para bez emisií CO<sub>2</sub>. Z rôznych prístupov k výrobe solárneho vodíka medzi najdôležitejšie technológie patria: i) použitie vodných elektrolyzérov s prebytkom obnoviteľnej energie a ii) fotoelektrochemická výroba vodíka. Zatiaľ čo prvý prístup je už komerčný, je stále potrebné zlacniť výrobu a prevádzku elektrolyzérov. Druhý prístup vyžaduje tiež objavenie nových fotoaktívnych katalytických materiálov. V tejto dezertačnej práci budú vyvinuté nové katalytické materiály pre tradičné elektrolyzéry a fotokatalyzátory pre fotoelektrochemické štiepenie vody s použitím rôznych techník vrátane techník fyzikálneho nanášania z pary. Aktivita a stabilita katalyzátorov bude testovaná pomocou štandardných elektrochemických nástrojov.

### **Štúdium dynamických magnetických vlastností a relaxačných procesov v magnetických nanočasticiach.**

školiťel'a: doc. RNDr. Adriana Zelenáková, PhD.

forma štúdia: denná

Anotácia: Mono-doménové magnetické nanočastice na báze železa a kobaltu sú predmetom veľkého záujmu vedcov v dôsledku ich zaujímavých fyzikálnych vlastností, ako sú makroskopické kvantové tunelovanie (MQT), kvantový efekt veľkosti častíc, vysoká hodnota magnetického momentu, vzájomné interakcie jadrami atómov v povrchovej a objemovej vrstve. Jedným zo spôsobov, ako sa možné preštudovať silu a pôvod vzájomných interakcií medzi časticami ako aj relaxačné procesy je metóda komplexnej magnetickej susceptibility.

PhD. štúdium je zameraná na skúmanie dynamických magnetických vlastností a analýzu relaxačných procesov v magnetických nanočasticiach na báze Fe a Co. Cieľom je preskúmať možnosť zmeny relaxačných procesov a magnetického správania prostredníctvom kontroly vzájomných interakcií medzi časticami, prostredníctvom zmien v hodnotách energetickej bariéry, veľkosti častíc a pod.

### **Štúdium štruktúry neusporiadaných a kvázi-usporiadaných kovových zliatin pomocou rozptylu elektrónového a RTG žiarenia.**

školiťel': Ing. Vladimír Girman, PhD.

konzultant: prof. RNDr. Pavol Sovák, CSc.

forma štúdia: denná

Anotácia: Fázové prechody tuhých látok z neusporiadaného stavu do usporiadania komplexných štruktúr sú predmetom moderných výskumov. Vzájomný vzťah štruktúry východzieho a konečného stavu usporiadania hrá dôležitú úlohu pri tvorbe nových fáz, ktoré majú neobvyklé fyzikálne a chemické vlastnosti. Zmeny externých podmienok fázových prechodov, napr. silné magnetické polia alebo extrémne prudké zmeny teplôt, umožňujú veľkú variabilitu finálnych vlastností tuhých látok. Témou dizertačnej práce bude štúdium atomárnej stavby a stability syntetizovaných fáz vo vybraných materiáloch pomocou techník elektrónovej a fotónovej difrakcie, vo vzťahu k ich vlastnostiam. V práci bude kladený väčší dôraz na experimentálnu časť, ktorá sa bude realizovať na modernom elektrónovom mikroskope JEOL 2100F UHR. Pre úspešné zvládnutie práce však bude potrebné využívať aj infraštruktúru centier elektrónovej mikroskopie a synchrotrónov v zahraničí.

Externá vzdelávacia inštitúcia:  
**Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied**

**Štúdium atomárnej štruktúry materiálov s vysokým stupňom neusporiadania.**

školiťel: RNDr. Jozef Bednarčík, PhD.

forma štúdia: denná, ÚEF SAV

Anotácia pre AIS: Kovové sklá a nanokryštalické materiály pripravené ich tepelným spracovaním majú rad zaujímavých mechanických a magnetických vlastností. Ich vynikajúce vlastnosti majú pôvod v jedinečnej atomárnej štruktúre, ktorá je charakterizovaná krátkodosahovým usporiadaním. Rozptyl RTG žiarenia predstavuje efektívnu metodiku na kvalitatívny a kvantitatívny popis atomárnej štruktúry. Zároveň umožňuje identifikovať korelácie medzi vybranými vlastnosťami a odpovedajúcimi zmenami v ich štruktúre. V súčasnej dobe sa stávajú čoraz viac populárnymi postupy modelovania atomárnej štruktúry amorfných látok pomocou simulačných techník typu Monte Carlo. V rámci navrhovanej témy bude pozornosť venovaná identifikácií korelácií medzi vybranými vlastnosťami (magnetickými a/alebo mechanickými) a štruktúrnymi charakteristikami študovaných materiálov, majúcich vysoký stupeň vnútorného neusporiadania. Jedným z hlavných cieľov bude modelovanie ich atomárnej štruktúry pomocou metódy Monte Carlo, s využitím experimentálnych dát získaných rozptylom vysokoenergetických fotónov.

**Štúdium štruktúry a supravodivých vlastností LREBCO masívnych supravodičov.**

školiťel: Ing. Pavel Diko, DrSc.

konzultant: Mgr. Vitaliy Antal, PhD.

forma štúdia: denná, ÚEF SAV

Anotácia: Masívne monokryštalické supravodiče (MMS) typu REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub> (REBCO, RE: Y alebo vzácna zemina) na báze ľahkých vzácnych zemín (LRE) vykazujú rekordné hodnoty zachyteného magnetického poľa (17,6 T pri 26 K pre GdBCO MMS legované platinou) pri zníženej krehkosti vďaka prídavku striebra. V súčasnosti sa výskum zaoberá systémami, v ktorých je prídavok platiny nahradený lacnejšími legúrami. V rámci navrhovanej témy bude pozornosť venovaná príprave masívnych LREBCO monokryštálov s vybranými legúrami, analýze ich mikroštruktúry a charakterizácii ich lokálnych a makroskopolických supravodivých vlastností. Budú pritom použité metodiky štruktúrnej a fázovej analýzy elektrónovou mikroskopiou, EDS a EBSD analýza, RTG gífrakčná analýza, termická analýza, magnetizačné merania, merania zachyteného magnetického poľa a levitačnej sily.

**Magneticky mäkké nanokryštalické zliatiny na báze 3-d kovov pripravené nekonvenčnými technikami tepelného spracovania.**

školiťel: RNDr. Ivan Škorvánek, CSc.

konzultant: Ing. Branislav Kunca, PhD.

forma štúdia: denná, ÚEF SAV

Anotácia pre AIS: PhD práca je zameraná na ciele ovplyvňovanie štruktúry a magnetických vlastností nanokryštalických zliatin na báze 3-d kovov pomocou nekonvenčných techník tepelného spracovania. Plánujeme pri tom použiť aparáturu na ultra-rýchle žíhanie tenkých kovových pásov skonštruovaných na ÚEF SAV, ktorá na rýchly ohrev využíva vopred predhriate masívne medené bloky pričom typické časy žíhania sú v rozsahu niekoľkých sekúnd. V

porovnaní s klasickými technikami tepelného spracovania umožňuje vysoká rýchlosť ohrevu v tomto zariadení rozšíriť rozsah kompozičných zložení, ktoré sú ešte schopné vytvárať nanokryštalickú štruktúru. Ďalšou nekonvenčnou technikou tepelného spracovania bude žihanie vo vysokom magnetickom poli (do 14 T). Vo vybraných systémoch zliatin sa zameriame na štúdium zmien ich štruktúrnych a magnetických vlastností, ku ktorým dochádza po aplikácii uvedeného tepelného spracovania.

### **Multifunkčné magnetické nanomateriály pre využitie v medicíne.**

školiťel: Ing. Vlasta Závišová, PhD.

konzultant: RNDr. Martina Kubovčíková, PhD.

forma štúdia: denná, ÚEF SAV

Anotácia: Väčšina biologických procesov prebieha v nanorozmeroch a to nám dáva možnosť vďaka technickému pokroku porozumieť týmto procesom a vytvárať nové materiály. Magnetické nanomateriály majú značný potenciál využitia v oblasti medicíny napr. v distribúcii liečiva na postihnuté miesta, v zobrazovaní ale aj v terapii. Hlavným cieľom dizertačnej práce je nielen príprava nových magnetických nanomateriálov, naviazanie biologicky aktívnych látok a štúdium ich fyzikálnochemických vlastností ako sú rozmer, tvar, štruktúra, povrchový náboj, magnetické vlastnosti, ale aj skúmanie vhodnosti ich použitia napr. v oblasti diagnostiky pre magnetickú rezonanciu a liečbu ochorení napr. magnetickou hypertermiou.

Externá vzdelávacia inštitúcia:

## **Ústav materiálového výskumu Slovenskej akadémie vied**

### **Elektrokatalyzátory pre budúce elektrolyzéry.**

školiťel: RNDr. Magdaléna Strečková, PhD.

forma štúdia: denná ÚMV SAV

Anotácia: Rozvoj aktivít v oblasti vodíkových technológií podporila vo svojom strategickom dokumente „Stratégia vodíka pre klimaticky neutrálnu Európu“ aj Európska komisia a Slovensko má dnes vypracovanú národnú vodíkovú stratégiu. V súčasnosti v Košiciach vzniká Vodíkové technologické centrum s hlavnou koncepciou „Power-to-Gas“ využívajúcou obnoviteľné zdroje energie. Voda je dôležitým zdrojom vodíka a elektrolyza vody sa javí ako najslubnejšia technológia na výrobu vodíka. Avšak, skôr než bude možné uznať vodík za ekonomicky rentabilný zdroj paliva a využívať ho pre rozsiahle aplikácie s mimoriadnym energetickým potenciálom, je nevyhnutné vyvinúť jednoduché, efektívne a bezpečné metódy jeho získavania. Vnútoraná štruktúra fosfidov prechodných kovov ich predurčuje k využitiu ako elektrokatalyzátory, ktoré by mohli výrazne vylepšiť výkon v zostave membránových elektród pre vývoj vodíka. Preto bude hlavnou výzvou zníženie výrobných nákladov na výrobu vodíka a zároveň udržanie vysokej účinnosti elektrolyzy vody v membránových elektrolyzéroch. Podstatný cieľ DP bude venovaný zdokonaleniu elektródových materiálov elektrolyzy vody na báze podvojných fosfidov, výsledkom čoho bude technológia, ktorá by mala viac priblížiť využitie vodíka ako paliva v komerčných aplikáciách.

### **Štruktúra a vlastnosti relaxačných feroelektrík.**

školiťel': RNDr. Vladimír Kovaľ, PhD.

forma štúdia: denná, ÚMV SAV

Anotácia: Ťažiskom dizertačnej práce bude výskum a vývoj nových elektrokeramických materiálov na báze relaxačných feroelektrík perovskitového typu pre efektívne uskladnenie energie. Súčasťou práce bude zvládnutie technologických postupov prípravy materiálov klasickou keramickou cestou, RTG difrakčná analýza štruktúry, rastrovacía a transmisná elektrónová mikroskopia a charakterizácia špecifických fyzikálnych vlastností funkčnej keramiky. Pri analytickom hodnotení makroskopických vlastností vo vzťahu k chemizmu a štruktúre elektrokeramiky bude dôraz kladený na implementáciu techniky dielektrickej spektroskopie vo výskume feroelektrických fázových prechodov.

### **Modelovanie fázových diagramov a termodynamických vlastností systémov pre vysoko teplotné aplikácie.**

školiťel': RNDr. Viera Homolová, PhD.

forma štúdia: denná, ÚMV SAV

Anotácia: Dizertačná práca bude zameraná na štúdium fáz, fázových rovnováh a fázových diagramov v systémoch pre vysoko-teplotné aplikácie. Má za cieľ experimentálnymi metódami diferenciálnej termálnej analýzy, röntgenovej difrakcie a elektrónovej mikroskopie upresniť nejasnosti fázových diagramov a preskúmať neznáme časti zvolených binárnych systémov a následne semi-empirickou metódou Calphad namodelovať ich fázové diagramy a termodynamické vlastnosti. Predmetom štúdia budú binárne systémy s irídiom. Irídium je prvok, ktorý je vďaka svojim termodynamickým vlastnostiam veľmi zaujímavý pre využitie v leteckom a kozmickom priemysle a vzhľadom na vysokú korózie odolnosť aj pri veľmi vysokých teplotách môže byť potenciálne vhodný aj pre využitie ako súčasť materiálov pre plynové turbíny. Výsledky dizertačnej práce umožnia rozšírenie možnosti dizajnu nových materiálov pre vysoko-teplotné použitie výpočtovými metódami bez nutnosti časovo náročného experimentálneho skúšania.

### **Vysokoionizované plazmové naprašovanie multikomponentných keramických povlakov s vysokou entropiou.**

školiťel': doc. RNDr. František Lofaj, DrSc.

forma štúdia: denná, ÚMV SAV

Anotácia: Vývoj magnetronového naprašovania sa orientuje na technológie s výrazne vyšším stupňom ionizácie odprašovaného materiálu kvôli lepšej kontrole procesu depozície a lepším výsledným vlastnostiam povlaku. Medzi najznámejšie ionizované PVD (iPVD) technológie patrí High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) a do tejto kategórie možno zaradiť aj relatívne novú technológiu nazvanú High Target Utilization Sputtering (HiTUS). Vysoká ionizácia plazmy je v prípade HiPIMS dosahovaná krátkymi nízkofrekvenčnými pulzami s extrémne vysokou hustotou výkonu, u HiTUSu výkonom na samostatnom plazmovom zdroji. Obsahom práce je optimalizácia parametrov depozície tvrdých viackomponentných karbidických, boridických a nitridických povlakov z hľadiska kontroly ich elastických a plastických vlastností prostredníctvom určenia závislostí medzi jednotlivými parametrami depozície, vlastnosťami plazmy, štruktúrou povlakov a ich mechanickými a tribologickými vlastnosťami. Práca bude realizovaná na iPVD zariadeniach Cryofox Discovery (Polyteknik Dánsko) a HiTUS C500 (PQL, UK) v kombinácii s mikroskopickými pozorovaniami na SEM a TEM a meraniami mechanických vlastností.

### **Kvantitatívna charakterizácia plazmovej depozície a keramických povlakov pomocou optickej a elektrónovej spektroskopie.**

školiťel': doc. RNDr. František Lofaj, DrSc.

forma štúdia: denná ÚMV SAV

Anotácia: Moderné keramické povlaky pre ochranné vrstvy pre ultravysokými teplotami sú obvykle zložené z prvkov ťažkých kovov s vysokou teplotou (Zr, Hf, Ru, W..) silne naviazaných na ľahké prvky (bór, dusík, kyslík, uhlík s vodíkom), ktorých analýza je klasickými kvantitatívnymi analýzami často problematická. Na súčasnú kvantifikáciu ľahkých a ťažkých prvkov v takýchto povlakoch je obvykle potrebná kombinácia viacerých metód. Na kontrolu chemického zloženia povlaku je však potrebná aj charakterizácia plazmy, z ktorej sú povlaky nanášané. To znamená, že na určenie vzťahov medzi zložením, štruktúrou a vlastnosťami povlakov sú potrebné in situ metódy charakterizácie plazmy aj následné ex-situ metódy na povlakoch. Téma práce je zameraná na obe oblasti - in-situ optickú emisnú spektroskopiu plazmy a následnú optickú emisnú spektroskopiu v tlejivom výboji (GDOES), Ramanovskú spektroskopiu ako aj vlnovo-disperznú (WDS) a energiovo-disperznú (EDS) spektroskopiu (prípadne aj RTG fotoelektrónovou spektroskopiou (XPS) and hmotnostnou spektroskopiou sekundárnych iónov (SIMS)) na kvantifikáciu chemického zloženia povlakov na báze karbidov a boridov s cieľom určenia vzťahov medzi zložením plazmy a štruktúrou a vlastnosťami povlakov. Merania plazmy budú realizované na existujúcich iPVD zariadeniach pomocou OES systému (Avantes, Holandsko) and Ramanovského mikroskopu, GDOES ako aj na EDS and WDS na rastovacích elektrónových mikroskopoch. Rozšírenie skúmaných metód o XPS a SIMS bude závisieť od dodávky nových zariadení.

### **Matematické modelovanie procesov nanoindentácie, vrypovej skúšky a trenia v kompozitných systémoch pomocou MKP.**

školiťel': doc. RNDr. František Lofaj, DrSc.

forma štúdia: denná ÚMV SAV

Anotácia pre AIS: Práca je zameraná na detailné štúdium procesov napät'ových a deformačných stavov pri inštrumentovanej nanoindentácii, vrypových a tribologických skúškach v kompozitných povlakovaných systémoch pomocou modelovania metódou konečných prvkov (Finite element Modelling - FEM), vrátane rozšíreného FEM (extended FEM) a modelu kohéznej zóny (Cohesive Zone Model - CZM) a následnej experimentálnej verifikácii. Práca bude orientovaná na tenké povlaky na podložkách s rôznymi mechanickými vlastnosťami. Cieľom je pochopenie detailov porušovania tenkých povlakov v závislosti od podmienok zaťažovania ako aj optimalizácia podmienok merania jednotlivých mechanických a tribologických vlastností študovaných povlakov.

