

Opis stavu výskumu na Elektrotechnickom ústave SAV v období rokov 1999 – 2002 a koncepcia organizácie na ďalšie obdobie

Výskum na Elektrotechnickom ústave SAV je zameraný na riešenie aktuálnych problémov **fyziky tuhých látok, mikroelektroniky a supravodivosti**. Dá sa začleniť do niekoľkých oblastí, ktoré sa čiastočne prelínajú a navzájom na seba naväzujú:

- Vybrané teoretické problémy fyziky tuhých látok a moderných mikroelektronických súčiastok.
- Výskum nových materiálov a technológií pre mikroelektroniku, sensoriku, kryoelektroniku a využitie supravodičov.
- Charakterizácia vlastností a využitie nových štruktúr a súčiastok pre senzory, mikroelektroniku a kryoelektroniku.
- Využitie moderných kompozitných supravodičov pre silnoprúdovú elektrotechniku, štúdium vlastností supravodivých systémov.

Úroveň, súhlas so svetovým trendom a modernosť metód výskumu je určovaná hlavne množstvom publikácií v medzinárodných vedeckých časopisoch, množstvom ohlasov na publikácie (citácie) a zapojením sa do medzinárodných vedecko-výskumných projektov. Za veľmi dôležité považujeme úspešné zapojenie sa vedecko-výskumných kolektívov ústavu do **5. Rámcového programu** (7 projektov) a do programu **NATO Science for Peace** (3 projekty).

Významným ocenením kvality vedeckej práce za minulé obdobie v oblasti supravodivosti bolo získanie **Centra excelentnosti “Applied Superconductivity Training and Research Advanced Centre, ASTRA“** v rámci výzvy Európskej komisie v roku 2002. V rámci SAV získalo takéto ocenenie v prvej výzve 1 pracovisko a v druhej výzve, kde sme boli úspešní, 2 pracoviská SAV. Projekt ASTRA je financovaný od 1.1. 2003.

V ďalšom je podrobnejšie opísaný stav výskumu na EIÚ SAV najmä z hľadiska moderných trendov v oblasti fyziky tuhých látok, mikroelektroniky a supravodivosti.

Vybrané teoretické problémy

Výskumné aktivity pracovníkov EIÚ SAV v oblasti výskumu teoretických problémov fyziky tuhých látok a fyziky moderných mikroelektronických súčiastok boli zamerané na **analýzu optických vlastností a transportu nosičov náboja v štruktúrach III-V polovodičov** s nižšou dimenziou – v polovodičových kvantových jamách a v kvantových drôtoch. V tejto oblasti boli analyzované aktuálne problémy ako napríklad dvojrozmerný rozptyl nosičov (rozptyl „carrier-carrier“) v GaAs a GaN materiáloch, rozptyl nosičov v jednorozmerných polovodivých štruktúrach (rozptyl „carrier-impurity“) a tiež otázky koherentného transportu v jednorozmerných štruktúrach. Pozornosť bola ďalej venovaná numerickej štúdii **elektronického transportu** v nehomogénnych Schottkyho diódach, a tiež analýze transportu v súčiastkach na báze GaN.

Výsledky štúdia teoretických problémov sú podkladom a východiskom pre výskum nových materiálov, technológií a pokročilých štruktúr na ústave. Výsledky boli publikované v špičkových svetových vedeckých časopisoch (Phys. Rev. B, J. Appl. Phys., Semicond. Sci. & Technol., IEEE Trans. Electron. Dev. Lett.). Pozitívnym aspektom z domáceho hľadiska je tiež akceptovanie projektu APVT s názvom „Silno korelované a neusporiadané elektrónové systémy“, v ktorom sú zahrnuté kolektívy FMFI UK, FÚ SAV a EIÚ SAV. Teoretické

problémy mezoskopické elektroniky boli riešené tiež v rámci medzinárodného programu COST v rámci akcie COST P5 „Mesoscopic electronics“.

Výskum nových materiálov a technológií

Tradične silné zastúpenie na ústave má materiálový výskum a s ním súvisiaci rozvoj nových technológií. Predmetom výskumu v uplynulom období boli polovodičové materiály (najmä III-V polovodiče), materiály pre využitie v elektronike (tenké vrstvy oxidov), supravodivé materiály (tenké supravodivé vrstvy, kompozitné materiály) ako aj nanoštruktúrne materiály.

Výskum bol v rámci **štúdia III-V polovodičov** zameraný na analýzu anizotropie povrchových štruktúr a transportných vlastností usporiadanej zlúčeniny InGaP, na štúdium optických vlastností III – V polovodičov (fotoluminiscencie, Ramanovskej spektroskopie) a tiež na analýzu transportných vlastností GaAs pripraveného nízkoteplotnou MBE (molecular beam epitaxy) technológiou.

Pre prípravu nových štruktúr a súčiastok na báze III-V polovodičov bola využitá metóda chemického nanášania z pár metal-organických látok (metal organic chemical vapour deposition, MOCVD). V kombinácii z touto tenkovrstvovou technológiou bola vyvinutá neplanárna technológia pozostávajúca z tvarovania 3-dimenzionálnych mikrometrových štruktúr pomocou mokrého tvarovania (bulk micromachining) substrátov a následného rastu vrstiev na takýchto 3-dimenzionálnych mikrometrových štruktúrach. Táto technológia dáva dobré predpoklady pre prípravu mikro-elektro-mechanických systémov (MEMS) na báze III-V polovodičov.

Tenké vrstvy oxidov boli skúmané hlavne pre svoje vlastnosti dôležité pre spinovo závislý transport a obrovskú magnetorezistenciu (LaMnO_3 , LaSrMnO_3) a tiež pre využitie v nových mikroelektronických súčiastkách (vodivý oxid RuO_2) – v pamätiach typu RAM a v CMOS technológii. Pre prípravu tenkých vrstiev oxidov bola v spolupráci s firmou AIXTRON A.G., Nemecko, vyvinutá nová originálna technológia chemického nanášania z metal-organických pár (MOCVD). Technológia je založená na počítačom kontrolovanom mikro-dávkovaní roztoku, obsahujúceho potrebné metal-organické komponenty. Pomocou tejto technológie je možné pripraviť širokú škálu tenkých vrstiev oxidov.

Časť aktivity bola nasmerovaná na **výskum tenkých vrstiev vysokoteplotných supravodičov** na báze Tl-BaCaCuO a Hg-BaCaCuO . Pre systém Hg-BaCaCuO boli pripravené vrstvy s kritickou teplotou (začiatok prechodu) 130 – 135 K. Pozornosť bola tiež venovaná vlastnostiam tenkovrstvových rozhraní supravodivých a magnetorezistívnych oxidov. Výraznú aktivitu v oblasti supravodivých tenkých vrstiev priniesol začiatkom roka 2001 objav supravodivosti v MgB_2 materiáli pri teplote 37 K. Už v tom istom roku bola na ústave zvládnutá príprava tenkých vrstiev MgB_2 a tunelovou spektroskopiou detekovaná dvojpásmová elektrónová štruktúra MgB_2 . V ďalšom období boli na základe MgB_2 pripravené slaboviazané supravodivé spoje. Nový typ Josephonovho spoja bol študovaný v kovových multivrstvách na báze Nb/Fe-Si s feromagnetickou bariérou.

V oblasti **kompozitných supravodičov** pre silovú elektrotechniku bola pozornosť venovaná výskumu vysokoteplotného keramického supravodiča na báze PbBiSrCaCuO v tvare pásov a trubiek vystužených striebrom (Bi-2223/Ag). Boli študované procesy, ktoré prebiehajú v kompozitnom materiáli počas tvárnenia a finálneho tepelného spracovania a na základe výsledkov bola optimalizovaná príprava kompozitných Bi-2223/Ag supravodičov s vysokými kritickými prúdmi. Kolektív zaoberajúci sa Bi-2223/Ag supravodičmi vyvinul originálne technológie prípravy kompozitných supravodičov na princípe excentrického tvárnenia a prípravou kompozitov s obdĺžnikovým prierezom. Na EÚ SAV boli pripravené supravodiče s parametrami porovnateľnými s najlepšimi vzorkami v Európe a v Amerike. Veľká pozornosť

bola tiež venovaná elektromagnetickým vlastnostiam Bi-2223/Ag supravodičov a to najmä volt-ampérovým charakteristikám, rozdeleniu prúdu, striedavým stratám, a tiež nehomogenitám v supravodiči. Po objave supravodivosti v MgB_2 boli na ústave veľmi rýchlo pripravené kompozitné supravodiče MgB_2/Fe vhodné pre využitie v elektrotechnike.

Pozornosť bola venovaná aj **nanoštruktúrnym materiálom**, kde je kovový materiál v tvare nano-granúl zakomponovaný v izolačnej matici. Týmto spôsobom je možné kontrolovať vlastnosti materiálov na nano-úrovni a dá sa očakávať výskyt zaujímavých vlastností ako napr. vysoká magnetorezistencia pri izbovej teplote. V prvej etape boli pripravené a študované materiály AlN v CN_x matici, Fe v AlN matici a Bi v Al_2O_3 matici.

Výsledky a poznatky dosiahnuté v rámci výskumu nových materiálov a technológií boli v priebehu rokov 1999 až 2002 publikované v **svetových odborných časopisoch** zaoberajúcich sa materiálovým výskumom (Appl. Phys. Letters, Semicond. Sci & Technol., Supercond. Sci. & Technol., Physica C, J. Crystal Growth a pod.) a boli prednesené na popredných svetových a európskych konferenciách (Appl. Superconductivity, European Conference on Applied Superconductivity, E-Material Research Society Conference a pod.). Aktuálnosť materiálového výskumu a jeho súlad so svetovým trendom ukazuje zapojenie kolektívov Elektrotechnického ústavu SAV do **6 projektov 5. Rámcového programu** so zameraním na výskum materiálov a technológií. Okrem projektov 5. Rámcového programu boli v rámci výskumu nových materiálov a technológií vedecké kolektívy EIÚ SAV zapojené aj do programov COST.

V projektoch 5. Rámcového programu „New gallium phosphide grown by vertical gradient freeze method for light emitting diodes“ a „Metal Oxide Multilayers obtained by Cost-Effective New CVD Technologies for Magnetoelectronic Microsystems and Nanotechnologies“, ktoré boli zamerané na materiálový výskum, sa zúčastnili ako priemyselní partneri slovenské firmy Phostec s.r.o. Žarnovica, a AREPOC s.r.o.

Charakterizácia vlastností a využitie nových mikroelektronických štruktúr a súčiastok

Výskum prípravy, charakterizácie vlastností a využitia nových mikroelektronických súčiastok bola založená na výsledkoch výskumu materiálov a technológií na ústave. Pri príprave nových súčiastok boli využité najmä poznatky výskumu III-V polovodičov. Za zmienku stojí skutočnosť, že mikroelektronické štruktúry a súčiastky boli vyvíjané v úzkej spolupráci s malými a strednými podnikmi na Slovensku.

Jednou z unikátnych súčiastok vyvinutých na EIÚ SAV je **mikrovlnný monolitický integrovaný senzor prenášaného výkonu**. Princíp činnosti tejto súčiastky je založený na tepelnej konverzii elektrického výkonu v špeciálnom mikro-elektro-mechanickom systéme (MEMS), založenom na GaAs membránovom nosníku, mostíku alebo ostrovčeku. Vlastnosti systému boli najprv modelované za pomoci 2D a 3D modelov. Pri príprave senzora bola na ústave rozvinutá technológia suchého reaktívneho plazmového tvarovania v zariadení MicroSys 350. Súčiastka je určená pre priemyselné a metrologické aplikácie a je realizovaná v spolupráci so slovenskou firmou Applied Precision, s.r.o., Bratislava.

Technológia pozostávajúca z tvarovania 3-dimenzionálnych mikrometrových štruktúr III-V polovodičov pomocou mokrého tvarovania (bulk micromachining) a následného neplanárneho rastu vrstiev pomocou MOCVD procesu bola využitá na prípravu **vektorovej Hallovej sondy** mikrometrových rozmerov. Táto sonda umožňuje mapovanie vektora magnetického poľa v tesnej blízkosti magnetizovaných objektov. Spolu so sondou bolo vyvinuté aj zariadenie na mapovanie magnetického poľa v rozsahu od teploty kvapalného hélia až po izbovú teplotu – „Vector scanning Hall probe microscope“. Priemyselným partnerom pri vývoji tohoto zariadenia je slovenská firma AMSET s.r.o., Bratislava. Zariadenie „Vector scanning Hall probe microscope“ je jedinečné zariadenie v rámci Európy, podobné zariadenie sa používa iba na Univerzite Bath, Veľká Británia.

Štúdium fyzikálnych vlastností semiizolačných $A^{III}-B^V$ polovodičov GaAs a InP a technológie prípravy kontaktov M-S vyústilo do prípravy **detektorov rtg a gama žiarenia**. Jedná sa o jednotlivé detektory a v prípade GaAs aj detekčné monolitické polia (1D, 2D) s počtom elementov 32/64/128 (lineárny senzor) resp. 4x4 - 16x64 (2D senzor). V súčasnosti je vo finálnom stave rozpracovania koncepcia zostavy GaAs monolitických riadkových čipov do lineárneho reťazca s dĺžkou nad 5 cm pre aplikáciu v digitálnom rtg skeneri pre priemyselné a iné aplikácie. Cieľom riešenia je získanie digitálneho rtg obrazu s rozlíšením pod 100 μm . Aplikácia monolitických 1D riadkov v rtg skeneri je riešená v spolupráci s FEI STU a so slovenskými firmami T&N System, s.r.o., Banská Bystrica a Micronic, s.r.o., Trebejov.

Poznatky z oblasti optických vlastností III-V polovodičov dali základ pre realizáciu **energetického výkonového optočlena** – zariadenie pre diaľkové napájanie malých elektrických zariadení. Na realizácii súčiastky riešiteľský kolektív z EIÚ SAV spolupracoval s firmou NES s.r.o z Novej Dubnice.

Realizované unikátne súčiastky, vznikli vďaka materiálovému výskumu a rozvoji potrebných technológií na Elektrotechnickom ústave SAV. Poznatky získané pri výskume vlastností a využitia nových mikroelektronických štruktúr a súčiastok boli priebežne publikované v medzinárodných vedeckých časopisoch. Výskum týchto štruktúr a súčiastok bol ukutočnený v rámci projektov NATO Science for Peace, v rámci vedecko-technických projektov podporovaných Ministerstvom školstva SR a úloh výskumu a vývoja v rámci spolupráce SAV s podnikateľským sektorom.

Využitie supravodičov a štúdium vlastností supravodivých systémov

Časť výskumu využitia supravodičov s vysokou kritickou teplotou bol nasmerovaný na výskum **vlastností supravodivých káblov na prenos energie**, a na analýzu prevádzky supravodivého transformátora. Tieto zariadenia boli konštruované z vysokoteplotných supravodičov Bi-2223/Ag. Výskum vlastností supravodivého kábla pozostával z analýzy rozdelenia prúdu a magnetického poľa v konečných kábloch a z analýzy strát. Na modeli supravodivého kábla s dĺžkou ~ 1 m, pozostávajúceho s 16 Bi-2223/Ag pások bol študovaný vplyv nehomogenít na jednosmerné vlastnosti supravodivých káblov.

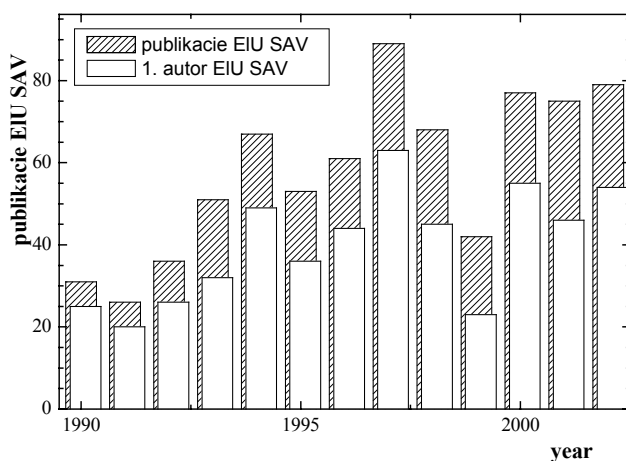
Na základe poznatkov o správaní sa supravodičov v striedavých elektromagnetických poliach boli pripravené dva modely 14 kVA jednofázového **supravodivého transformátora** s vinutím na báze vysokoteplotného Bi-2223/Ag supravodiča. Primárne a sekundárne vinutie transformátora bolo na teplote kvapalného dusíka, zatiaľ čo železné jadro bolo na izbovej teplote. Boli analyzované prevádzkové podmienky supravodivého transformátora, striedavé straty, účinnosť a prevádzka v preťaženom režime. Merania ukázali dobrú perspektívu realizácie supravodivého transformátora. Model supravodivého transformátora je jedno z prvých zariadení na báze vysokoteplotných supravodičov v Európe.

Vedecko-výskumné práce na modeloch supravodivého kábla a transformátora významne prispeli k perspektíve využitia vysokoteplotných supravodičov v medzinárodnom merítke. Svedčí o tom množstvo ohlasov na publikácie pracovníkov EIÚ SAV, zaoberajúcich sa využitím supravodivosti. Štúdium vlastností supravodivého kábla a transformátora boli realizované v rámci projektov 5 Rámcového programu a programu NATO Science for Peace za účasti významných európskych priemyselných partnerov (Pirelli – Taliansko, NKT – Dánsko, Oxford Magnet Technology – Veľká Británia, Škoda Plzeň – Česká republika, Merck KGaA – Nemecko).

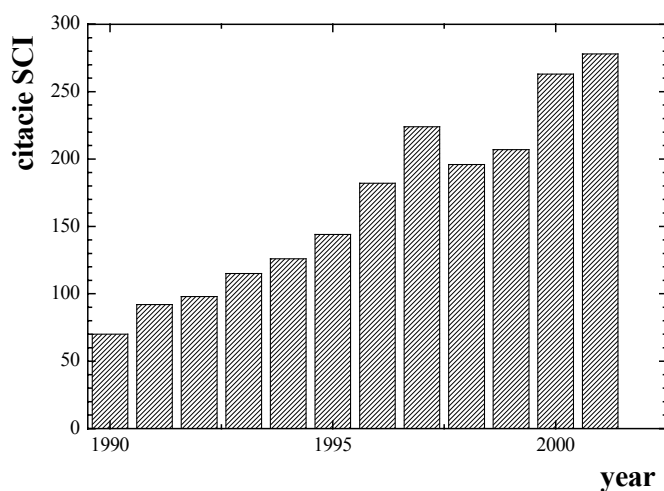
Publikačná činnosť

V ďalšom uvádzame sumárny pohľad na publikačnú aktivitu EIU SAV a na citačnú odozvu. Na obrázku 1 je uvedený počet tzv. karentovaných publikácií v jednotlivých rokoch od roku 1990. Mimo roku 1999, kde je znížené množstvo zapríčinené pravdepodobne prípravou projektov pre 5. Rámcový program, celkové množstvo publikácií za 1 rok sa v poslednom období pohybuje **od 75 do 80 publikácií**, čo predstavuje v priemere skoro dve publikácie na vedeckého pracovníka. Významným faktom je tiež, že **väčšina publikácií vznikala na ústave**, t.j. prvý autor pochádza z EIÚ SAV.

Pohľad na citačnú odozvu ukazuje, že v období rokov 1990 počet citácií podľa Science Citation Index (SCI) a tiež Web of Science stúpa z hodnoty 70 citácií v roku 1990 na hodnotu 278 citácií, čo je skoro 400 % nárast. V období rokov 1998 až 2001 sme zaznamenali 40 % percentný nárast citácií. Celkove sa dá povedať, že hoci sa počet publikácií ustálil na hodnote 75 – 80 publikácií za rok, **citačná odozva stúpa**. To svedčí o dobrej kvalite publikovaných prác.



Obr. 1. Publikácie EIÚ SAV v období rokov 1990 až 2002.



Obr. 2. Citačná odozva na publikácie EIÚ SAV v období rokov 1990 – 2001.

Medzinárodná vedecko-technická spolupráca

Elektrotechnický ústav má širokú škálu medzinárodných spoluprác na základe medziakademických dohôd, kultúrnych dohôd a iných foriem vedecko-technickej spolupráce. Kontakty sú orientované hlavne na krajiny **Európskej únie** ako Veľká Británia (University of Bath, Imperial College London), Francúzsko (LMGP Grenoble), Nemecko (Forschungszentrum Julich), Taliansko (INFN Genova), Holandsko (University Twente), ale aj na susedné krajiny Česko (Fyzikálny ústav AVČR) a Poľsko (Institute of Physics PAS). Intenzívne kontakty v rámci medzinárodnej vedecko-technickej spolupráce dali dobrý základ na zapojenie sa do do projektov v rámci 5. Rámcového programu, programu NATO Science for Peace a do programov COST. Na EIÚ SAV sa v období 1999 – 2002 riešilo **7 projektov 5. Rámcového programu, 3 projekty NATO Science for Peace, 4 projekty COST**. Účasť v týchto projektoch priniesla na ústav okrem vedeckej spolupráce aj značné finančné prostriedky, ktoré boli využívané vo veľkej miere na obnovu prístrojového vybavenia ústavu. V ďalšom uvádzame najdôležitejšie projekty medzinárodnej vedecko-technickej spolupráce:

5. Rámcový program:

1. Optimising Powder-In-Tube Tapes In MRI Systems as Ice-breaker for HTS Socio-Economic Benefits, G5RD-CT-1999-00049, 2000 – 2002.
2. Metal Oxide Multilayers obtained by Cost-Effective New CVD Technologies for Magneto-electronic Microsystems and Nanotechnologies, G5RT-CT-2000-05001, 2000 – 2002.
3. Quality monitoring of Superconductors for the production of Efficient, Compact and reliable Energy Transmission Systems, G3RD-CT-2000-00239, 2000 – 2002,
4. Superconducting European Network SCENET-2
5. New gallium phosphide grown by vertical gradient freeze method for light emitting diodes, IST-2001-32793, 2002 - 2004
6. Integration of very high-k dielectrics with silicon CMOS technology, IST-2001-39094, 2002 - 2004
7. AC loss measurements and strand joining methods, FU05-CT-2000-00081AC, 2000 – 2002.

NATO Science for Peace:

1. Microwave Monolithic Integrated Transmitted Power Sensors and Their Industrial and Metrological Applications, SfP-974172, 1999 – 2003.
2. Development of advanced Vector Hall Probes for magnetic microscopy, SfP-972399, 1998 – 2002.
3. High temperature superconducting model transformers using BSCCO and YBCO tapes, SfP-974124, 2000 – 2002, NATO Science for Peace.

Projekty COST:

1. COST P5 Mesoscopic electronics
2. COST 523 Nanostructured materials
3. COST 528 Chemical solution deposition
4. COST P7 X-ray and neutron optics

Koncepcia výskumu EIÚ SAV na ďalšie obdobie

Koncepcia výskumu na ďalšie obdobie vychádza z výsledkov dosiahnutých v predošlom období. Využíva poznatky materiálového výskumu, vyvinuté technológie a zohľadňuje moderné trendy zamerania sa na submikrometrové a nanometrové objekty a riešenie aktuálnych problémov supravodivosti. Podobne, ako opis stavu doterajšieho výskumu na EIÚ SAV, koncepcia výskumu je rozčlenená do niekoľkých oblastí.

Vybrané teoretické problémy

Úlohou štúdia teoretických problémov fyziky tuhých látok a moderných mikroelektronických súčiastok je udržiavať kontakt so špičkou výskumu v tejto oblasti a reagovať na súčasné teoretické problémy vo fyzike tuhých látok, hlavne na **elektronický transport v objektoch s nižšou dimenzionalitou** (kvantové drôty a pod.). Snahou bude tiež rozšíriť záber na fundamentálne problémy **magnetizmu**. Ďalšou časťou výskumu bude **analýza fyzikálnych dejov v moderných mikroelektronických súčiastkách**.

Výskum nových materiálov a technológií

V rámci výskumu nových materiálov a technológií budú naše aktivity nasmerované na rozvoj submikrometrových technológií s prechodom na prípravu nanočastíc – **nanotechnológie**. Bude potrebné zvládnutie tenkovrstvových technológií vákuovými metódami pre prípravu kovových nanočastíc zabudovaných v spojitej matici, tvorenej izolantom, respektíve vhodným kovovým materiálom. Predpokladá sa maximalizácia funkčných vlastností takýchto nano-kompozitov. Elektrotechnický ústav má dobre rozvinutú technologickú základňu prípravy kvalitných tenkých vrstiev nanometrových hrúbok, obsahujúcich nanočastice a tiež metódy detailnej charakterizácie ich štruktúrnych a elektrických vlastností.

Naše aktivity budú nasmerované tiež na ďalší rozvoj tenkovrstvových technológií - zvládnutie **tenkovrstvových technológií pre prípravu dvojrozmerných a trojrozmerných tenkovrstvových štruktúr** chemickými a fyzikálnymi metódami s využitím pre submikrometrové elektronické, magnetické a elektromechanické systémy a súčiastky novej generácie. Jedná sa o materiály a tenkovrstvé technológie pre III-V polovodiče, oxidové vrstvy pre modernú elektroniku (CMOS technológie) a tenkovrstvové technológie pre submikrometrové supravodivé spoje.

Pozornosť bude venovaná **príprave nanoštruktúr metódami planárnej litografie**. Jedná sa o rozvoj **AFM nanolitografie** pomocou techniky lokálnej anódickej oxidácie. Táto technika sa používa na prípravu ako oxidových masiek, tak aj na priame definovanie funkčnej štruktúry, napr kvantového drôtu. Cieľom je zistiť možnosti kovových oxidov ako maskujúcich materiálov a využiť ich následne v AFM nanolitografii. Ďalšou úlohou je zistiť technologické možnosti neplanárnej AFM nanolitografie a testovanie možnosti použitia AFM na prípravu štruktúr ako zárodkov pre rast kvantových bodiek v aparátúre MOCVD.

V **submikrometrovom tvarovaní** tenkých kovových vrstiev a viacvrstvových metalizačných systémov bude využitá **“hlboká ultrafialová” litografia (DUV)**. V prípade polovodičových a dielektrických vrstiev bude jej využitie v kombinácii s metódou reaktívneho iónového leptania. Submikrometrové tvarovanie bude dôležitým technologickým krokom pre prípravu mikro-elektro-mechanických (MEMS) a tiež mikro-opticko-elektro-mechanických (MOEMS) prvkov.

V oblasti **supravodivých materiálov** sa zameriame na výskum prípravy nových materiálov, s cieľom optimalizovať ich kľúčové parametre. Sústreďíme sa na materiály

perspektívne z hľadiska technického využitia. Preto sa značná časť energie bude venovať výskumu tzv. vysokoteplotných supravodičov, na ktorých chladenie postačuje kvapalným dusíkom. So zdokonaľovaním chladiacej techniky zavedením tzv. **cryocoolerov** sa stávajú zaujímavými z praktického hľadiska aj supravodiče s kritickými teplotami pod 77 K, pokiaľ ich kritické parametre a cena predstavujú perspektívnu výhodu. Materiály budú pripravené v malých množstvách, postačujúcich na skúmanie vlastností. Takýmto spôsobom je možné i pri malých nákladoch získať dôležité poznatky základného významu.

Charakterizácia vlastností a využitie nových štruktúr a súčiastok

Naše práce budú smerované na využitie nových prvkov a súčiastok na báze submikrometrových tenkovrstvových technológií. Výsledky vo výskume polovodičových materiálov budú využité pre vývoj **vysokocitlivých magnetických senzorov** (GMR senzory, magnetooptický senzor pre defektoskopiu, kvantový Hallov odpor - QHR, submikrometrové Hallovské senzory, slaboviazané supravodivé štruktúry - SQUID), **optických senzorov** (kvantové detektory infračerveného žiarenia – QWIP) a **mikromechanických systémov** (MEMS) pre senzory výkonu. Dôležitou technológiou pre prípravu týchto prvkov bude chemické nanášanie z pár organometalických zlúčenín, MOCVD. Nové prvky a súčiastky na báze submikrometrových tenkovrstvových technológií budú využité pre informatiku, metrológiu, zdravotníctvo a životné prostredie.

V oblasti **detektorov žiarenia** sa sústreďujeme na technológiu monolitického senzora rtg a gama žiarenia na báze InP. Prednosť InP oproti používanému materiálu GaAs v tejto aplikácii je vo vyššej absorpčnej schopnosti, lepších vlastnostiach pre detekciu gama žiarenia nad 100 keV, a vo vyššej operačnej rýchlosti.

Zameriame sa tiež na výskum **štruktúr a prvkov pre pokročilú technológiu CMOS**, kde v nasledujúcom období bude potrebné nahradiť klasické materiály na báze Si a SiO₂ alternatívnymi materiálmi. Výskum prípravy nových pokročilých MOS prvkov na báze submikrometrových tenkovrstvových technológií sa bude opierať o technológiu chemického nanášania tenkých vrstiev z pár organometalických zlúčenín, MOCVD.

Využitie supravodičov a štúdium vlastností supravodivých systémov

V oblasti supravodivých aplikácií sa budú skúmať vybrané problémy **magnetických systémov pre vytváranie jednosmerných polí, ako i striedavých aplikácií** (transformátory, obmedzovače prúdu, káble). Výskum zahŕňa teoretické modelovanie, zhotovenie experimentálnych modelov a vývoj špeciálnych meracích postupov. Kľúčová je spolupráca s priemyselnými partnermi a aplikátormi vo svete, vďaka ktorej je rozhodujúca časť úsilia venovaná riešeniu problémov aktuálnych z hľadiska praxe.

Výhľad do budúcnosti: Zlepšenie možností teoretického modelovania a analýzy by sa malo dosiahnuť aplikáciou moderných softwarových prostriedkov. Budovanie experimentálnych možností štúdia spolupráce viacerých supravodivých zariadení v jednom reťazci umožní záujemcom z praxe overiť si rôzne režimy a správanie supravodivých zariadení v týchto režimoch.

Dôležitým stimulom v oblasti využitia supravodivosti bude činnosť **Centra excelencie ASTRA** (2003 – 2005), ktoré zabezpečí efektívny kontakt so špičkovými pracovníkmi a poprednými európskymi laboratóriami v tejto oblasti.

Personálna oblasť

Elektrotechnický ústav SAV je **školiacim pracoviskom v štyroch vedných odboroch**: 26-13-9 Elektronika, 11-22-9 Fyzika kondenzovaných látok a akustika, 26-02-9 Teoretická elektrotechnika a 26-35-9 Elektrotechnológia a materiály. Počet doktorandov v dennej forme štúdia sa v rokoch 1999 – 2002 pohyboval v rozmedzí 8 – 14. Počas realizovania doktorandského štúdia v minulom období sme prišli k uzáveru, že dĺžka vymedzená na doktorandské štúdium zákonom (3 roky) môže byť najmä v prípade experimentálneho zamerania krátka. Preto sme v odôvodnených prípadoch z vlastných zdrojov pracoviska umožnili doktorandom predĺžiť toto obdobie. Aj z tohto dôvodu očakávame v budúcom roku väčší počet odovzdaných dizertačných prác. Za zmienku stojí, že v roku 2002 bola obhájená dizertačná práca Mgr. M. Rosinu, ktorá bola realizovaná v spolupráci so zahraničným pracoviskom LMGP Grenoble formou tzv. „thèse en cotutelle“. Túto formu chceme využívať i v budúcnosti. Očakávame tiež, že existencia Centra excelencie ASTRA prinesie zvýšené možnosti medzinárodných kontaktov pre doktorandov.

Kmeňový stav vedeckých pracovníkov ústavu je dopĺňaný najlepšimi doktorandami, ktorí sú vybraní Predsedníctvom SAV na základe konkurzu na obsadenie pracovných miest najlepšimi absolventami doktorandského štúdia. V období rokov 1999 až 2002 sa v konkurze Predsedníctva SAV takto umiestnili 4 doktorandi a boli prijatí na EIÚ SAV na stále miesto. Tento spôsob výberu považujeme za objektívny a chceme ho v čo najväčšej možnej miere uplatňovať aj v budúcnosti. Považujeme tiež za štandardný postup, že úspešní absolventi doktorandského štúdia absolvujú tzv. post-doc pobyt na niektorom kvalitnom zahraničnom pracovisku. Mladí vedeckí pracovníci, ktorí absolvujú tento pobyt sú dobre pripravení na svoju vedeckú prácu. Keďže sa nám takýto postup v minulosti osvedčil, chceme ho v čo najväčšej možnej miere uplatňovať aj ďalej.

Ďalší **postup vedeckých pracovníkov** je možný cez atestácie, kde je základnou požiadavkou produkcia vedeckých publikácií a ohlasy na tieto publikácie. Na ústave je produkcia vedeckých publikácií podporovaná mimoriadnymi odmenami, ktoré sú odstupňované podľa úrovne časopisu (impact factor), kde bola práca prijatá. Ukazuje sa, že táto stimulácia publikačnej činnosti napomáha odbornému rastu vedeckých pracovníkov a uľahčuje atestáciu pracovníkov pre vyššie vedecké úrovne (vedecký pracovník IIa, vedúci vedecký pracovník). Tento postup chceme uplatniť aj do budúcnosti. V spolupráci s vedeckou radou ústavu bol vypracovaný **návrh platového poriadku**, ktorý vo výraznej miere prihliada na hlavné výsledky vedeckej práce – publikácie, citácie a účasť vo vedeckých projektoch.

Obmena vedeckých pracovníkov je podporená aj postupom pri odchode pracovníkov do dôchodku. Princípom tohoto postupu je, že umožňujeme vedeckým pracovníkom, aby pracovali na ústave do veku 65 rokov. Po dosiahnutí tohoto veku sa snažíme, aby pracovníci odišli do dôchodku s tým, že môžu mať na ústave súbežný pracovný pomer v rozsahu 3/5, hradený podľa výsledkov buď z prostriedkov ústavu, alebo z prostriedkov výskumného projektu. Pracovný pomer vedeckých pracovníkov poberajúcich starobný dôchodok je obnovovaný spravidla ročne. Súčasná legislatíva nám tento postup umožňuje. Výsledkom takéhoto postupu je priebežná náhrada starších vedeckých pracovníkov mladými. Štatistika ukazuje, že za posledné obdobie **priemerný vek vedeckých pracovníkov ústavu nestúpa**, ale sa pohybuje v rozsahu od 48,6 do 50,2 rokov.

V súčasnosti je na ústave **minimálne 10 vedeckých pracovníkov** schopných získať významný zahraničný projekt a takýto projekt úspešne riešiť. Dôkazom je množstvo projektov získaných v rámci 5. Rámcového projektu a programu NATO Science for Peace. V období rokov 1999 – 2002 obhájilo 5 pracovníkov EIÚ SAV titul DrSc. Potešiteľné je, že vek týchto pracovníkov sa pohybuje okolo 50 rokov.

Organizačná štruktúra

Vedecká časť ústavu je rozdelená na **9 vedeckých oddelení** – je to dané odborným nasmerovaním. Snahou je, aby každé oddelenie malo svoj program podporovaný projektom väčšieho rozsahu. Oddelenia sú navzájom pospájané projektami, ktoré spoločne riešia. Pri väčších projektoch (napr. Centrum excelencie ASTRA) sa oddelenia zlučujú do väčších celkov. V roku 2002 vzniklo na ústave nové oddelenie zaoberajúce tematikou tenkých vrstiev oxidov. Vznik nového oddelenia je viazané na vedeckú osobnosť, ktorá určí novému oddeleniu nasmerovanie. Prihliada sa tiež na primerané finančné zabezpečenie vznikajúceho oddelenia.

Vedecká činnosť oddelení je každoročne hodnotená pri koncoročných seminároch. Výsledky oddelení sú hodnotené 10 člennou komisiou, ktorá pozostáva zo 6 významných pracovníkov ústavu a zo 4 renomovaných odborníkov zo Slovenska, prípadne z Čiech. Výsledkom hodnotenia je stupeň A až D a je zviazaný s finančnou stimuláciou najlepších oddelení. Pri hodnotení stupňom D môže oddelenie zaniknúť.

Činnosť vedeckých oddelení je podporovaná **hospodársko-správnym a technickým úsekom** (mechanické dielne a skvapaľňovač hélia).

Technické a informačné zabezpečenie

Investičný rozvoj je podporovaný hlavne prostriedkami získanými z projektov, najmä zahraničných. O našej snahe o inováciu technologických prostriedkov svedčí aj celková suma odpisov z fondu rozvoja hmotného majetku ústavu, ktorá dosahuje za minulý rok až 8 mil. Sk. Z väčších investícií sa nám za posledné obdobie podarilo vďaka zahraničným projektom zadovážiť AFM mikroskop (NATO Science for Peace) a chladiace zariadenie tzv. „cryocooler“ (5. Rámcový program). V budúcnosti budeme podporovať nákup spoločných investičných prostriedkov pre viaceré oddelenia. Pri realizovaní väčších projektov v budúcnosti bude teda prevládať snaha o zakúpenie spoločnej investície.

V najbližšom čase pripravujeme tiež **investície do infraštruktúry**: inovácia počítačovej siete, inštalácia skvapaľňovača hélia. **Inováciu počítačovej siete** predpokladáme v roku 2003 a dosiahneme ňou rýchlosť siete na ústave 100 Mbitov/s. **Inštalácia funkčného automatického skvapaľňovača hélia LINDE** na základe ponuky partnerského pracoviska Atom Institut Wien sa predpokladá na prelome rokov 2003/2004. Čaká nás tiež vybudovanie **čistých priestorov** pre realizáciu našich plánov v oblasti mikroelektroniky a nanotechnológií. Priebežne sa budeme venovať tiež údržbe a obnove budovy – modernizácia výťahu, dokončenie vstupnej haly, úprava chodieb ústavu. Uvedené investície budú musieť byť pravdepodobne hrazené z prostriedkov, ktoré ústav získal svojou vedecko-výskumnou činnosťou (granty, hospodárska činnosť). Bolo by veľmi žiadúce, keby sa v budúcnosti ukázala možnosť realizácie takýchto investícií formou napr. inštitucionálneho príspevku, alebo formou špeciálneho grantu.

Pri rozvoji ústavu sa pri nedostatku stavebných investícií stretávame s **priestorovými problémami**. Keďže nemáme možnosť investičnej výstavby, pre riešenie týchto problémov by sme privítali možnosť bezplatného prenajatia priestorov od ústavov SAV, ktoré prenajímajú priestory podnikateľským subjektom.

Prejednané na Vedeckej rade Elektrotechnického ústavu SAV dňa 11.9. 2003.

V Bratislave 30.9. 2003

Ing. Karol Fröhlich, DrSc.
Riaditeľ EIÚ SAV