

I z v j e š t a j o r a d u
INSTITUTA ZA FIZIKU SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ZAGREB
1. 1. - 31. 12. 1980.

S A D R Ž A J

	Strana
Predgovor	I
I ORGANI UPRAVLJANJA	1
Zbor radnika	1
Savjet	1
II IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA	2
ODJEL FIZIKE METALA I	2
Pregled istraživačkog rada	3
Popis radova	7
ODJEL FIZIKE METALA II	9
Pregled istraživačkog rada	10
Popis radova	17
ODJEL OPTIČKA SVOJSTVA KRISTALA	20
Pregled istraživačkog rada	20
ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA	22
Pregled istraživačkog rada	23
Popis radova	28
ODJEL FIZIKE POLUVODIČA	30
Pregled istraživačkog rada	30
Popis radova	35
ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA	37
Pregled istraživačkog rada	37
Popis radova	42
ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU	43
Pregled istraživačkog rada	43
Popis radova	46
III Seminari održani u IFS-u u 1980. godini	49
IV Služba dokumentacije	51
V Tajništvo	55

P R E D G O V O R

1980. godina se po mnogo čemu razlikovala od prethodnih godina, naročito je to bilo vidljivo u restrikcijama nabave inozemne opreme. No unatoč svemu tome naša znanstvena produkcija nije opala zahvaljujući prvenstveno poletu i svesrdnom zalaganju svih znanstvenih radnika koji rade na zadacima Instituta, a svakako zahvaljujući i radu ostalih radnika. Takav rezultat ohrabruje i daje nadu da će i iduće godine sličan elan pratiti rad na našim znanstvenim zadacima.

Nije za zanemariti da se pored osnovnih istraživanja postepeno pojavljuju i primijenjena istraživanja uz povremene neposredne usluge proizvodnim organizacijama. Po svemu sudeći, zasad niti to ne utječe na nivo i kvalitetu naše znanstvene produkcije već se zapaža baš pozitivni povratni efekt na osnovna istraživanja.

Očito je 1980. godina, zbog svega, prelomna i usmjerava nas na samogradnju novih eksperimentalnih uređaja, na racionalizaciju potrošnog materijala i na kupovanje opreme na domaćem tržištu. Pozitivni efekti su u tome da se mi sve više povezujemo s domaćom industrijom u traženju zajedničkih dugoročnih ciljeva i zadataka.

Nadamo se da će ovaj godišnji izvještaj dati jedan realan presjek naših osnovnih istraživanja iz čega će se moći zaključiti koje su potencijalne mogućnosti primjene i koje su mogućnosti našeg daljnjeg razvoja.

Goran Pichler

I ORGANI UPRAVLJANJA INSTITUTA

ZBOR RADNIKAPredsjednik Zbora radnika

MARKO MILJAK, mr fiz.nauka - znan.asistent (do 16.12.1980)

KREŠIMIR ŠAUB, dipl.ing.fiz.-znan.asistent (od 16.12.1980)

SAVJET

Predsjednik Savjeta: mr ZLATKO VUČIĆ, znan.asistent

Članovi Savjeta:

BRANKO GUMHALTER, dr fiz.nauka - znan.suradnik

MARIJAN MARUKIĆ, VKV kovinotokar

OGNJEN MILAT, mr fiz.nauka - znan.asistent

SILVIA TOMIĆ, dipl.ing.fiz. - struč.suradnik

ZLATKO VUČIĆ, mr fiz.nauka - znan.asistent

MILAN VUKELIĆ, viši tehn.suradnik

DALIBOR VUKIČEVIĆ, mr fiz.nauka - znan.asistent

ODBOR ZNANSTVENOG VIJEĆA

dr SLAVEN BARIŠIĆ, znan.savjetnik - rukovodilac Odjela teor.fizike

dr ANTUN BONEFAČIĆ, znan.savjetnik - rukovodilac Odjela fizike metala I

dr JOHN COOPER, v.znan.suradnik - voditelj zadatka

dr DANIJEL DJUREK, znan.suradnik - voditelj zadatka

dr BRANKO GUMHALTER, znan.surad. - voditelj zadatka

dr BORAN LEONTIĆ, znan.savjetnik - rukovodilac Odjela fizike metala II

dr ZVONIMIR OGORELEC, viši znan.suradnik - rukov.Odjela fiz.poluvodiča

dr MLADEN PAIĆ, znan.savjetnik - rukov.Odjela optička svojstva kristala

dr GORAN PICHLER, viši znan.suradnik - rukovodilac Odjela fiz.ioniz.plinova

dr MARIJAN ŠUNJIĆ, viši znan.suradnik - voditelj zadatka

dr VLADIS VUJNOVIĆ, viši znan.suradnik - voditelj zadatka

mr DALIBOR VUKIČEVIĆ, znan.asistent - voditelj zadatka

DIREKTOR INSTITUTA

dr GORAN PICHLER, viši znan.suradnik (do 31.1.1980. v.d.direktor)

II IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA

ODJEL FIZIKE METALA I

Rukovodilac odjela:

ANTUN BONEFAČIĆ, doktor fiz.nauka, red.profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni savjetnik

Znanstveni suradnici:

KATARINA KRANJC, doktor fiz.nauka, red.profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu,
- znanstveni savjetnik

ANKICA KIRIN, doktor fiz.nauka, docent Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni suradnik

ANTON TONEJC, doktor fiz.nauka, docent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni suradnik

DRAGAN KUNSTELJ, doktor fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni asistent

MIRKO STUBIČAR, magistar fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni asistent

ANDJELKA TONEJC, doktor fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni asistent

VJEKOSLAV FRANETOVIĆ, magistar fiz.nauka, asistent Farmaceutskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni asistent

OGNJEN MILAT, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

Tehnički suradnici:

VILIM LEPČIN, viši tehn.suradnik

DARINKA COC-ŠTOKIĆ, viši tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

1. Istraživanje strukturnih i fizičkih svojstava metala i metastabilnih slitina

1.1. Istraživanje kristaličnih metala i metastabilnih metalnih slitina s bazom aluminijska i srebra

U 1980. godini završeno je ispitivanje niza ultrabrzo kaljenih slitina s bazom aluminijska i srebra (rad 20). Posebna pažnja bila je posvećena metastabilnim slitinama koje su se javljale u obliku proširenih čvrstih otopina i novih faza. Istraživane su njihove strukturne karakteristike, povećana mikrotvrdoća, te defekti strukture i njihov utjecaj na fizička svojstva. Neki od tih radova pružaju i mogućnosti primjene. Tako strukturna svojstva Al-Sn slitina pružaju bazu za primjenu superplastičnosti (rad 12).

U prezasićenim slitinama s bazom aluminijska (AlNi, AlCe) zapažene su u nizove grupirane dislokacijske petlje, defekti nastali zbog naglog ukaljivanja praznina. Ustanovljeno je da prvi precipitati nove faze nastaju na nizovima petlji, a time je evidentirana diskontinuirana precipitacija u tim sistemima.

Analizirana je kinetika dekompozicije metastabilne čvrste otopine platine u aluminijsku. Zaključeno je da proces dekompozicije ovisi o brzini kaljenja. Utvrđene su kristalografske karakteristike faza koje se pojavljuju tijekom raspada u tim sistemima.

Istraživani su uzroci proširenja difrakcijskih linija u brzo kaljenim uzorcima srebro-kositar (rad.1). Koristeći Warrenovu teoriju rendgenske difrakcije za nesavršene kristale, nakon korekcije instrumentalnog proširenja Stokesovom metodom, izdvojen je iz Fourierovih koeficijenata čistog difrakcijskog profila doprinos proširenju uzrokovan deformacijom kristalne rešetke i efektivnim veličinama domena. Rezultati pokazuju da je glavni doprinos proširenju uzrokovan deformacijom rešetke, ali da i stvarne veličine domena, te intrinzične i ekstrinzične pogreške u slaganju i sraslaci utječu na ovo proširenje. Efektivne veličine domena kao i mikrodeformacije pokazuju anizotropiju, koja je uzrokovana pogreškama u slaganju i nepravilnom distribucijom dislokacija u uzorcima. Rezultati analize asimetrije profila pokazuju da je asimetrija uzrokovana intrinzičnim pogreškama i sraslacima. Pomak difrakcijskih maksimuma brzo kaljenih AgSn slitina uzrokovan je obostranim djelovanjem intrinzičnih i ekstrinzičnih pogrešaka u slaganju i rezidualnih kom-

presivnih makronaprezanja. Prvi smo pokušali da brzine kaljenja i debljine brzo kaljenih listića povežemo s mjerenjima rezidualnih naprezanja. Strugotine slitine srebro-kositara, za istu koncentraciju kositra koju imaju brzo kaljeni uzorci, pokazuju manje efektivne veličine domena i veće mikrodeformacije. Anizotropija deformacije je mnogo više izražena kod strugotina nego kod brzo kaljenih uzoraka. U strugotinama se isto tako javlja veća gustoća dislokacija i pogrešaka u slaganju.

Elektronsko-mikroskopskim metodama potvrđeni su rezultati rendgenskih mjerenja i određena je priroda pogrešaka i intrinzične, te ekstrinzične pogreške i sraslaci. Pogreške leže u $\{111\}$ ravninama površinski centrirane kubične rešetke. Distribucija dislokacija vidjena u elektronskom mikroskopu karakteristična je za plastično deformirane materijale, te za materijale u kojima dolazi do nagle kondenzacije praznina.

U brzo kaljenoj slitini Al-Ag eksperimentalno su utvrđena dva stadija rasta GP-zona, što je objašnjeno teorijom spinodalne dekompozicije prezasićene slitine (rad 13).

1.2. Istraživanje moiré pruga

Izvršena je fazna analiza amplituda poprečno na pruge koja je dala jednostavan i zanimljiv rezultat. Prikazu li se amplitude kao točke u kompleksnoj ravnini, skup točaka ima jednostavan oblik: za sve moiré pruge sa sinusoidalnom raspodjelom intenziteta normalnog razmaka amplitude leže na kružnici, a za nesinusoidalne profile na elipsi, u specijalnim slučajevima na pravcu. Teorijski rad je još proširen na pojave u tamnom polju, i na utjecaj anomalne apsorpcije na profile intenziteta i na faze amplituda. Eksperimentalno su nadjene pojave koje potvrđuju teorijska predskazivanja i na elektronsko-mikroskopskim slikama γ' -faze Al-Ni slitina koja precipitira u obliku diskova. Posebni oblici profila koje je predkazala teorija (dva put manji razmak pruga od normalnog ili cijepanja pruga u komponente) mogli su biti pokazani tek uz naročitu pažnju (veliko povećanje), te je to vjerojatno razlog da takve pojave još nisu bile primijećene (rad.5,6).

1.3. Utjecaj vanjskog tlaka na fizička svojstva čistog kobalta

Radi tumačenja procesa koji se zbivaju pri sinterizaciji kao i pri brzom kaljenju tvrdih metala nužno je poznavati utjecaj vanjskog tlaka na fizička svojstva čistog kobalta. U tu svrhu smo, u suradnji s Institutom "Rade Končar" i tvornicom "Sintal" pristupili sistematskom ispitivanju promjena strukturnih, magnetskih i električnih svojstava čistog kobalta s tlakom. Posebno je ispitivana pretvorba metastabilne FCC α -faze u heksagonsku HCP β -fazu pri povišenim tlakovima. Preliminarni rezultati ukazuju da pogreške u slaganju, koje se javljaju u HCP fazi usporavaju transformaciju (rad.9).

1.4. Priprema slitine za metalne kontakte kod visokofrekventnih tranzistora snage

U okviru suradnje s Tvornicom poluvodiča RIZ-a, metodom indukcionog taljenja pripravljena je legura koncentracije: 95% Al, 4% Cu i 1% Si. Ta se legura upotrebljava za metalne kontakte kod VF tranzistora snage da bi se smanjio utjecaj elektromigracije i otapanje silicija u aluminiju, što dovodi do smanjenja pouzdanosti elemenata. Legura je naparena metodom trenutnog napanavanja i ispitivana je elektromigracija u uskim i tankim filmovima. Utvrđeno je da legura ima pedeset puta veće srednje vrijeme do otkaza u odnosu na aluminij. Zbog navedenog svojstva, upotrebom ove legure mogu se ostvariti kontakti veće pouzdanosti nego s čistim aluminijem.

2. Strukturna istraživanja spoja $(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})_2\text{Se}_3$ i superionskih vodiča $(\text{Cu}_{2-x}\text{Se})$

U prošloj godini završen je rad na sistemu Ga-In-Se. Odredjene su faze, parametri jediničnih ćelija i linearni koeficijenti termičkog rastezanja za pronadjene faze. Predložen je i fazni dijagram tog sistema. Kao karakteristika tog spoja pojavljuje se činjenica da su u području koncentracija, gdje prevladava indij, faze izostrukturne sa β - In_2Se_3 na svim temperaturama, te da je linearni temperaturni koeficijent istežanja ovisan o koncentraciji indija (rad 4).

Nastavljen je rad na sistemu Cu_{2-x}Se . Uočeno je da je nisko-temperaturna faza jako nestabilna na zraku već na sobnoj temperaturi a pogotovo na višim, te je ta pojava detaljno ispitana. U dobrom vakuumu uzorci su međutim vrlo stabilni. Vjerojatno je to i jedan od glavnih razloga zašto se rezultati pojedinih autora međusobno vrlo razlikuju (rad 3).

Metodama elektronske mikroskopije i difrakcije ustanovljeno je da nisko-temperaturna faza Cu_2Se karakterizirana je nadstrukturom s parametrima rešetke: $a = c \approx 12.30 \times 10^{-10}\text{m}$; $b = 40.70 \times 10^{-10}\text{m}$; $\delta = \alpha = \pi/2$; $\beta = 2\pi/3$, što ukazuje na mogućnost svrstavanja u monoklinski ili heksagonalni (romboedarski) sustav. Nadjeni su odnosi i orijentacije bridova nadćelije prema osnovnoj "fcc" ćeliji. Neslaganje rezultata drugih autora s našima moguće je objasniti njihovim nepotpunim eksperimentalnim podacima (koji su dobiveni metodama rendgenske difrakcije na prašku), ali i mogućim postojanjem politipova niskotemperaturne faze Cu_2Se . Naši rezultati nedvosmisleno ukazuju da se nadstruktura u fazi Cu_2Se gradi sredjivanjem kationa mobilnog podsistema u oktaedarske (b) i tetraedarske (d) položaje romboedarski deformiranog "fcc" skeleta imobilnog Cu-Se podsistema (strukture cink-sulfida). Sredjivanje vodi na slojevitú strukturu koja se može opisati nizom slaganja gustih ravnina duž smjera romboedarske deformacije.

Pri promjenama u sastavu faze Cu_{2-x}Se ($0 \leq x \leq 0.020$) nisu uočene promjene niti u strukturi niti u iznosima parametara nadćelije, pa zaključujemo da je niskotemperaturna faza Cu_{2-x}Se homogena u kompozicijskom intervalu ($0 \leq x \leq 0.020$).

Na osnovu navedenog izradjen je model strukture niskotemperaturne faze Cu_{2-x}Se kojim bi se moglo objasniti temperaturno razdvajanje promjena pri faznom prijelazu 1. reda kod Cu_2Se na dva, odnosno tri prijelaza kod uzoraka s povećanjem odstupanja od stehiometrijskog sastava ($0 \leq x \leq 0.020$) (rad 19). Ti su radovi izradjeni u suradnji s članovima Odjela fizike poluvodiča.

3. Ispitivanje mikrotvrdoće amorfniñ slitina i organskih kristala ozračenih neutronima

Na temelju izmjerene zavisnosti mikrotvrdoće o sastavu metal-metaloid amorfniñ slitina predložen je model koji objašnjava tu zavisnost (rad 11). Eksperimentalno je istraživana promjena mikrotvrdoće i strukture monokristala $n\text{-PQ}_n(\text{TCNQ})_2$ uzrokovana ozračivanjem neutronima visoke energije. Ti su radovi izradjeni u suradnji s članovima Odjela fizike metala II.

Objavljeni radovi

1. A.M.Tonejc, A.Bonefačić, X-ray line broadening study of splat-quenched Ag-Sn alloys, J.Mat.Sci.15(1980) 415-425
2. V.Franetović, M.Stubičar, A.Bonefačić, Electron-microscopic study of grain-size distribution function in splat-cooled aluminium, J.Mat.Sci.15(1980) 353-358
3. A.Tonejc, Phase diagram and some properties of Cu_{2-x}Se ($2.01 \geq 2-x \geq 1.75$), J.Mat.Sci.15(1980)3090-3094
4. A.Tonejc, S.Popović, B.Gržeta-Plenković, Phases lattice parameter and thermal expansion of $(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})_2\text{Se}_3$, $1 \geq x \geq 0$, between room temperature and melting point, J.Appl.Cryst.13(1980)24-30.

Radovi u tisku

5. K.Kranjc, D.Kunstelj and V.Marinković, Parallel moiré effect in electron micrographs of crystal sandwiches, I.moiré patterns as predicted by the theory, primljeno u tisak u Phys.Stat.Solidi (a)
6. K.Kranjc, D.Kunstelj and V.Marinković, Parallel moiré effect in electron micrographs of crystal sandwiches. II. Comparison of theory and experiment, primljeno u Phys.Stat.Solidi (a)
7. V.Franetović, D.Kunstelj and A.Bonefačić, The investigation of a new metastable η -HCP phase in the FCC region of Ag-Sn alloys rapidly quenched from the melt, J.Mat.Sci.poslano u tisak

Sudjelovanje na konferencijama

8. A.M.Tonejc, A.Tonejc and A.Bonefačić, Non-equilibrium phases in rapidly quenched Al-rich Al-Pt alloys, VII Jug.simpozij fizike kond.mater., Ohrid 15-19.Sept.1980., Fizika, Suppl.
9. A.Bonefačić, D.Dužević and A.Kirin. Influence of external pressure on the structural and magnetic properties of cobalt, ibid.
10. K.Kranjc, D.Kunstelj i V.Marinković, Novi efekt na moiré prugama koji se javlja u troslojnim kristalima. Zbornik radova, 3.Jug.simp.za EM, Beograd, 16-18.maja 1980.

11. M.Stubičar, T.Ivezić, E.Babić, Microhardness of Amorphous Ferromagnets
Proceèd. of the Conference on Amorphous Metallic Materials, Physics and
Applications, Vol.5, Ed.by P.Duhaj and P.Mrafko, p.317, "Veda" Publ.
House, Bratislava 1980.
12. D.Kunstelj, Strukturna svojstva Al-0.26at% Sn slitine na sobnoj i po-
višenim temperaturama, 3.Jug.Konf.o uporabi fizike, Bled, 1980.
13. M.Stubičar, SAXS Evidence for Spynodal Decomposition in Quenched
Al-4.5 pct Ag Alloy, Fifth Int.Conf.on Small Angle Scattering, Oct.
6-10,1980, Berlin (West)
14. D.Kunstelj, Strukturna svojstva Al-0.26at%Sn slitina na sobnoj i povi-
šenim temperaturama, 3.Jug.konf.o uporabi fizike, Bled, 1980.
15. A.Tonejc, Phase transition from low-temperature normal phase to high
temperature superionic phase in $Cu_{2-x}Se$ system studied by X-ray diffrac-
tion, 1980. Annual Conf.Cond.Matter Div.Europ.Phys.Soc.,Antwerpen,
9-11, April, 1980.
16. K.Kranjc, D.Kunstelj i V.Marinković, Moiré efekt na elektronsko-mikro-
skopskim slikama troslojnih kristala, XV Konf.Jug.centra za kristalo-
grafiju, Bor 4-6 Juna 1980.
17. M.Stubičar, M.Miljak, O.Milat, J.Cooper and S.Muštra, Microhardness
and X-ray Diffraction studies of N-Propyl Quinilinium (TCNQ)₂ Crystals
after Neutron irradiation, 1980. Annual Conf.of the CMD of the EPS,
Antwerpen, April,9-11,1980 (vidi izvještaj Odjela FM-II)
18. D.Hace, Z.Špehar i D.Kunstelj, Utjecaj ultrazvuka i emulgatora na
procjenu veličine čestica i raspodjelu emulzijskog PVC praha, 7.Jug.
simp.o kemiji i tehnologiji makromolekula, Opatija 1980, Sinopsis, str.191
19. O.Milat, Z.Vučić, V.Horvatić, Z.Ogorelec, Detection of Cation Disordering
in $Cu_{2-x}Se$ by Means of Electron Microscopy, Annual Conference of Condensed
Matter Division EPS, Antwerpen, Belgija, 9-11.4.1980.

Doktorski radovi

20. A.M.Tonejc, "Istraživanja brzo kaljenih slitina s bazom Ag i Al metodama
rendgenske i elektronske difrakcije", PMF,Zagreb,1980.

ODJEL FIZIKE METALA II

Rukovodilac odjela:

BORAN LEONTIĆ, doktor fiz.nauka, red.profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni savjetnik

Znanstveni suradnici:

EMIL BABIĆ, doktor fiz.nauka, izv.profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - viši znan.suradnik

JOHN COOPER, doktor fiz.nauka - viši znan. suradnik

DANIJEL DJUREK, doktor fiz.nauka - znan.suradnik

KATICA BILJAKOVIĆ, magistar fiz.nauka - znan.asistent

AMIR HAMZIĆ, doktor fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, znan.asistent

BOJANA HAMZIĆ, dipl.ing.fiz. - struč.suradnik

RUDOLF KRSNIK, doktor.fiz.nauka, doc. PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

ŽELJKO MAROJNIĆ, magistar fiz.nauka - znan.asistent

MARKO MILJAK, magistar fiz.nauka - znan.asistent

JAGODA LUKATELA, magistar fiz.nauka - znan.asistent

MIROSLAV OČKO, magistar fiz.nauka - asist.VA KoV - znan.asistent

JASNA B.-RUBČIĆ, doktor fiz.nauka, docent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.suradnik

ANTUN RUBČIĆ, doktor fiz.nauka, doc. PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

MLADEN PRESTER, dipl.ing.fiz.-struč.šuradnik

SILVIA TOMIĆ, dipl.ing.fiz. - struč.suradnik

IGOR ZORIĆ, doktor fiz.nauka, zn.asist.PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

Tehnički suradnik:

MILAN SERTIĆ, v.tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

1. Fizika metala

U fizici metala paralelno su istraživana elektronska i magnetska svojstva amorfni i kristalnih slitina. Pritom su posebno intenzivirana istraživanja magnetskih svojstava. Težište interesa je i nadalje na amorfni sistemima iz razloga koji su navedeni u prethodnom izvještaju. Iako postoje velike razlike između amorfni i kristalnih slitina većina istraživanja na tim sistemima bila su komplementarna i sa istim ili slični ciljevima. Tako su na primjer istovremeno proučavane kristalne slitine plemenitih metala i prelaznih metala u području oko perkolacione granice kao i amorfne slitine u istom području. U oba slučaja nastojalo se doprinijeti razumijevanju nastanka feromagnetizma i prirode razrijedjenih feromagneta. Feromagnetizam je i inače bio u žarištu istraživanja i kod amorfni i kristalnih slitina. Dok su kod kristalnih slitina proučavani (uz prethodno spomenute) jednostavni feromagnetski model-sistemi tzv. Heuslerove slitine kod amorfni slitina proučavane su pretežno feromagnetske slitine tipa metal-metaloid koje imaju značajne mogućnosti praktične primjene te se već komercijalno proizvode u više razvijenih zemalja. U oba slučaja sistematska istraživanja transportnih svojstava kompletirana su mjerenjima magnetskih svojstava u suradnji sa drugim laboratorijima ili razvojem vlastitog instrumentarija.

Poseban napredak načinjen je u istraživanju amorfni slitina tipa prelazni metal-prelazni metal. To je novi tip amorfni slitina i osobito interesantan za praktične primjene (supravodljivost, feromagnetizam, uskladištavanje vodika kao i za razumijevanje prirode amorfni stanja (zbog odsustva metaloida). Sistematski su istraživana transportna i magnetska svojstva amorfni slitina tipa $Zr_{1-x}M_x$ ($M=Fe, Co, Ni, Cu$) kao i utjecaj dopiranja vodikom na magnetska i transportna svojstva istih slitina.

1.1. Amorfne slitine

a) Amorfni sistemi tipa prelazni metal-metaloid

Sistematski su istraživani slijedeći sistemi: $Fe_{1-x}B_x, Fe_{80-x}B_xSi_{20-x}, Fe_xNi_{75-x}B_{25}, Fe_xNi_{80-x}B_{20}, Fe_xNi_{85-x}B_{15}$ (u toku), $Fe_xNi_{80-x}B_{18}Si_2, Fe_xNi_{80-x}B_6P_{14}, Fe_xCo_{78-x}B_{12}$ (u toku) i $Co_xNi_{78-x}B_{12}Si_{10}$ (u toku). Ciljevi tih istraživanja bili su slijedeći:

- priroda magnetizma u amorfnim slitinama
- razumijevanje magnetskog doprinosa električnom otporu amorfnih feromagneta
- porijeklo minimuma u električnom otporu tih slitina

Razumijevanje prirode magnetizma u amorfnim slitinama usko je povezano sa istraživanjem kritičnog ponašanja u blizini Curieve temperature. Zbog toga su ranije započeta proučavanja električnog otpora i specifične topline u okolini Curieve temperature nekih amorfnih feromagneta proširena na niz novih amorfnih slitina. Također su i započeta mjerenja inicijalne magnetske susceptibilnosti u malim izmjeničnim magnetskim poljima kao i magnetizacije istih slitina u okolini Curieve temperature. Cilj tih istraživanja je da se dobije konzistentni skup kritičnih eksponenata koji bi omogućio bolje razumijevanje prirode magnetizma u tim slitinama. Po prvi put dobivene točne vrijednosti kritičnog eksponenta α (iz električnog otpora) za "prave" amorfne feromagnete jednake su onima u kristalnim elementarnim feromagnetima dok je u području "razrijedjenog" feromagnetizma opažena sistematska promjena "kritičnog" eksponenta u smislu "razmazivanja" prijelaza iz feromagnetskog u paramagnetsko stanje. Slična sistematska promjena uočena je i u "kritičnom" eksponentu β dobivenom mjerenjem inicijalne susceptibilnosti. Paralelna mjerenja magnetizacije i inicijalne susceptibilnosti omogućila su provjeru teorijske relacija koja povezuje kritične eksponente α (magnetizacija), β i δ (ovisnost magnetizacije o magnetskom polju na Curievoj temperaturi) u slučaju amorfne $\text{Fe}_{15}\text{Ni}_{65}\text{B}_{18}\text{Si}_2$ slitine.

Nasuprot ranijim spekulacijama magnetsko uredjenje bitno utječe također i na transportna svojstva amorfnih (strukturno neuredjenih) slitina. To je prirodno jer specifična elektronska struktura uzrokuje magnetizam a također i utječe na sva elektronska svojstva. Ipak to je po prvi put dokazano tek protekle godine sistematskim istraživanjima $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{B}_{20}$, $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{B}_6\text{P}_{14}$ i $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{B}_{18}\text{Si}_2$ slitina. Ukratko pokazano je da postoji bitna razlika između ponašanja električnog otpora paramagnetskih i feromagnetskih amorfnih slitina. Dok paramagnetske slitine pokazuju normalno ponašanje napr. električni otpor proporcionalan temperaturi u širokom području temperatura kod feromagnetskih

amorfnih slitina postoji specifična pozitivna zakrivljenost otpora (do Curieve temperature) slična onoj u kristalnim feromagnetima. Mjerenjem magnetizacije amorfnih $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{B}_{18}\text{Si}_2$ ustanovljena je uska povezanost temperature ovisnosti magnetizacije i magnetskog doprinosa električnom otporu.

Dok na niskim temperaturama bitan doprinos temperaturnoj ovisnosti električnog otpora dolazi od elektron-magnon raspršenja na višim temperaturama električni otpor slijedi kvadrat magnetizacije.

Porijeklo minimuma u električnom otporu nekih amorfnih slitina sa prelaznim metalom i metaloidom još nije razjašnjeno. Obzirom da se takav minimum javlja u svim našim slitinama (para- i feromagnetskim) taj problem posebno jasno pokazuje nedovoljno razumijevanje transportnih procesa u amorfnim metalima. Naši rezultati i dalje ukazuju na odlučujući utjecaj prelaznog metala na pojavu minimuma u otporu amorfnih slitina međutim novija istraživanja nedvojbeno ukazuju na postojanje tunelirajućih stanja kao osnovnog tipa niskoenergetskih pobudjenja (defekata) u amorfnim slitinama. Zbog toga je i dalje neophodno istraživati vezu između tunelirajućih stanja i niskotemperaturnih električnih otpora. Nažalost priroda tih stanja još nije jasna a također i eksperimentalni rad na direktnim provjerama napr. gustoće tunelirajućih stanja pomoću ultrazvuka nije još proveden na našim slitinama. Uz sistematsko istraživanje niza slitina da bi se našle opće zakonitosti minimuma u otporu učinjen je i pokušaj da se odredi eventualni utjecaj metaloida (fizikalna pozadina defekata) na minimum u otporu $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_{10}$ slitina pažljivim pripremanjem slitina sa različitim izotopima metaloida (B^{10} odnosno B^{11}). Eksperiment nije pokazao nikakvu značajniju razliku u ponašanju niza slitina dviju vrsta što znači da ili metaloid ne igra ulogu defekata, ili da su parametri tunelirajućih stanja suviše nepovoljni da bi se ta razlika uočila.

b) Amorfne slitine tipa prelazni metal-prelazni metal

Iz ranije spomenutih razloga započeto je vrlo intenzivno istraživanje prelazni metal-prelazni metal amorfnih slitina. Sistematski su istraživani električni otpori, magnetska susceptibilnost i supravodljivost amorfnih $\text{Zr}_{1-x}\text{M}_x$ ($\text{M}=\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$) slitina. Korištenjem postojećih rezultata mjerenja elektronskih struktura nekih od ovih slitina dobivena je prilično cjelovita slika supravodljivosti u $\text{Zr}_{1-x}\text{Ni}_x$ slitinama. Veliku zaslugu za to imala su paralelna mjerenja magnetske susceptibilnosti istih slitina. Vrlo interesantni zaključci dobiveni su uspoređivanjem slitina cirkonija sa približno istim koncentracijama prelaznih metala prvog niza. Ustanovljen je snažan porast magnetske susceptibilnosti u $\text{Zr}_{1-a}\text{M}_a$ slitinama idući od Cu prema Fe. To ukazuje na znatnu razliku u magnetskom stanju ovih slitina vjerojatno uzrokovanu hibridizacijom d-orbitala prelaznog metala (Fe, Co) i metala matrice. Također i rezidualni otpori ovih slitina pokazuju sličnu tendenciju što pokazuje puno veću vezu magnetskih i transportnih svojstava nego što slijedi

iz pojednostavljene Zimanove teorije. Detaljna proučavanja magnetske susceptibilnosti svih ovih sistema koja su u toku zacijelo će pomoći boljem razumijevanju elektronskih struktura i transportnih svojstava ovih slitina.

Izuzetno interesantan je rad na proučavanju utjecaja vodika na transportna i magnetska svojstva $Zr_{1-x}Ni_x$ slitina. Ova istraživanja usko su povezana sa mogućim primjenama amorfnih slitina za uskladištenje vodika. Osim toga utjecaj vodika kao primjese kako na transportna svojstva tako i na ostale osobine ovih materijala ukazuje na mogućnost detaljnog proučavanja relacija i medjuutjecaja topološke strukture osnovnog sistema i vodika kao vrlo jednostavnog objekta interakcije, te rezultirajućeg utjecaja na gustoću elektronskih stanja u složenom sistemu. Rezultati ispitivanja već su pozitivni i nastaviti će se s povećanim naglaskom u narednom periodu. U neposrednoj budućnosti prići će se usavršavanju metoda eksperimentacije i interpretacije rezultata.

1.2. Kristalne legure

Najveći dio rada na legurama s prelaznim metalima bio je posvećen proučavanju različitih vrsti magnetskog uredjenja na niskim temperaturama. Takva istraživanja bila su do sada uglavnom vršena direktnim magnetskim mjerenjima (susceptibilnost), a dobiveni rezultati su ponekad vodili na nepotpune i pogrešne rezultate. Pokazalo se da se proučavanjem izotropnog magnetootpora mogu dobiti dodatne i precizne informacije o karakteru magnetskog uredjenja, i takva mjerenja u legurama PdFe, PdCo, PdMn, PtFe i PtMn pokazala su formiranje tri tipa uredjenja zavisno o koncentraciji primjesa:

U feromagnetskim legurama doprinos otporu zbog neuredjenih spinova opada s temperaturom (ispod T_c) i isčezava za $T = 0$ K. Na $T=0$ K, svi momenti su paralelni, te primjena vanjskog magnetskog polja ne mijenja lokalno uredjenje (unutar domena), tj. nema promjena otpora. Na višim temperaturama (i za $T < T_c$) vanjsko polje zamrzava magnone i smanjuje elektron-magnon raspršenje, što rezultira negativnim magnetootporom. Ovakvo ponašanje ustanovljeno je u legurama PdFe (za $c > 0.15$ at%) te u PdCo i PtFe (za $c > 3at\%$).

Snižavanjem koncentracije primjesa dolazi do postepenog gubljenja feromagnetskog karaktera legura, a postojanje jakog negativnog magnetootpora (i na $T = 0$ K) indicira da ni na $T=0$ K svi momenti nisu posve paralelni, tek primjena jakog magnetskog polja dovodi do potpunog usmjeravanja svih spinova.

Postojanje ovakvog kvaziferomagnetskog uredjenja moguće je iz više razloga: u legurama PtFe i PdCo ($c \leq 3$ at%) uzrok su interakcije orbitalnog magnetskog momenta primjese s kristalnim poljem, a magnetska polja za saturaciju magnetootpora su $\sim 3T$. U legurama PdMn ($c \leq 4$ at%) saturacija momenta moguća je s mnogo većim poljima ($H \sim 7T$) što ukazuje na postojanje jakog antiferomagnetskog vezanja medju primjesama.

Kvaziferomagnetsko uredjenje postoji do određene kritične koncentracije (c_k), ispod koje su momenti potpuno nasumce rasporedjeni, tj. postoji uredjenje spinskog stakla. Za PtFe legure nadjeno je da je $c_k = 0.9$ at%, te da je prijelaz u spinsko staklo prijelaz drugog reda. Za PdCo legure $c_k = 0.1$ at%. Za spinska stakla magnetootpor je negativan ($\propto H^2$), ali nije saturiran ni sa veoma visokim poljima ($> 30T$). Ovakvo ponašanje nadjeno je u PdMn i PtMn legurama za $c \leq 4$ at%.

Korištenjem izotropnog magnetootpora kao eksperimentalne tehnike istraživanja kvaziferomagnetskog uredjenja proširena su i na AuFe sistem (sa $c = 20$ at%) gdje je takodjer utvrđeno njegovo postojanje.

Izvršena su i ispitivanja magnetostrikcije PdFe i PdCo legura. Za primjese koje posjeduju orbitalni magnetski moment (u našem slučaju PdCo) postoji značajna razlika magnetostrikcija mjerenih paralelno i okomito na smjer vanjskog polja. Dobiveni rezultati potvrdili su prethodne zaključke naših galvanomagnetskih mjerenja.

Takodjer su upotpunjeni rezultati za termostruje Heusler legura: nakon Pd₂MnSn ($T_c = 189K$) i Ni₂MnSn ($T_c = 344K$) ispitivana je termostruja legure Cu₂MnAl ($T_c = 630K$). Za sve ove legure karakteristično je da temperaturna varijacija $S(T)$ pokazuje jaki minimum za $T = T_c$, te dobro definiranu promjenu nagiba na $T = T_c$. Takvo ponašanje postoji i kod elementarnih feromagneta (Fe, Co, Ni), medjutim za razliku od tih feromagneta, termostruje Heusler legura imaju istu ovisnost o reduciranoj temperaturi (T/T_c), a minimum se uvijek pojavljuje za $T = 0.4T_c$. Obzirom da su ove legure idealni lokalizirani spinski feromagnetni, dobivena $S = f(T/T_c)$ krivulja bi se mogla smatrati univerzalnom krivuljom karakterističnom za svaki feromagnet s lokaliziranim momentima.

2. Fizika nemetala

2.1. Kvazi jednodimenzionalni vodiči

a) Magnetska svojstva

U prvoj polovini godine završene su modifikacije uređaja za Faraday-evu metodu mjerenja susceptibilnosti koje su bile započete u 1979.g. Krajem godine ponovno je uređaj korišten za mjerenja na organskim vodičima kao i na amorfnim metalima. Dodatne zavojnice su zračnim rasporedom montirane za mjerenja magnetizacije supervodiča i eventualno mekanih magneta kod niskih (0-0.16T) polja.

Rad grupe na problemima magnetskih osobina linearnih lančanih vodiča je opisan u uvodnom predavanju na konferenciji u Helsinku-u.

Općenito polje rada na organskim vodičima i dalje je od velikog interesa u svijetu. Jedan zanimljiv novi razvoj je mogućnost konkurentne pojave spinsko-valnih nestabilnosti tj. nesumjerljivog antiferomagnetizma i supervodljivosti u $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ i srodnih materijala. S ovim i sličnim pokusima u vidu sastavili smo jednostavnu torziju vagu koja daje direktni iznos neizotropije u susceptibilnosti monokristala. Očekujemo važne rezultate u sistemima koji pokazuju antiferomagnetsko uređenje, u onima koji posjeduju Landau magnetizam koji nastaje iz neizotropije elektronskih vrpca i moguće kod anomalnog diamagnetizma induciranog neutronske zračenjem. U ovom času (početak 1981) aparatura je u radnom stanju i funkcionira od 77K do sobne temperature.

b) Transportna svojstva

Magneto otpor HMTSF-TCNQ je temeljito proučavan od 14K do 30K u magnetskim poljima do 8T korištenjem supervodljivog magneta. Kutna ovisnost magneto-otpora je mjerena direktno rotacijom kristala kod temperature tekućeg helija. Magneto otpor je također mjereno kod visokih polja ($\sim 1 \text{ V/cm}$) korištenjem pulseva od oko $10 \mu\text{s}$. Ovime se željelo istražiti postojanje nelinearnog doprinosa vodljivosti od valova gustoće naboja. Očekujemo da će se ova tehnika moći primijeniti i kod povoljnijih materijala (napr. NbSe_3) u toku ove (1981) godine.

c) Dielektrička i termička svojstva kvazijednodimenzionalnih vodiča

Tokom 1980. godine izvršena su mjerenja specifične topline i termičke vodljivosti sistema NbSe_3 . Pokazano je da se dio elektrona kondenzira pri likom prijelaza Peierlsove temperature i određeno je koji je to dio. Definitivno je potvrđeno da val gustoće naboja /CDW/ ima dominantnu ulogu u vodjenju u tom materijalu.

U svrhu tih mjerenja poboljšana je metoda mjerenja specifične topline i termičke vodljivosti. Pokazano je koje prednosti ima metoda mjerenja termičke vodljivosti u odnosu na druge metode primijenjena na isti uzorak.

d) Ostala mjerenja

U suradnji s kolegama iz Odjela FM-1 ispitana je mikrotvrdoća ponašanja pod kemijskim jetkanjem i kristalna struktura uzoraka n-propis $\text{Qn}(\text{TCNQ})_2$ ozračenih neutronima. Nadjena je povećana mikrotvrdoća i znatne promjene u ponašanju pod kemijskim jetkanjem. Na mjerenja raspršenja X-zraka upotrebom Weissenbergove komore nisu pokazala promjene u konstanti kristalne rešetke. Ova posljednja mjerenja pomogla su u interpretaciji transportnih mjerenja transportnih svojstava i magnetske susceptibilnosti ovih spojeva.

3. Eksperimentalne tehnike

3.1. Mlin za proizvodnju metalnih stakala

Nastavljen je rad na konstrukciji mlina za ultrabrzo kaljenje u vakuumu sa varijabilnom temperaturom substrata. Visokofrekventni generator morao je biti modificiran uvodjenjem trofaznog ispravljanja. Isto tako vakuumska komora zamijenjena je manjom a doček trake biti će ostvaren novom tehnikom planetarnog kolektora. Postoje znatne teškoće oko nabavke dijelova i materijala, ali postoji nada da će većina opreme proraditi tokom 1981. godine.

3.2. Argonska peć

Argonska peć započeta tokom 1980. g. je završena.

Objavljeni radovi:

1. A.Hamzić, S.Senoussi and I.A.Campbell, Breakdown of Ferromagnetic Order in Dilute Alloys, J.Phys.F: Metal Phys.10(1980)L 165-169
2. S.Senoussi, A.Hamzić and I.A.Campbell, The Influence of Magnetic Ordering on the Resistivity of PdMn Alloys, J.Phys.F: Metal Phys.10(1980)1223-1229
3. A.Fert and A.Hamzić, Hall Effect from Skew Scattering by Magnetic Impurities, Hall Effect and Its Applications, eds.C.L.Chien and C.R.Westgate(1980) 77-98, Plenum Press,New York
4. M.Miljak, B.Korin, J.R.Cooper, K.Holczer and A.Janossy, Low temperature magnetic susceptibility of quasi one-dimensional conductors, Journ. de Physique 41,639-646(1980)
5. D.Djurek, M.Prester, Temperature Pulse Storage by the Use of Simple Memory Device, J.Phys.E:Sci.Instrum.13,1980,1265
6. S.Tomić, K.Biljaković, D.Djurek, J.Cooper, P.Monceau, I.Rouxel, J.Meerschaut, Calorimetric properties of NbSe₃, Solid State Commun.38,1980,109
7. E.Babić, The Electrical Properties of Amorphous Materials, pozvano predavanje, V.Int.Symp.High Purity Materials in Sci.and Techn.Dresden (1980) Akademie der Wissenschaften der DDR, Teil III p.67

Radovi u tisku:

8. A.Hamzić, R.Asozoza and I.A.Campbell, The transport properties of Heusler alloys: "Ideal" local moment ferromagnets, J.Phys.F.
9. J.R.Cooper, M.Miljak and B.Korin, Magnetic Susceptibility Measurements in Organic Conductors, pozv.predav.,Conference in low Dimensional Synthetic Metals, Helsingør,Denmark, August 1980, bit će objavlj.u Chemica Scripta.
10. J.R.Cooper, The Influence of Defects on the Magnetic Susceptibility and other Properties of Organic Conductors pozv.pred.R.C.P. Konf.,Montpellier, Febr.1980.
11. D.Djurek, Accurate Thermal Resistivity Measurements of Small Brittle Samples, J.Phys.E: Sci.Instrum.
12. D.Djurek, S.Tomić, Thermal Conductivity of NbSe₃,Phys.Letters
13. D.Djurek, M.Prester, Precise Dielectric Constant Measurements in Nonlinear Regime, J.Phys.E: Sci.Instrum.

14. G.Creuzet, A.Hamzić and I.A.Campbell, Shape magnetostriction in Pd based alloys and in Pd metal, Solid St.Comm.

Sudjelovanje na konferencijama:

15. E.Babić, Ž.Marohnić, B.Fogarassy, T.Kemeny, A.Lovas, Resistivity minima in $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{75}\text{B}_{25}$ metallic glasses, Proc.Conf.on Met.Glasses, Budapest, June 30 - July 4, 1980.
16. E.Babić, M.Očko, Ž.Marohnić, A.S.Schaafsma and I.Vincze, Magnetic Resistivity of $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{P}_{14}\text{B}_6$ alloys, Int.Conf.on Liquid and Amorphous Metals, 7-11 July, Grenoble, J.Physique 41,C8(1980)473
17. A.Hamzić, E.Babić and Ž.Marohnić, Magnetoresistance of Fe-Ni amorphous alloys, *ibid.*p.694
18. A.Hamzić, Ž.Marohnić, E.Babić and J.Ivkov, The Hall Effect and Magnetoresistivity of Amorphous Metallic Materials, Physics and Application, eds.P. Duhaj and P.Mrafko, 5(1980)159-164, Veda, Bratislava
19. B.Korin, J.R.Cooper, M.Miljak, A.Hamzić and K.Bechgaard, Magnetoresistance of HMTSF-TCNQ, Int.Conf.on Low Dimensional Synthetic Metals, Helsinghör, Denmark, August 1980, *Chemica Scripta* 17,1981
20. S.Tomić, K.Biljaković, D.Djurek, Colorimetric Study of the Phase Transitions NbSe_3 , *ibid.*, p.530
21. E.Babić, K.Šaub, Ž.Marohnić, M.Očko and A.Lovas, Electrical Resistivities of Amorphous $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{100-x})_{75}\text{B}_{25}$ Alloys, VII Jug.simp.fizičara kond.materije, 15-20.9.1980.Ohrid,Fizika suppl.
22. E.Babić, R.Krsnik, H.H.Lieberman, Electrical resistivities of $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{B}_{18}\text{Si}_2$ alloys, Proc.1980. Annual Conf.Cond.Matt.Div.European Phys.Soc.,Antwerpen, 9-11.April 1980
23. M.Stubičar, M.Miljak, O.Milat, J.R.Cooper and S.Muštra, Microhardness and X-ray Diffraction Studies of n-propyl $\text{Qn}(\text{TCNQ})_2$ Crystals After Neutron Irradiation, EPS Condensed Matter conf., Antwerpen, April 1980 (vidi izvj. Odjela FM-1)

24. E.Babić, Ž.Marohnić, M.Očko, A.Hamzić, K.Šaub, B.Pivac, Proc.Int.Magn. Conf., Munich, Sept.1979 (nije bilo objavlj.u izvj.za 1979),
Transport Properties of Fe-Ni Glasses, J.of Mag.and Mag.Mat.15-18(1980)934
25. E.Babić, B.Fogarassy, T.Kemeny, Ž.Marohnić, K.Šaub, Curie Point Anomalies in Metallic Glasses, ibid.p.249
26. J.R.Cooper, L.Nonveiller, P.J.Ford and J.Mydosh, Thermopower of Concentrated Spin-glasses Revisited, ibid.p.181
27. A.Hamzić, S.Senoussi, I.A.Campbell and A.Fert, Orbital Magnetism of Transition Metal Impurities in Platinum, Proc.Int.Magn.Conf.,Munich,Sept.1979, J.Mag.Magn.Mat.15-18(1980)921-922 (objavljeno u izvj.za 1979.god.)
28. M.Miljak, B.Korin, J.R.Cooper, K.Holczer, G.Grüner and A.Janossy, Low temperature magnetic susceptibility of some quasi one dimensional organic conductors, ibid.p.219-220

Stručni radovi:

29. D.Djurek, Tehnologija i ekonomičnost proizvodnje permanentnih magneta na bazi kobalt samarida,(Studija u suradnji sa ETI "Rade Končar)
30. M.Prester, D.Djurek, Uredjaj za precizno mjerenje električnog kapaciteta (prijavljeni pronalazak)
31. D.Djurek, Metoda brzog odredjivanja poroznosti poliesterskih konstrukcija (prijavljeni pronalazak)
32. D.Djurek, S.Tomić, Vakuumeterska mikrosonda (ibid)
33. D.Djurek, M.Prester, Generator pravokutnih impulsa sa brzim porastom (ibid)

Diplomski, magistarski i doktorski radovi:

34. T.Ozretić, Električni otpor AuFe legura iznad perkolacione koncentracije, dipl.rad,PMF,Zagreb,1980.
35. D.Vaupot, Kontrolirano uvodjenje vodika kao primjese u metalna stakla, dipl.rad,PMF,Zagreb,1980.
36. Đ.Drobac, Mjerenje inicijalne susceptibilnosti nekih amorfnih feromagneta u slabijim izmjeničnim poljima, dipl.rad,PMF,Zagreb,1980.
37. Ž.Marohnić, Transportna svojstva amorfnih feromagneta, Mag.rad.Sveuč.Zgb,1980.
38. A.Hamzić, Etude par mesures de transport du magnetisme d'impuretes de metaux de transition dans l'or, le palladium et le platine: asymetries de diffusion, ordre magnetique, Orsay,1980,teza.

ODJEL OPTIČKA SVOJSTVA KRISTALA

Rukovodilac odjela:

MLADEN PAIĆ, doktor fiz.nauka, red.profesor u.m.,
znanstveni savjetnik, akademik

Znanstveni suradnici:

VALERIJA PAIĆ, doktor medic.nauka, izv.profesor u.m.,
viši znanstveni suradnik

Tehnički suradnik:

VILKO PETROVIĆ, viši tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

(1) Redigiran je članak: M.Paić and V.Paić, "Diffuse reflectance spectra and polymorphism of mercury (ii) iodide" i poslan u štampu.

Glavni rezultati dobiveni istraživanjem tog spoja već su bili navedeni u prošlogodišnjem izvještaju. Dodali bismo ovdje podatak da smo mogli svakoj modifikaciji spoja pripisati energiju koja se pojavljuje u Boltzmannovom faktoru. Od interesa će biti ustanoviti daljnjim istraživanjima dali je energija Boltzmannovog faktora općenito karakteristična za pojedine modifikacije čvrstih spojeva ili je to samo svojstvo živa (II) jodida.

(2) Osim redakcije publikacije od živa (II) jodida, intenzivno se radilo na kompleksnom spoju Ag_2HgI_4 . To je neobično interesantan spoj kojemu su ispitivani spektri difuzne reflektancije od približno 5K do 400 K.

Učinjeno je preko stotinu spektara, koji su se proučavali s različitih stanovišta. Dobiveni, preliminarni, rezultati pokazuju da taj spoj ima više modifikacija negoli je dosad bilo poznato, te da s obzirom na promjenu temperature pokazuje interesantnu pojavu histereze. Dosadašnji rezultati nisu još definitivni pa ih ne bismo ovdje navodili.

Rad, poslan u štampu: M.Paić and V.Paić, Diffuse reflectance spectra and polymorphism of mercury(ii) iodide.

ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA

Rukovodilac odjela:

GORAN PICHLER, doktor fiz.nauka - viši znanstveni suradnik

Znanstveni suradnici:

KREŠIMIR ACINGER, doktor elektro-tehn.nauka - profesor Više
škole za cestovni saobraćaj

ROBERT BEUC, dipl.ing.fiz. - stručni suradnik-pripravnik

NAZIF DEMOLI, dipl.ing.fiz.- stručni suradnik-pripravnik

VLADIMIR LOKNER, dipl.ing.fiz. stručni surad. (do 30.4.1980)

MLADEN MOVRE, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

KREŠIMIR PAVLOVSKI, stručni suradnik Opserv.Hvar(u JNA do 1.9.1980)

VLADIMIR RUŽDŽAK, doktor fiz.nauka, znanstveni suradnik Opserv.Hvar

ČEDOMIL VADLA, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

DAMIR VEŽA, dipl.ing.fiz. - stručni suradnik (od 1.7.1980. u JNA)

VLADIS VUJNOVIĆ, doktor fiz.nauka - viši znanstveni suradnik

DALIBOR VUKIČEVIĆ, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

Tehnički suradnik:

ZDENKO VOJNOVIĆ, v.tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

1. Interakcija atoma i širenje spektralnih linija

Zaokružena je cjelina vezana uz problem rezonantne interakcije alkalij-skih atoma. Na temelju poznatih potencijalnih krivulja i kvazimolekularnih jakosti oscilatora za prijelaze iz osnovnog stanja u prva pobudjena stanja dalekodosežnih alkalij-skih homonuklearnih dimera, konstruiran je teorijski kvazistatički profil rezonantnih alkalij-skih linija. Teoretskim profilima objašnjena je pojava satelita, nesimetrija linija u području iza satelita, kao i mala nesimetrija u bliskom krilu prije satelita. (ref.1)

U sklopu teorijskih računa kvazistatičkih krila rezonantnih linija proširenih vlastitim pritiskom, sateliti na unutrašnjim krilima prikazani su singularnom točkom. Usljed konačnog vremena trajanja sudara atoma singulariteti su prošireni u satelitske difuzne vrpce. Primijenili smo jednu nedavno objavljenu teoriju profila satelita u adijabatskoj aproksimaciji sa eksperimentalnim profilima unutrašnjih satelita u slučaju rubidija i cezija. Modificirana kvazistatička aproksimacija za opis profila satelitske vrpce pokazuje se vrlo ovisna o preciznom poznavanju potencijalnih krivulja interakcije. Budući da adijabatska teorija uvijek reproducira razlučeni vrh satelita, a eksperiment s rubidijem pokazuje nerazlučeni vrh, zaključujemo da neadijabatski procesi takodjer igraju ulogu znatne važnosti u formiranju detalja satelitske vrpce (ref.2).

Mjerenje apsorpcionog i emisionog spektra u dalekom plavom krilu vlastitim pritiskom proširenih natrijevih D linija uz korištenje ab initio proračuna za interakciju dva natrijeva atoma omogućilo je interpretaciju difuzne vrpce - satelita na 551,5 nm. Pokazali smo da je satelit posljedica maksimuma u razlici potencijalnih krivulja $c^3 \Pi_g - x^3 \Sigma_u^+$. Time je eksperimentalno verificirano postojanje tripletnog sistema potencijalnih krivulja koje čine egzimerski sistem. Ab initio računima predviđen položaj satelita razlikuje se od eksperimentalno utvrđenog, ali neslaganje je unutar 5% netočnosti teoretskih potencijalnih krivulja. Rad je proveden u suradnji s Tvornicom električnih žarulja u Zagrebu (ref.3).

Pomoću argonskog lasera u "single-frequency", "single-mode" režimu izazvane su strukturirane difuzne vrpce u cezijevim parama. Pokazalo se da laserska linija od 488 nm optimalno pobudjuje cezijeve molekule na fluorescenciju. Difuzna vrpca kod 610 nm pokazala je dodatnu strukturu zahvaljujući uskoj laserskoj liniji (pribl. 50 MHz). Dano je teorijsko objašnjenje pomoću modela

interakcijskih krivulja za cezijevu molekulu s pretpostavljenim prijelazima između vezanog u slobodno stanje, pri čemu razlika potencijalnih krivulja gornjeg i donjeg stanja posjeduje maksimum (ref.4 i 21). Rad je bio iniciran u suradnji s fizičarima iz SÅD. U okviru našeg laboratorija rad je nastavljen u nešto izmijenjenim uvjetima, koji omogućuju mjerenje fluorescencije na različitim temperaturama uz konstantni tlak atoma. Preliminarna mjerenja ukazuju da disocijativni nivo za obje vrpce ustvari $7s+6s$ nivo, što predstavlja kombinaciju termova gdje je optički prijelaz zabranjen.

Korištenjem poznatih atomskih parametara za atome alkalija, dan je doprinos u rješavanju kinetičke jednadžbe prijenosa zračenja za doplerovski i disperzioni profil linije. Pretpostavlja se optička pobuda konačnog volumena u kojemu ujedno dolazi i do gušenja pobude. Primijenjena je metoda efektivnih vremena života, koje je definirao Biberman. Rješenje problema nalazi svoju primjenu pri analizi mjerenja intenziteta rezonantnog zračenja (ref.5).

Metodom fotoekscitacije ispitivano je gašenje visokih, Rydbergovih stanja u rubidiju, u toku procesa s termalnim sudarima. Ispitivanje je provodjeno pomoću apsorpcijske ćelije i uz mjerenje struje ionizacije. Analiza eksperimentalnih podataka (proporcionalnost izlazne struje s jakošću pobudne svjetlosti, te porast struje s kvadratom tlaka tj. koncentracije čestica) pokazala je, da je najutjecajniji proces binami sudar između pobudjenog i nepobudjenog atoma, koji vodi asociativnoj ionizaciji. Odredjeni su koeficijenti brzine asociativne ionizacije i uspoređeni s najnovijim teoretskim proračunima, pokazujući bitno slaganje i time potvrđujući model tzv. rezonantne izmjene naboja. Pojava struje u ovisnosti o energiji fotona omogućila je procjenu energije ionizacije rubidijeve molekule od 3,96 eV, a energije disocijacije ionizirane rubidijeve molekule od 0,72 eV (ref.6).

Razradjena je metoda grafičkog odredjivanja pravog ukupnog intenziteta i prave poluširine Lorentzove komponente optički tankog linijskog profila Voigtovog tipa. Izračunate su popravke za ukupni intenzitet linije i Lorentzovu poluširinu kao i korekcija intenziteta kontinuumske pozadine, kao funkcija proizvoljno odredjene kontinuumske pozadine. Računi su provedeni za $\alpha > 1.4$ gdje se Voigtova funkcija može dobro aproksimirati jednostavnim razvojem u red. Pretpostavljeno je da je poluširina Dopplerove komponente poznata (ref.7).

Intenzivirana su spektroskopska istraživanja u parama čistih alkalija i njihovih mješavina. Posebice su eksperimentalno i teorijski obradjeni profili u dalekim krilima prvih rezonantnih linija kalija proširenih cezijem. Uslijed kalij-cezij interakcije obje rezonantne linije kalija asimetrične su

sa naglašenim plavim krilima. Analizom je utvrđeno da ova plava krila linije imaju dominantni van der Waalsov analitički oblik, sa karakterističnim konstantama čije su numeričke vrijednosti potpuno u skladu sa teorijskim predviđanjima (ref.22).

Mjerenja su izvršena u apsorpciji pomoću apsorpcione kivete originalne konstrukcije koja je razvijena nakon niza eksperimenata u Kielu i Zagrebu. Zbog visokih radnih temperatura (do 800°C) i vrlo reaktivnih alkalijskih para primijenjena je posebna tehnologija izrade kiveta i to isključivo od safira, čelika i bakra. Na taj način je dobiveno sredstvo pomoću kojeg se mogu bez poteškoća nastaviti mjerenja u ostalim alkalnim mješavinama. Ova mjerenja, započeta u suradnji sa Institutom za eksp. fiziku iz Kiela nastavljena su tokom godine i u nas.

Od osobitog je interesa mješavina K-Rb za koju teorija predviđa najjače izražene efekte.

Nastavljen je rad na teorijskom modelu dalekodosežnih interakcija alkalijskih atoma.

Računate su C_6 konstante i za heteronuklearni par Cs(6S)+K(4P). Pokazuje se da je van der Waals interakcija repulzivna u tom slučaju, što dovodi do širenja plavih krila obje komponente kalijeve rezonantne linije, činjenica potvrđena eksperimentom. Razradjena je metoda određivanja koncentracija atoma, jer u smjesi Cs-K su krivulje tlaka para pojedinih alkalijskih neprimijenjive (ref.26).

Emisija svjetlosti u neposrednoj okolini natrijevih i litijevih prvih rezonantnih linija eksperimentalno je proučavana pomoću negativnih tinjavih i drugih izboja u toplovodnim pećima. Uvjeti izboja omogućili su znatnu disocijaciju alkalijskih dimera, pa su daleka krila rezonantnih linija bila pristupačna direktnom mjerenju. Kod litija je opažena plava nesimetrija suprotno očekivanju (ref.23,27).

Detaljna mjerenja u emisiji i apsorpciji rezonantnih linija litija i natrija, proširenih vlastitim pritiskom, prikazana su u ref.25.

Učinjen je pregled satelitskih vrpca u vrlo-dalekim plavim krilima svih alkalijskih rezonantnih linija, isključivši litij. Diskutirani su poznati eksperimentalni podaci i teoretska tumačenja (ref.24).

2. Koherentna optika i holografija

Protekli jednogodišnji period iskorišten je za detaljno analiziranje parametara koji utječu na formiranje optičkog prilagodjenog filtera u cilju razvoja metoda optičke obrade podataka za detekciju ponašanja površina. U tom smislu prošlogodišnji rad na trošenju površine razvijen je u eksperiment kojim se želi opažati strukturne promjene površine uzorka prilikom faznih prijelaza. Obzirom na znatnu kompleksnost eksperimenta, eksperimentalni uređaj još nije dovršen a prva mjerenja očekuju se tokom oktobra 1980.

Na statističkoj analizi granulacije Sunca rad je bio na dulje vrijeme prekinut zbog problema prikupljanja snimaka površine Sunca upotrebljive kvalitete. Prvi snimci dobiveni su krajem septembra 1980, pa će i taj rad biti nastavljen do kraja godine.

Radjeno je na teorijskoj analizi problema nelinearnosti zapisa Vander Lugtova filtera i njegova utjecaja na korelacioni signal optičkog korelatora, kao i na problemu optimalizacije eksperimentalnih uvjeta (ref.30,31). Početni pristup je općenit i sveobuhvatan a konkretne vrijednosti parametara određene su za nekoliko modela t-E krivulje, od kojih je najjednostavniji eksponencijalni model.

Primjena koherentne optike u biomedicinskim naukama znatno je unapredjena u protekloj godini. Završen je rad na medjukoštanoj membrani (ref.9) te biomehanici ortopedskih kirurških zahvata na sklopu podkoljenice (ref.10). I u protekloj godini nastavljen je rad na ispitivanju biomehaničkog djelovanja ortodontskog aparata na kosti lubanje (ref.11).

U proteklom periodu znatne snage odjela FIP-a u domeni koherentne optike angažirane su na rješavanju problema navodjenja glavnog okna RHE "Obrovac" u izgradnji. U suradnji s IGH i "Industrogradnjom" (ref.28) na bazni prsten okna postavljeni su laserski uređaji projektirani i izradjeni u Institutu za fiziku koji omogućavaju kontinuirano praćenje gibanja objekta prilikom njegovog ukopavanja do dubine od cca 45 m.

3. Fizika Sunca i zvijezda

Čitave godine trajala je međunarodna akcija Godine Sunčeva maksimuma. Korišten je 21 cm refraktor za snimanje Sunca u bijeloj svjetlosti, s prostornim razlučivanjem od 1,5" i vremenskim razlučivanjem od 10 s, te 13 cm refraktor s uskopojasnim H-alfa filterom, prostornog razlučivanja 2" i vremenskog razlučivanja takodjer 10 s. Od 11 akcija, Opservatorij je u studiji razvoja bljeskova učestvovao u 8 akcija, dok je u studiji oslobadjanja energije bljeskovima, učestvovao u 7 od 15 akcija, uglavnom zbog nepovoljnih vremenskih prilika (ref.12). Ukupno je u toku svih ovih akcija snimljeno 65 bljeskova.

Tumačenje optičkih i radio podataka triju bljeskova, koja su snimljena u toku akcija, provedeno je u ref.14. Analizom se došlo do zaključka da jačanje vodikova spektra nailazi nekoliko minuta prije jakog pulsa rendgenskog zračenja, da su svi ovi bljeskovi nastali i razmjerno malim petljastim strukturama, s promjerom od 7000 km, te da poslije impulsivne faze bljeska bljesak zauzima stostruko veći volumen u kojemu se nastavlja glavna faza. Za vrijeme impulsivne faze javljaju se brzi elektroni koji prodiru u koronu.

Studija gibanja u bljeskovima nastavljena je analizom njihovih spektara, te je u 15% slučajeva potvrđeno rotacijsko i helikalno gibanje masa. (ref.13) Detaljnije je analizirano gibanje masa u tri eruptivne prominencije. Ustanovljena je rotacija svakog pojedinog strimera prominencije i to u istom smjeru s obodnim brzinama od par desetaka km/s, a uočena je i pojava raspetljavanja. Predloženi su takvi postupci pri snimanju prominencije, koji bi omogućili nedvojbenu teoretsku interpretaciju spektara (ref.14).

Rezultati istraživanja Be zvijezda objavljeni su u ref.15. Svi objekti su promjenljivi, a karakter promjenljivosti ovisi o podrazdiobi zvijezda. Priroda svjetlosnih promjena je složena i predmet je daljih istraživanja.

Detaljno su istražene promjene zvijezde s ljuskom CX Draconis (ref.16). One su kratkoperiodične i dugogodišnje. Vrlo brze promjene, reda 10-15 sati, u te su zvijezde moguće, ali još nedokazane (ref.19). Posebno je zanimljiva pomrčinska dvojna zvijezda RX Cas (ref.17), čija druga komponenta intenzivno gubi materiju i prenosi je preko akrecijskog diska na primarnu zvijezdu. Stoga i orbitalni period raste. Primarna bi zvijezda mogla biti helijeva zvijezda ili bijeli patuljak.

Objavljeni radovi:

1. M.Movre, and G.Pichler, Resonance interaction and self-broadening of alkali resonance lines II, Quasi-static wing profiles, J.Phys.B: Atom. Molec.Phys. 13(1980)697-707
2. D.Veža, M.Movre and G.Pichler, The shape of the inner-wing satellites of self-broadened first resonance lines of caesium and rubidium, J.Phys.B: Atom.Molec.Phys.13(1980)3605-11
3. D.Veža, J.Rukavina, M.Movre, V.Vujnović and G.Pichler, A triplet satellite band in the very far blue wing of the self-broadened sodium D lines, Optics Comm. 34(1980)77-80
4. J.Tellinghuisen, G.Pichler, W.L.Snow, M.E.Hillard, R.J.Exton, Analysis of the diffuse bands near 6100 Å in the fluorescence spectrum of Cs₂, Chem.Phys.50(1980)313-30
5. N.N.Bezuglov, B.V.Dobrolež, A.N.Ključarev, L.P.Razumovskaja, G.Pichler, Optičeskoe vozbuždenie v režime perenosa izlučenja s učetom tušenija vozbuždennyh sostojanij, Optika i spektroskopija 49(1980)844-50
6. A.N.Ključarev, A.V.Lazarenko and V.Vujnović, The ionisation rate coefficients of radiatively excited rubidium atoms Rb(*n*²P)+Rb(5²S), J.Phys.B:Atom.Molec.Phys.13(1980)1143-9
7. V.Lokner and M.Movre, Determination of the true total line intensity and the true halfwidth of the Lorentz component for the class of Voigt profiles from graphical analysis of spectrum, Fizika,12(1980)61-9
8. G.Pichler, The resonance interaction and the quasistatic resonance broadening of spectral lines, Invited Lecture, Proc.7th Summer School on the Quantum Optics, Wieszica 1979 (J.Crub,J.Heldt,ed.,Gdansk 1980)
9. S.Vukičević, R.Štern-Padovan, D.Vukičević, P.Keros, Holographic investigations of the Human Tibiofibular Interosseous Membrane, Clin.Orthop.Rel. Res.151(1980)210
10. S.Vukičević, R.Štern-Padovan, D.Vukičević, J.Hančević, Further contribution to the function of the Tibiofibular Unit, Coll.Antrop.4(1980)2
11. S.Vukičević, D.Pavlin, D.Vukičević, R.Štern-Padovan, I.Škrinjarić, Recent Advances in holographic investigations of the Human Skeleton: I, Holography in Anatomy, II, Holography in Orthopedics, III, Investigations of the endocranium, Coll.Antrop.Suppl.4(1980)87-98
12. V.Ruždjak, Hvar Observatory report on FBS/SERF trial period May 1979, Hvar Obs.Bull.4,No.1,1(1980)
13. H.Božić, V.Ruždjak,A survey of inclined spectral features in flare spectra taken at Ondrejov Observatory, Hvar Obs.Bull.4,No.1,13(1980)
14. B.Vršnak, Internal mass motions in three eruptive prominences, Hvar Obs.Bull.4 No.1, 17(1980)
15. P.Harmanec, J.Horn, P.Koubsky, F.Ždarsky, S.Križ, K.Pavlovski, Photoelectric Photometry at the Hvar Observatory, IV.A Study of UVB Variations of a Group of Bright Northern Be Stars, Bull.Astron.Inst.Czechosl.31(1980)144
16. P.Koubsky, P.Harmanec, J.Horn, M.Jerzykiewicz, S.Križ, J.Papoušek, K.Pavlovski, F.Ždarsky, Properties and Nature of Be and Shell Stars, 10. Light and Colour Variations of CX Dra, Bull.Astron.Inst.Czechosl.31(1980)75
17. S.Križ, J.Arsenijević, J.Grygar, P.Harmanec, J.Horn, P.Koubsky, K.Pavlovski, J.Zverko, F.Ždarsky, Strongly Interacting Binary RX Cas, Bull.Astron.Inst. Czechosl.31(1980)284

Radovi u tisku

18. D.M.Rust, A.Benz, G.J.Hurford, G.Nelson, M.Pick and V.Ruždjak, Optical and radio observations of the 29 March, 30 April and 7 June 1980 flares recorded by the Solar Maximum Mission, Ap.J.Letters 1980 (u tisku)
19. P.Koubsky, P.Harmanec, J.Horn, M.Jerzykiewicz, S.Križ, K.Pavlovski, F.Ždarsky, UVB Photometry of CX Dra: Search for Rapid Variations, Acta Univ.Carolinae (u štampi)

Pozvana predavanja

20. G.Pichler, Self-broadening in metal vapours, 5th Int.Conf.on Spectral line shapes, Berlin (West), July 7-11,1980.

Sudjelovanje na konferencijama

21. R.J.Exton, G.Pichler and J.Tellinghuisen, Structured continuum in the fluorescence spectrum of Cs₂, Fifth Int.Conf.on Spec.Line Shapes,Berlin, July 7-11,1980
22. Č.Vadla, R.Beuc and M.Movre, Quasi-static wings of K spectral lines broadened by Cs, ibid
23. D.Veža and G.Pichler, Quasistatic self-broadening of Li and Na first resonance lines, ibid
24. M.Movre, D.Veža, G.Pichler and K.Niemax, Triplet satellite bands in the very far blue wings of the self-broadened alkali D lines, ibid
25. D.Veža, G.Pichler and M.Movre, Absorption and emission measurements of the self-broadened lithium and sodium resonance lines SPIG, Dubrovnik 1980.
26. Č.Vadla, R.Beuc and M.Movre, Far wings of K resonance lines broadened by Cs, ESCAMPIG, Dubrovnik 1980
27. D.Veža and G.Pichler, Hollow cathode discharge in lithium and sodium vapours, ibid

Stručni i diplomski radovi

28. D.Vukičević, Projektno izvedbena dokumentacija RHE "Obrovac", IGH, Industrogradnja 1980
29. R.Beuc, Širenje prvih kalijevih resonantnih linija atomima cezija, PMF, Zagreb, 1980 (dipl.rad)
30. L.Bistričić, Utjecaj nelinearnosti zapisa Vander Lugt-ovog filtra na korelacioni signal, PMF, Zagreb, 1980 (dipl.rad)
31. M.Mioč, Mjerenje optičke modulacione prenosne funkcije, PMF, Zagreb, 1980 (dipl.rad)
32. H.Božić, Rotaciona gibanja masa u bljeskovima i filamentima na Suncu, PMF, Zagreb, 1980.(dipl.rad)
33. B.Vršnak, Gibanje masa u Sunčevim prominencija, PMF, Zagreb, 1980.(dipl.rad).

ODJEL FIZIKE POLUVODIČA

Rukovodilac odjela:

ZVONIMIR OGORELEC; doktor fizičkih nauka, redovni profesor PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni savjetnik

Znanstveni suradnici:

Zlatko Vučić, magistar fizičkih nauka - znanstveni asistent

Vlasta Horvatić, dipl.ing.fizike - istraživač

Ivica Aviani, dipl.ing.fizike "

Marijan Ilić, dipl.ing.fizike "

Pregled istraživačkog rada1. Uloga stehiometrije pri prijelazu Cu_2Se u superionsku fazu

U ovom radu vršena su mjerenja termičke dilatacije u svrhu detekcije faznih prijelaza, posebno onih, koji su jedva vidljivi uobičajenim metodama. Potvrđeno je da stehiometrijski uzorci (Cu_2Se) pokazuju fazni prijelaz 1. reda na 140°C s relativno velikom latentnom toplinom. Za mala odstupanja od stehiometrije (do $\text{Cu}_{1.988}\text{Se}$) nadjeno je razdvajanje faznih događaja. Nižem faznom prijelazu na temperaturnoj skali pripisujemo neuređenje kationskog podsistema budući da ionska vodljivost na tim temperaturama poprima uobičajne karakteristike superionskih vodiča. Viši pak zadržava karakter faznog prijelaza 1. reda manifestirajući transformaciju imobilnog dijela sistema.

Iz navedenih podataka slijedi zaključak da parametar reda kationskog podsistema nije vezan na fononske stupnjeve slobode imobilnog sistema. Nadalje može se zaključiti da su za visokotemperaturni fazni prijelaz odgovorni mnogo više elektronski nego ionski procesi.

Daljnja devijacija od stehiometrije (između $\text{Cu}_{1.988}\text{Se}$ i $\text{Cu}_{1.960}\text{Se}$) uzrokovala je dodatno razdvajanje niskotemperaturnog faznog prijelaza tako da u tom području koncentracija nalazimo 3 bliska fazna prijelaza.

Najnižem prijelazu na temperaturnoj skali nije bilo moguće ovom metodom odrediti karakter, dok su viša dva zadržala već opisane karakteristike.

Ovim radom objavljen je fazni dijagram do sada neopažen ni za jedan superionski vodič. Ovo je direktan eksperimentalni dokaz da je najvažniji činilac superionskih svojstava struktura elektronskih orbitala atoma koji grade imobilni dio podсистema, tzv. "kavez".

Rad je prezentiran na 1980 Annual Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society, Antwerpen, 9-11.4.1980.

2. Detekcija kationskog uredjenja u Cu_{2-x}Se pomoću elektronske mikroskopije

Na osnovi faznog dijagrama (vidi 1) istraživana su strukturalna svojstva Cu-Se sistema metodom elektronske difrakcije. Snimanja su provedena na malim transparentnim monokristalima koji su bili nužni za ovakav tip ispitivanja. Svrha rada je bilo odredjivanje strukture i prirode strukturnih transformacija.

Nadjeno je da je niskotemperaturna faza homogena u relativno širokom području koncentracija i da je karakterizirana superstrukturnim uredjenjem kationskog podсистema simetrije različite od kubične. Imobilni dio sistema zadržava u osnovi plošno centrirano kubično uredjenje izduženo, međutim, duž jedne od dijagonala kocke osnovne ćelije.

Najniža linija u faznom dijagramu odgovara transformaciji superstrukturnog uredjenja. Na tim temperaturama opaža se uneredjenje dugog dosega tj. statički nered kationskog podсистema. Kako se uredjenje kratkog dosega održava sve do druge linije u faznom dijagramu to se tek na tim temperaturama očekuju pojave koje karakteriziraju dobre ionske vodiče: niska aktivaciona energija za ionsku vodljivost te difuzni prsten u elektronskoj difrakcionoj slici. On je zaista i opažen. Možemo reći da je sistem postao superionski vodič ne promijenivši ništa u strukturi imobilnog dijela sistema. Ovo je jedna od značajki koja Cu_{2-x}Se čini izuzetnim u odnosu na sve druge superionske vodiče. To ujedno i znači da je ovo sistem (jedan od rijetkih ili jedini) koji omogućuje promatranje red-nered prijelaza u kationskom podsistemu oslobođenog bilo kakvih popratnih efekata.

Visokotemperaturni prijelaz za koji je utvrđeno da u osnovi predstavlja otklanjanje dijagonalne deformacije i uspostavljanja pravilne kubične (fcc) strukture ostaje ipak nerazjašnjen. Mnoga svojstva pokazuju da je njegov karakter dvojak. Samo u stehiometrijskom kristalu je 1.reda i 2.reda istovremeno.

Rad je prezentiran na 1980. Annual Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society, Antwerpen, 9-11.4.1980.

3. Fazni prijelazi u superionskom bakar selenidu detektirani elektronskom vodljivošću

Dosadašnjim istraživanjima sistema Cu_{2-x}Se ($0 \leq x \leq 0.045$) ustanovljeno je da stehiometrijski bakar selenid posjeduje složen prijelaz u superionsku fazu na 140°C .

Mjerenjima elektronske vodljivosti mogu se u nestehiometrijskom uzorku detektirati samo dva od spomenuta tri prijelaza, tj. najniži i najviši na temperaturnoj skali. Fazni prijelaz kojeg detektira ionska vodljivost i koji se manifestira promjenom aktivacione energije ne primijećuje se na krivuljama vodljivost-temperatura. To ukazuje na zanemaru interakciju mobilnog bakarnog podsistema i "kaveza".

Fazni prijelaz najniži na temp.skali koji odgovara nestanku superstrukture niskotemp.fazi manifestira se promjenom nagiba pravca u grafu vodljivost-temperatura. Smanjenje el.vodljivosti nakon prijelaza može se u cijelosti pripisati smanjenju koncentracije nosilaca naboja što potvrđuju mjerenja Hallove konstante. Jaka lokalizacija nosilaca naboja u spomenutom temperaturnom intervalu posljedica je povećane koncentracije bakarnih iona u oktaedorskim položajima. Bakarni ion u deformiranoj oktaedarskoj okolini, kakova postoji u sistemu, rascijepit će svoje d orbitale na način da formira prazan akceptorski nivo u zabranjenom pojasu na kojem se mogu lokalizirati nosioci naboja.

Fazni prijelaz najviši na temp.skali posljedica je promjene simetrije sistema. Na tim temperaturama dolazi do nestanka deformacije i male kontrakcije parametra kristalne rešetke što rezultira preklapanjem akceptorskog nivoa s valentnom vrpcom i ima za posljedicu oslobađanje vodlj. nosilaca naboja.

Na krivuljama vodljivost-temperatura to se manifestira naglim povećanjem vodljivosti. U visokotemperaturnoj superionskoj fazi vodljivost ima metalni karakter, tj. određena je isključivo raspršenjem nosilaca naboja na fononima "kaveza" što ponovno potvrđuje činjenicu da je interakcija mobilnog Cu pod-sistema i "kaveza" vrlo slaba.

Rad je djelomično prezentiran na 1980. Annual Conf. of the Cond. Mat. Div. of the EPS, Antwerpen, 8-11.4.1980, a djelomično na 7. Jug. simp. o fiz. kond. mater, Ohrid, 1980.

4. Fazni dijagram superionskog bakar sulfida u okolini stehiometrije

Istraživanja superionskih faznih prijelaza proširena su na bliski sistem bakar sulfid. Svrha ovog izbora bila je usporedba s bakar selenidom. Kako bakar sulfid ima jednaku strukturu i u niskotemperaturnoj i u visokotemperaturnoj fazi to se očekuju kvalitativno jednaki efekti. Jedino što bi eventualno moglo biti promijenjeno su kation-kation i kation-"kavez" interakcije i to isključivo kvantitativno.

U ovom radu bila je korištena metoda termičke dilatacije koja se pokazala vrlo uspješnom kod bakar selenida, a rezultati su diskutirani usporedbom s objavljenim rezultatima dobivenim drugim metodama.

Kao što se očekivalo dobiven je fazni diagram koji je u okolini prijelaza u superionsku fazu gotovo identičan s onim dobivenim za Cu-Se sistem. Razlika je međjutim kako u koncentracijskoj ovisnosti temperature pojedinih tipova faznih prijelaza tako i u apsolutnim vrijednostima temperature. Kako je parametar elementarne ćelije u Cu-S kraći nego u Cu-Se sistemu to su spomenute interakcije jače, što rezultira činjenicom da su temperature faznih prijelaza više.

Ovi rezultati daju dobru podlogu za razumijevanje red-nered prijelaza u superionskim vodičima tipa $Cu_2x(x=S, Se, Te)$.

Rad je prezentiran na 7. Jugoslavenskom simpoziju o fizici kondenzirane materije, Ohrid, 15-19.9.1980.

5. Amorfni podsistemi u superionskim vodičima

Jedna velika grupa superionskih vodiča odlikuje se faznim prijelazom kod kojeg dolazi do skoka u ionskoj vodljivosti, do nagle promjene parametara kationskog pod sistema i do singularnosti specifičnog termičkog kapaciteta. Na tom prijelazu dolazi do kompletnog uneredjenja kationskog pod sistema koji se iznad temperature faznog prijelaza ponaša kao "rastaljeni" ili "tekući" sistem. Imajući u vidu taj sistem i njegovu strogo odredjenu "temperaturu taljenja" u ovom radu se pokušalo odgovoriti na pitanje da li može takav pod sistem egzistirati u amorfnom ili staklastom stanju. Definiravši formalno koeficijent viskoznosti pod sistema i njegovu međufaznu napetost površine, promijenjen je Uhlmannov račun za kritičnu brzinu hladjenja. Račun je pokazao da se za niz srebrnih i bakarnih superionskih vodiča dobivaju kritične brzine hladjenja usporedive s onima za metalno srebro i bakar. Temperatura ostakljivanja, međutim, mnogo je niža. Rad je publiciran u časopisu Philosophical Magazine.

6. Kompozicijski induciran FCC-BCC fazni prijelaz u $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$ superionskom sistemu

U kvazibinarnom sistemu $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$ dolazi kod vrijednosti $x=1.4$, a na temperaturi 300°C , do faznog prijelaza iz "kaveza" FCC strukture u "kavez" BCC strukture. Kako se na gotovo istoj vrijednosti za x primijećuje iščezavanje dopirajućeg djelovanja stehiometrijskih devijacija i pomak Fermijevog nivoa u sredinu energijskog procjepa (Z.Ogorelec et al, Sol.St.Comm. 12,1973,857), obje pojave su korelirane. Pokazalo se da za njih odgovara energija Cu^{2+} koja se može mijenjati sadržajem Ag u sistemu. Kod malih x energija Cu^{2+} iona je niska što pogoduje stehiometrijskim devijacijama i formiranju akceptorskog nivoa. Pogoduje takodjer naredu kationskog pod sistema koji uključuje oktaedarske položaje. Kod većih x takav nered je manje vjerovjatan, a manja je i koncentracija Cu^{2+} iona odnosno slobodnih šupljina. Kod neke odredjene vrijednosti za x šupljine iščezavaju i nastaje FCC-BCC fazni prijelaz. Rad je izložen na 7. Jug.simp.o fiz.kond.mater.,Ohrid,15-19.9.1980.

7. Ostala djelatnost

Osim rada na zadatku s predviđenim planom istraživanja, suradnici Odjela angažirali su se raznim drugim poslovima. Tako su Z.Vučić i Z.Ogorelec izvršili znanstvenu ekspertizu Gradjevinskom Institutu Hrvatske izmjerivši u širokom temperaturnom intervalu termičku dilataciju triju gradjevinskih materijala. Nadalje Z.Ogorelec sudjelovao je u radu ekipe koja je za Republički komitet za znanost, tehnologiju i informatiku priredila studiju "Analiza stanja elektroničke tehnologije u SRH i SFRJ i odgovarajući prijedlozi". Studija je iznesena na simpoziju Materijalni i društveni razvoj SRH do 2000.godine, Zagreb, 27-29.3.1980.

Na 3.Jug.konf.o primijenjenoj fizici, Z.Ogorelec održao je pozvano predavanje "Fotonaponska konverzija sunčeve energije, današnje stanje i uloga fizike u njenom razvoju". Konferencija je održana na Bledu 12. i 13.6.1980. Isti autor patentirao je pri Saveznom zavodu za patente pronalazak pod naslovom "Solarni fotonaponski panel s granuliranim poluvodičkim materijalom".

Objavljeni radovi:

1. Z.Vučić and Z.Ogorelec, Magnetic Properties of Nonstoichiometric $Cu_{2-x}Se$, J.Magn.Magn.Mater. 15-18(1980)1175
2. Z.Ogorelec and Z.Vučić, Amorphous Subsystems in Superionic Conductors, Phil.Mag.B 42(1980)617
3. Z.Vučić and Z.Ogorelec, Unusual Behaviour of Nonstoichiometric Cuprous Selenide at Phase Transition to Superionic State, Phil.Mag.B 42(1980)287

Sudjelovanje na konferencijama

4. Z.Vučić, V.Horvatić, Z.Ogorelec and O.Milat, The Role of Stoichiometry in the Phase Transition of Superionic Cuprous Selenide, 1980 Annual Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society, Antwerpen, 9-11.4.1980.
5. O.Milat, Z.Vučić, V.Horvatić and Z.Ogorelec, Detection of Cation Disordering in $Cu_{2-x}Se$ by Means of Electron Microscopy, 1980 Annual Conf.of the Cond. Matter Division of the EPS, Antwerpen,9-11.4.1980.

6. Z.Vučić, V.Horvatić and Z.Ogorelec, Phase Transition in Superionic Cuprous Selenide Detected by Electronic Conductivity, 1980. Annual Conf. of the Cond. Matter Division of the EPS, Antwerpen, 9-11.4.1980.
7. Z.Ogorelec, Kompozicijski induciran FCC-BCC fazni prijelaz u superionskom sistemu $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$, 7. Jug. simp. o fiz. kond. mater., Ohrid, 15-19.9.1980.
8. Z.Vučić, V.Horvatić, O.Milat i Z.Ogorelec, Detekcija faznih prijelaza u superionskom bakar selenidu pomoću mjerenja elektronske vodljivosti, 7. Jug. simp. o fiz. kond. mater., Ohrid, 15-19.9.1980.
9. Z.Šemsidini, Z.Vučić, V.Horvatić, Z.Ogorelec, Termička dilatacija superionskog bakar sulfida, 7. Jug. simp. o fiz. kond. materije, Ohrid, 15-19.9.1980.
10. Z.Ogorelec, Fotonaponska konverzija sunčeve energije (pozvano predavanje) 3. Jug. konf. o primijenjenoj fizici, Bled, 12-13.6.1980.
11. P.Biljanović, Z.Bendeković, Z.Ogorelec, Lj.Raduka, A.Szabo i B.Vojnović, Analiza stanja elektroničke tehnologije u SRH i SFRJ i odgovarajući prijedlozi, Simp. o materijalnom i društvenom razvoju SRH do 2000. godine, Zagreb, 27-29.3.1980.

Stručni radovi:

12. D.Gracin i Z.Ogorelec, $\text{CdS-Cu}_x\text{S}$ solarna ćelija, Elektrotehnika, 23(1980)1
13. Z.Ogorelec, Solarni fotonaponski panel s granuliranim poluvodičkim materijalom, Savezni zavod za patente, br.941/80 od 4.4.1980.

Diplomski radovi

14. Ivica Aviani, Primjena diferencijalne termičke analize za mjerenje specifičnog toplinskog kapaciteta, PMF, Zagreb, 1980.
15. Ilić Marijan, Ionska vodljivost bakar selenida, PMF, Zagreb, 1980.

ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA

U Odjelu rade suradnici SOUR-a RIZ - OOUR Tvornice poluvodiča.

Stručni suradnici:

VLATKA RADIĆ, dipl.ing.kem.

ELIZABETA HASANBAŠIĆ, dipl.ing.kem.

DRAGO IVČEK, dipl.ing.fiz.

ZORAN MIKIĆ, dipl.ing.elek.

SREČKO MUŠTRA, dipl.ing.fiz.

DUBRAVKO PARADIS, dipl.ing.elek.

VLADIMIR RUŽIĆ, dipl.ing.elek.

MILAN VUKELIĆ, tehnolog za maske

Tehnički suradnici:

VIŠNJA DUNAT, kem.tehničar

STJEPAN FRANČIĆ, elek.tehničar

MIROLJUB KOVAČ, radiomehaničar

VESNA MILINOVIĆ, laborant

VERA PALAŽAC, kem.tehničar

Pregled rada

1. Razvoj tehnoloških procesa

Dopirane emulzije

Ispitivanja koloidno disperznih sistema koji sadrže zlato ili platinu proširena su njihovom primjenom na standardni tranzistor iz programa proizvodnje Tvornice poluvodiča, BCY59. Za posebne primjene tom tranzistoru difuzijom i aktivacijom zlata nakon emitterske difuzije snizi se vrijeme zadržavanja od 400 ns na 150 ns. Difuzijom platine dobiveni su tranzistori-sklopke s dobrim karakteristikama u zasićenju i malim reverznim strujama.

Testovima ispitivanja pouzdanosti tranzistora potvrđena je kvaliteta emulzija naročito obzirom na njihovu čistoću.

Difuzija arsena iz arsenske emulzije (konc. 2×10^{21} atoma As/ml) ispitana je u ovisnosti o pripremi na silicijevoj pločici, ambijentu i temperaturi difuzije, te starosti emulzije. Optimalnim tehnološkim procesom postignuta je površinska koncentracija 6×10^{18} atoma/cm³, što je za oko dva reda veličine manje od maksimalne, koja se može i želi postići. U toku su istraživanja koja će dati bolji uvid u strukturu i kvantitativni kemijski sastav filma na površini silicija prije difuzije te u mehanizam difuzije arsena u našim radnim uvjetima.

Fosforom dopirana emulzija posebno je prilagodjena za polaganje zaštitnog sloja na površinu poluvodičkih elemenata. Ispitana je kemijska otpornost aluminijska na emulziju u ovisnosti o koncentraciji fosfora, otpornost sloja na niz spojeva s kojima dolazi u kontakt tokom upotrebe, čistoća sloja i svojstvo geteriranja primjesa, te parametri kao što su kritična debljina sloja, brzina jetkanja, tvrdoća. Zaštitni sloj s optimalnom koncentracijom fosfora testiran je na visokonaponskim tranzistorima iz standardne proizvodnje Tvornica poluvodiča.

Slitine

Aluminij - bakar - silicij. Uz strukturalna svojstva obzirom na primjenu veoma važna je otpornost legure na elektromigraciju. U tankoj vodljivoj stazi ($300 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m} \times 0,6 \mu\text{m}$) uz trajno strujno opterećenje $10^6 \text{A}/\text{dm}^3$ na temperaturi od 150°C legura ima srednje vrijeme do otkaza (MTF) pedeset puta veće od aluminijska i zadovoljava zahtjeve za visokofrekvencijske tranzistore snage.

Zlato - antimon. Slitina zlata s 0,6% antimona priredjena je u uređaju za indukciono taljenje. Uzorci su ispitani skening elektronskim mikroskopom metodom kvalitativne površinske analize i analize x-zrakama. Budući da je krajnji cilj ovog rada zamjena uvoznog materijala za kolektorski kontakt Si-tranzistora domaćim, daljnja ispitivanja se provode u Tvornici poluvodiča.

Kontrolirano dobivanje kosih rubova oksida na siliciju

Mikrofotolitografskim procesom u planarnoj tehnologiji, nastaju okomite stepenice oksida. Na tim mjestima naparene metalne staze nisu homogene i na njima u radnim uvjetima elementa dolazi do prekida električnog kontakta. Problem se rješava kosim oksidnim stepenicama.

Prema literaturnim podacima razradjene su tri metode.

Postepeno smanjenje adhezije fotorezista za vrijeme jetkanja omogućuje otapanje oksida i lateralno. Variranjem sastava jetkala ($\text{NH}_4\text{F} + \text{HF} + \text{CH}_3\text{COOH}$) dobivene su kosine pod kutem do 30° . Kut ovisi o brzini jetkanja, odnosno o koncentraciji vodikovih iona u jetkalu koja kontrolira brzinu reakcije otapanja oksida.

Višeslojnim oksidom čija brzina jetkanja ovisi o sastavu postignuti su slični rezultati. Višeslojni oksid dobiven je iz dopiranih organskosilikatnih emulzija.

Ionskom implantacijom u površinski sloj oksida povećava^{se} njegova brzina jetkanja zbog nastalih strukturnih defekata. Taj oštećeni sloj jetka se oko dva puta brže od ostalog oksida, adhezija fotorezista na površinu se smanjuje i efekti su isti kao kod prve metode. Pokusi implantacije radjeni su u Institutu "Rudjer Bošković".

Primjena uređaja za elektronsku ekspoziciju maski za ispitivanje poluvodičkih elemenata

Nastavljen je rad na području elektronske mikroskopije. Obradom električnog signala iz postojećeg detektora dobili smo:

- topografski kontrast
- kompozicijski kontrast
- y - modulaciju
- kristalografsku orijentaciju uzorka određenu pomoću kanaliranih elektrana.

Topografski kontrast je standardna opcija uređaja JEBX-2B uz povećanje 50x, 200x i 1000x. Manjom adaptacijom postignuta je kontinuirana promjena povećanja od 200x - 2000x. Veća povećanja nije moguće dobiti jer konstrukcija elektronskog optičkog sistema ne dozvoljava bolje fokusiranje elektronskog snopa.

Pri malom povećanju uz defokusiran snop dobije se slika nastala kanaliranjem elektrona na monokristalnom uzorku prema kojoj se može odrediti kristalografska orijentacija. Za razliku od kemijskih metoda preferencijalnog jetkanja ova metoda je nedestruktivna i neusporedivo brža.

Y modulacija daje kvantitativne podatke o uzorku.

2. Razvoj diskretnih i integriranih elemenata

Diskretni elementi

Za visokonaponski pup tranzistor srednje snage završen je razvoj tehnološkog procesa izrade i verificiran preko električnih parametara gotovih tranzistora. U slijedećoj godini planirana je serijska proizvodnja u Tvornici poluvodiča. Na primjeru ovog tranzistora razradjen je program za elektroničko računalo koji na osnovu tehnoloških parametara tranzistora, pomoću jednodimenzionalnog modela difuzije te jednodimenzionalnog Gummel-Poonovog modela tranzistora daje kao izlazne parametre fizikalne i električne karakteristike tranzistora. Slaganje eksperimentalnih i simuliranih rezultata je vrlo dobro.

U području visokofrekvencijskih tranzistora snage nastavljen je rad na optimiziranju tehnološkog procesa za tranzistor 2N3866. Najkritičniji parametar u našim uvjetima bio je probojni napon emiter-baza. Prilikom legiranja aluminijskih (omski kontakti) došlo je do znatnog povećanja reverzne struje na tom prijelazu. Mogući uzrok je nastajanje vodljivih kanala između baze i emitera uslijed otapanja silicija u aluminijsku i nekontroliranog lokalnog prodiranja aluminijskih u silicij ili migracije aluminijskih duž granične plohe Si-SiO₂. Problem je riješen zamjenom aluminijskih slitinom Al-Si-Cu. Silicij sprečava otapanje osnovnog silicija a bakar usporava elektromigraciju.

U slijedećoj godini planira se u Tvornici poluvodiča serijska proizvodnja familije tranzistora čiji je tipični predstavnik 2N 3866.

Krajem godine započet je rad na procesiranju tri različita tipa jednospojnih (unijunction) elemenata: programabilni jednospojni tranzistor (PUT), jednospojni tranzistor (UJT) i komplementarni jednospojni tranzistor (KUJT). Kontinuirano se nastavlja u 1981. godini.

Integrirani elementi

Na osnovu rezultata istraživanja u 1979. godini sastavljena je skupina tzv. pravila projektiranja (design rules) za sklopove radjene u linearno kompatibilnoj 1^2L tehnologiji iz vlastitog razvoja. Za provjeru pravila projektiranja razradjen je i tehnološki verificiran pokusni sklop srednjeg stupnja integracije. Taj sklop (radni naziv LIL 3) vrši funkciju šesterokutnog linearnog djelitelja bez reseta. Topološki je podijeljen u tri identična podsklopa koji sadrže dvostruki T bistabil i pristupne ćelije. Injekcija struje u podsklopove je odijeljena, tako da se može ispitivati međusobne veze vezanih djelitelja pod različitim uvjetima injekcije.

Rezultati mjerenja na procesiranim elementima potvrdili su ispravnost pravila projektiranja. Analizom tranzijentnog odziva sklopa djelitelja posredno su potvrđene i sklopovski verificirane karakteristike osnovne ćelije.

Na 24. konferenciji ETAN referat o tom radu dobio je diplomu za najbolji rad u Komisiji za sastavne dijelove.

Prema istim pravilima projektiranja i tehnološkim parametrima započet je rad na projektiranju integriranog sklopa visokog stupnja integracije integrirane izvedbe A/D konvertora. U ovoj godini završeno je logičko projektiranje i izrada maske sklopa konvertora koda s izlaznim elementima za napajanje 7-signalnog pokazivača.

3. Sudjelovanje u nastavi

U suradnji sa Zavodom za elektroniku ETF-a u Zagrebu u našim laboratorijima organizirane su i održane vježbe iz predmeta "Tehnologija hibridnih i monolitnih integriranih sklopova", za dvadeset studenata.

Popis radova

1. E.Hasanbašić, S.Muštra, S.Ursić, Procjena faktora strujnog pojačanja visokonaponskog pnp tranzistora, VIII.Jug.savjetovanje o mikroelektronici, Niš, travanj 1980.
2. G.Ivanišević, D.Ivček, Ispitivanje elektromigracije u leguri Al-Cu-Si, dobivene metodom trenutnog isparavanja, VIII.Jug.savjetovanje o mikroelektronici, Niš, travanj, 1980.
3. B.Boždanović, R.Ročak, R.Sinovčević, Pripremanje koloidno disperznih sistema za skraćenje vremena života nosilaca naboja u siliciju, VII. Jug.savjetovanje o mikroelektronici, Niš, travanj 1980.
4. D.Paradis, V.Radić, V.Ružić, S.Ursić, M.Vukelić, Jedna izvedba linearno-kompatibilnog I^2L sklopa, Konferencija ETAN-a, Priština, lipanj 1980.
5. R.Ročak, R.Sinovčević, Fosforom dopirana emulzija kao zaštita tranzistorskog čipa, Simpozij SDM, Ljubljana, listopad 1980.
6. S.Muštra, M.Vukelić, Primjena skening elektronskog mikroskopa u poluvodičkoj tehnologiji, Simpozij SDM, Ljubljana, listopad 1980.

ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU

Rukovodilac odjela:

SLAVEN BARIŠIĆ, doktor fiz.nauka - redovni profesor PMF-a Sveučilišta
u Zagrebu - znanstveni savjetnik

Znanstveni suradnici:

IVO BATISTIĆ, mr fiz.nauka - znan.asistent

ALEKSA BJELIŠ, doktor fiz.nauka - znanstveni suradnik

TOMISLAV IVEZIĆ, doktor fiz.nauka, docent Vojne Akademije u Zagrebu
- znan.asistent

BRANKO GUMHALTER, doktor fiz.nauka - znan.suradnik

BERISLAV HORVATIĆ, dipl.ing.fizike (do 1.9.1980. u JNA)

KRESIMIR ŠAUB, dipl.ing.fizike - znan.asistent

KATARINA UZELAC, doktor fiz.nauka - znan.asistent
(na spec.u Orsayu, od 15.9.1977)

MARIJAN ŠUNJIĆ, doktor fiz.nauka - izv.profesor PMFa Sveučilišta
u Zagrebu - viši znan.suradnik

VELJKO ZLATIĆ, doktor fiz.nauka - znan.suradnik
(do 30.9.1980. na spec.u Frankfurtu n/M,
Inst.za teor.fiziku)

Pregled rada

Problematika rada na Odjelu za teorijsku fiziku ustalila se na fizici lančastih sistema, fizici površina, uz polagani razvoj istraživanja u neuredjenim sistemima. Medjutim, usvojene su i razvijaju se nove metode pristupa tim problemima, kao što su metoda funkcionalne integracije, rješavanje nelinearnih diferencijalnih jednadžbi i metoda renormalizacione grupe.

Takav razvoj omogućen je u odredjenoj mjeri dobrom međunarodnom suradnjom. V.Zlatic je devet mjeseci gostovao na Institutu za teorijsku fiziku u Frankfurtu, a K.Uzelac čitavu godinu u Laboratoriju fizike čvrstog stanja Univerziteta u Parizu (Orsay), gdje je i doktorirala. Z.Penzar boravio je 6 tjedana na Chalmers Univerzitetu u Göteborgu. Na Odjelu su

uspješno gostovali S.Brazovskii iz Landauovog instituta za teorijsku fiziku u Moskvi, tri mjeseca i J.Przystawa s Univerziteta u Wroclawu, šest mjeseci. U kraće posjete dolazili su i G.Theodorou, znanstvenik iz Grčke (sada na Univerzitetu u Solunu), te S.Megttert iz Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud.

Fizika lančastih sistema

Nakon završetka studija jednodimenzionalnog Landau-ovog modela za dvokomponentni parametar uredjenja, koji sadrži Lifšicovu invarijantu i kubičnu anizotropiju, Batistić je proširio ispitivanje metodom funkcionalne integracije, na sistem odgovarajućih lanaca vezanih različitim tipovima slabog međulančanog međudjelovanja. Odredjeni tipovi medju-lančanog vezanja mogu stabilizirati solitonsku rešetku, koju u čisto - jednodimenzionalnim sistemima termodinamičke fluktuacije uzneredjuju. Drugi pak tipovi vezanja rešetku ne uspijevaju stabilizirati no mijenjaju donekle korelacione funkcije.

A.Bjeliš je promatrao suprotnu granicu jakog međulančanog vezanja, ali za dvije vrste nestabilnih lanaca, kao što je slučaj u organskom vodiču TTF-TCNQ. Metodom funkcionalne minimizacije problem se svodi na rješavanje sistema dvije vezane nelinearne diferencijalne jednačbe za dvije faze. Homogena rješenja tih jednačbi svode se na otprije poznata rješenja, kojima je Bjeliš objasnio strukturni prijelaz 1.reda u TTF-TCNQ. Pored ovih postoje i prostorno-ovisna rješenja periodičkog tipa ili tipa solitonske rešetke, te, donekle neočekivano, eratička rješenja. Regularna se rješenja mogu podijeliti u topološki kompatibilne skupove, odijeljene topološkim prije nego energetskim barijerama. Bjeliš nastoji objasniti neobične efekte histereze u TTF-TCNQ upotrebljavajući svojstva spomenutih rješenja.

U tom kontekstu izvršena je u zajednici s J.Przystawom i S.Megttertom i puna simetrijska analiza sekvence faznih prijelaza u TTF-TCNQ, odnosno dobivene su nove informacije o formi Landauove strukturne slobodne energije u tom materijalu.

S.Barišić je nastavio izgradnju mikroskopske teorije lančastih vodiča, bazirane na kulonskim silama. Računani su parket dijagrami višeg reda, koji uključuju dinamički zasjenjenu kulonsku interakciju, da bi se provjerila vrijednost parket teorije za takav slučaj. Sa S.Brazovskim predloženo je objašnjenje nekih aspekata ponašanja organskog supravodiča tipa $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$. U

dijelovima tog rada, koji se odnose na svojstva povezana sa simetrijom tog sistema sudjelovao je i J.Przystawa, koji je pokazao da primjena tlaka može uspostaviti simetrija zavojne osi.

Fizika površina

B.Gumhalter istraživao je efekte dinamičkog i statičkog zasjenjenja na valentne ljuske adsorbiranih atoma koji donekle omogućuju inače vrlo kompliciranu interpretaciju fotoemisionih spektara ovih sistema.

Razvio je takodjer model za opis kinetike jednostavnih kemijskih reakcija na metalnim površinama. Račun napravljen u okviru ovog modela pokazao je da se vjerojatnost adsorpcije pri malim ulaznim energijama adsorbata približava jedinici što je u suglasnosti sa eksperimentom.

Zajedno s V.Zlatićem nastavio je rad na efektima nelinearnog zasjenjenja u kemisorbiranim atomima u već razradjenom neortogonalnom Andersonovom modelu. Rezultati omogućuju jednostavnu interpretaciju rezultata ostalih autora dobivenih u okviru Kohn-Sham formalizma.

Z.Penzar nastavio je zajedno s M.Šunjićem rad na fenomenološkom, klasičnom, nelinearnom modelu adsorpcije. Bitni dio modela je uvedena disipativna sila koja u režimu malih brzina prelazi u silu trenja, a pri velikim brzinama daje redukciju disipativnog međudjelovanja. Promatrana je brzina i gubitak energije čestice koja tokom gibanja kroz površinski potencijal prelazi iz jednog režima u drugi. Rješavane su samosuglasne jednačbe gibanja za takvu česticu s ciljem da se izračuna gubitak energije koji može dovesti do adsorpcije. Napravljen je račun za interakciju s plazmonskim pobudjenjima, a sada se završava račun za interakciju sa elektron-šupljina parovima.

Istovremeno je Z.Penzar promatrao jednom mikroskopski model za interakciju vanjske čestice sa sistemom Brownovih čestica i pokazao pod kojim uvjetima gibanje takve čestice potpada pod režim trenja.

Nečistoće, fazne promjene, amorfne strukture

V.Zlatić je radio na problemima magnetizma u oksidima prijelaznih metala i rijetkih zemalja. Po povratku V.Zlatića i B.Horvatića nastavljen je rad na perturbacionom računu za simetrični Andersonov hamiltonijan sa ciljem da se u tom modelu izračuna magneto-otpornost razrijedjene Kondo legure, kao i gustoća stanja primjese na konačnim temperaturama.

J. Przystawa analizirao je eksperimentalne rezultate za fazni prijelaz u litijum-ferospinelu i konstruirao odgovarajući Landau-ov model, koji je objasnio činjenicu da je fazni prijelaz prvog reda, fazni dijagram i područje histereze. Pokazano je da je opažena struktura tog ferospinela jedino rješenje Landauovog modela u skladu s mikroskopskom slikom tog prijelaza.

K. Šaub je nastavio suradnju s eksperimentalnom grupom, koja izučava transportna i magnetska svojstva metalnih stakala Fe-Ni-M (M = metaloid) te električni otpor nemagnetskih Ni-Zr amorfnih sistema. Srednji slobodni put u Fe-Ni slitinama veći je od nekoliko međuatomskih razmaka, te se donekle može osloniti na teorije koje polaze od Boltzmanove jednadžbe. Niskotemperaturno $T^{3/2}$ ponašanje otpora pridjeljeno je nekoherentnom elektron-magnon raspršenju. Ispod magnetskog faznog prijelaza otpor slijedi de Gennes-Friedel teoriju, a u neposrednoj blizini Fischer-Langerov rezultat. K. Šaub je sudjelovao kao koautor u dva rada i jednom konferencijskom saopćenju, a dva su rada u pripremi, kao što je već navedeno u izvještaju Odjela fizike metala II.

Objavljeni radovi

1. I. Batistić, G. Theodorou, S. Barišić, Soliton lattice stability in a coupled linear chain system, *Sol. St. Comm.* 34, 499 (1980)
2. G. Theodorou, I. Batistić, S. Barišić, Mean-field treatment of 3d ordering of coupled charge density waves, *Fizika* 12, 141 (1980)
3. S. Barišić, S. Brazovskii, Superconductivity and repulsive interactions in linear chain materials, Proceedings of the 1980 EPS Conference of the Condensed Matter Division, Antwerpen, 1980 (pozvano predav.)
4. K. Uzelac, R. Jullien, P. Pfeuty, One-dimensional transverse-field Ising model in a complex longitudinal field from a real-space renormalization group method at $T=0$, *Phys. Rev. B* 22, 436 (1980)
5. M. Jullien, K. A. Penson, P. Pfeuty, K. Uzelac, Renormalization Group Study of a Two-Dimensional Frustrated like Quantum Spin System, *Phys. Rev. Lett.* 44, 2551 (1980)

6. B.Gumhalter, Perturbational study of a model of chemisorption including dynamic image effects, Surf.Sci.95(1980)L225
7. B.Gumhalter, Comment on "Anomalous 5p photoemission from xenon adsorbed on Pd(110)"; Surf.Sci.95(1980)L263
8. B.Horvatić and V.Zlatic, Perturbation calculation of the thermoelectric power in the single-orbital Anderson Model, Phys.Letters A73,196(1979)
9. B.Horvatić and V.Zlatic, Perturbation expansion for the asymmetric Anderson hamiltonian, Phys.Stat.Sol.(b)99,251(1980)

Radovi u tisku

10. I.Batistić, G.Theodorou, S.Barišić, Derivative coupling and ordering in a systems of coupled linear chains, J.Phys.C.
11. K.Uzelac, R.Jullien, P.Pfeuty, Renormalization group study of the random Ising model in a transverse field in one dimension, J.Phys.A.
12. Z.Penzar, M.Šunjić, Nonlinear and dynamic effects in the friction approach to the dissipative particle motion near a surface, Fizika,1981.
13. J.Przystawa, S.Megttert, A.Bjeliš, S.Barišić, Landau theory of pressure induced phase transitions in TTF-TCNQ
14. B.Gumhalter, and V.Zlatic, Charge density distributions around chemisorbed hydrogen from model calculations
15. Ž.Crljen and B.Gumhalter, Kinetics of helium adsorption on free electron metals

Sudjelovanje na konferencijama

16. K.Uzelac, R.Jullien, P.Pfeuty, P.Mousa, Yang-Lee edge singularity by real space renormalization group, Springer Series in Synergetics 1980.
17. Ž.Crljen and B.Gumhalter, The effect of irreversible electronic polarization on the motion and sticking of quantum particles at solid surfaces, Proc.4th IVC and ECOSS-3, Suppl., Le Vide, les Couches Minces,Cannes 1980, (Editors D.A.Degras and M.Costa) p.865

18. Z.Crljen and B.Gumhalter, Motion and sticking of quantum particles near polarizable surfaces, (Ohrid 1980), Fizika 12(1980) Suppl.
19. B.Gumhalter, prisustvovao 3.Evrop.konf.o fizici površina (Cannes 1980)

Magistarski i diplomski radovi

20. I.Batistić, Utjecaj termodinamičkih fluktuacija na periodične nesumjerljive strukture u lančastim sistemima, PMF, Zagreb,1980.,Mag.rad
21. Z.Penzar, Statistički model apsorpcije na površinama metala, Diplomski rad, PMF, Zagreb, 1980.

III Seminari održani u IFS-u u 1980.godini

- Prof.A.LUCAS, University of Namur, Belgium, "INELASTIC CROSS-SECTIONS AND FLUORESCENCES IN ION SURFACE SCATTERING" 10.1.1980.
- Dr.D.KIRIN, OOUR FEP, Institut "Rudjer Bošković" Zagreb, "RAMAN SPEKTROSKOPIJA MOLEKULARNIH KRISTALA POD VISOKIM PRITISKOM" 17.1.1980.
- Dr.S.BRAZOVSKII, L.D.Landau Inst.for Theoretical Physics, Moscow, "QUASI ONE DIMENSIONAL SEMICONDUCTORS" 28.2.1980.
- Prof.B.KASEMO, Physics Dept., Chalmers Univ., Göteborg, "SURFACE CHEMILUMINESCENCE" 26.3.1980.
- Prof.B.KASEMO, Phys. Dept., Chalmers Univ., Göteborg, "ADSORPTION AND CATALYTIC REACTIONS OF H₂, CO and O₂ on Pt" 27.3.1980.
- Dr.A.RUBČIĆ, IFS, "TERMODINAMIČKE VELIČINE TALJENJA" 1.4.1980.
- A.KURSUMOVIĆ, Institut za fiziku Sarajevo i School of Engineering and Applied Sciences, Brighton, U.K., "MEHANIČKA SVOJSTVA I STRUKTURNA RELAKSACIJA AMORFNIH SLITINA" 18.4.1980.
- Dr.P.MONCEAU, CNRS Low Temperature Lab., Grenoble, "PHASE TRANSITIONS IN ONE DIMENSIONAL TRICALCOGENIDES (NbSe₃TaS₃ ...)" 24.4.1980.
- Prof.T.EGAMI, Max-Planck Institut für Metallforschung, Stuttgart and University of Pennsylvania, USA, "ATOMIC SHORT RANGE ORDER IN AMORPHOUS SOLIDS" 13.5.1980.
- Z.VUČIĆ, IFS, "RAZDVAJANJE FAZNIH DOGADJAJA INDUCIRANIH PROMJENOM SASTAVA STEHIOMETRIJSKOG BAKAR SELENIDA (Cu₂Se)" 15.5.1980.
- Prof.S.BARIŠIĆ, IFS, "SUPRAVODLJIVOST I ODOJNA MEDJUDJELOVANJA" 5.6.1980.
- Prof.Lj.NOVAKOVIĆ, PMF Kragujevac, "DVIDIMENZIONALNI ISINGOV MODEL U MAGNETNOM POLJU" 12.6.1980.
- Dr.K.HOLCZER, CENG, Grenoble and Central Research Institute for Physics, Budapest, "MAGNETIC RESONANCE STUDIES OF UNDOPED(CH)_x" 10.7.1980.
- Prof.D.D.KONOWALEW, Dept.of Chemistry, State Univ.of New York at Binghamton, "THE ELECTRONIC STRUCTURE AND SPECTRA OF SOME LOW LYING STATES OF ALKALI DIMERS" 11.9.1980.
- Prof.M.SUNJIĆ, IFS, "ELEKTRONSKA SPEKTROSKOPIJA VIBRACIJA NA POVRŠINAMA" 18.9.1980.
- Prof.J.PRZYSTAWA, Inst.Theor.Physics, Univ.Wroclaw, "FIRST-ORDER ORDER-DISORDER TRANSITION IN LITHIUM FERROSPINEL" 16.10.1980.
- S.TOMIĆ, IFS, "KALORIMETRIJSKA ISPITIVANJA FAZNIH PRIJELAZA U NbSe₃" 24.10.1980.
- B.KORIN, IFS, "MAGNETOOTPOR ORGANSKOG VODIČA HMTSF-TCNQ" 24.10.1980.

- Dr. P. HEINZEL, Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Sci. Observatory Ondřejov, Prag, "REDISTRIBUTION OF RESONANCE RADIATION, ASTROPHYSICAL APPLICATIONS" 21.11.1980.
- Dr. S. MEGTERT, Lab. Phys. des Solides, Orsay, "RECENT NEUTRON SCATTERING MEASUREMENTS OF TTF-TCNQ UNDER PRESSURE" 27.11.1980.
- Dr. A. HAMZIĆ, IFS, "ORBITALNI EFEKTI I MAGNETSKA UREDJENJA U LEGURAMA S PRELAZNIH METALIMA" 18.12.1980.
- Dr. V. A. KOMAROVSKI, Institut fizike Lenjingradskog državnog univerziteta, "METODE MJERENJA JAKOSTI OSCILATORA SPEKTRALNIH LINIJA I VREMENA ŽIVOTA POBUDJENIH STANJA" 23.12.1980.

IV S L U Ž B A D O K U M E N T A C I J E

Voditelj biblioteke:

MARICA FUČKAR, prof. dipl.bibliotekar

Stručni suradnik:

MLADEN MOVRE, magistar fizičkih nauka - znan.suradnik

Prikaz rada

Biblioteka je tokom 1980. godine, nastavila aktivnošću u okviru institutskih mogućnosti i zahtjeva.

FOND BIBLIOTEKE

1. knjige 2602
2. periodika 155 naslova
3. diplomske radnje 425
4. magistarske radnje 85
5. disertacije 55
6. katalozi periodike 19

NABAVNA POLITIKA

Nabava periodike vrši se putem članstva znanstvenih radnika u inozemnim znanstvenim društvima i putem izdavačkog poduzeća "Mladost", DMF-a kao dar, te putem pretplate Fizičkog zavoda a časopisi se pohranjuju na IFS-u.

U 1980. godini biblioteka je primala 155 domaća i strana časopisa. Kao dar pristizalo je 27, a na članstvo 37 naslova časopisa.

Nabava knjiga vrši se kupnjom preko izdavačkog poduzeća "Mladost" i povremenim primanjem knjiga na dar.

U toku 1980. godine, nabavljeno je 197 novih knjiga.

FUNKCIJA BIBLIOTEKE

Funkcija biblioteke ne iscrpljuje se u nabavi, obradi, zaštiti i posudbi bibliotečnog fonda.

Djelovanje biblioteke mnogo je šire, jer ona mora raznovrsnim sredstvima informiranja uči u same procese studijskog i znanstveno-istraživačkog rada.

Biblioteka nastoji slijediti svojom politikom nabave, katalogizacijom, režimom posudbe, informativnom službom, potrebe znanstveno-istraživačkog rada i zadovoljavati stručne interese.

Posebni zadaci djelatnosti biblioteke jesu:

1. da nabavlja, sredjuje, čuva, stručno obradjuje i daje na korištenje sve publikacije koje su potrebne za znanstveno-istraživačku djelatnost IFS-a,
2. da u okviru sustava informacija odabire, skuplja, pohranjuje, obradjuje i prenosi sve vrste informacija za potrebe znanstveno-istraživačkog rada Instituta,
3. da izradjuje bilten prinova knjiga i popis časopisa,
4. da suradjuje sa sveučilišnim i znanstvenim bibliotekama Hrvatske i Jugoslavije,
5. da pruža pomoć i suradjuje s drugim bibliotekama i srodnim ustanovama,
6. da dostavlja podatke Nacionalnoj i Sveučilišnoj biblioteci u Zagrebu, u svrhu izrade nacionalne bibliografije i vođenje centralnog-republičkog kataloga,
7. da dostavlja bibliografske podatke o stranim knjigama i časopisima koje biblioteka prima, Jugoslavenskom bibliografskom institutu u Beogradu,
8. da zaštićuje fond periodike uvezivanjem,
9. da čuva i obradjuje diplomske radnje, magistarske radnje i disertacije obranjene na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Zagreb, iz područja fizike,

10. da vrši interne poslove biblioteke i administrativne poslove biblioteke.

KLASIFIKACIJA

Klasifikacija knjiga vrši se po INSPEC-klasifikaciji, internacionalnoj klasifikaciji za područje fizike, elektrotehnike i elektronike i kompjutora i kontrole.

KATALOGIZACIJA I KNJIGA INVENTARA

Cjelokupni bibliotečni materijal se inventarizira i stručno obradjuje tj. katalogizira.

Biblioteka vodi dvije vrste kataloga: abecedni i naslovni a predmetni katalog je u izradi.

Izrada dodatka prvom tiskanom katalogu periodike Instituka za fiziku Sveučilišta u Zagrebu (1977) je u završnoj fazi a tiskan će biti u 1981. godini.

TEHNIČKA OBRADA BIBLIOTEČNE GRADJE

U biblioteci se i tehnički obradjuje sva bibliotečna gradja tj. stavljaju se pečati, lijepe naljepnice za signaturu, knjižni džepići i datumnici te ispisuju knjižni listići.

OTPIS KNJIGA

U skladu s odredbama Zakona o bibliotečnoj djelatnosti i bibliotekama, pripremljen je otpis onih knjiga koje se smatraju izgubljenim jer ih se ni na koji način nije moglo pronaći.

Broj otpisanih knjiga iznosi 169 knjiga.

KOPIRANJE

Na aparatu za kopiranje koji je nabavljen u 6. mjesecu 1980. godine, izradjeno je u 1981. godini 37 758 kopija.

RADNO VRIJEME I POSUDBA BIBLIOTEČNE GRADJE

Biblioteka radi od 8,30 do 17 sati.

Biblioteka posudjuje knjige na ograničen rok od 6 mjeseci za korisnike Instituta, izvan Instituta samo uz revers i to na ograničen rok od mjesec dana.

Uvezane časopise posudjuje za korisnike Instituta na rok od mjesec dana a neuvezane na tjedan dana.

Korisnicima izvan Instituta posudjuje uvezane časopise na tjedan dana a neuvezane samo na korištenje u biblioteci i za izradu xerox-kopija.

SURADNJA SA STRUČNIM SURADNIKOM BIBLIOTEKE

U rješavanju stručnih i svih važnijih pitanja za rad biblioteke redovno je ostvarivana suradnja sa stručnim suradnikom biblioteke mr Mladenom Movre.

FINANCIJSKI POKAZATELJ VRIJEDNOSTI BIBLIOTEKE IFS-a do zaključno 31.12.1980. godine.

- do 31.12.1980. godine, za knjige i periodiku utrošeno je ukupno 2,906.624,90 dinara.

U toku 1980. godine, utrošeno je u biblioteci za uplatu članarina znanstvenih radnika, za nabavu knjiga i periodike 685.105,10 dinara.

V. TAJNIŠTVO

Tajništvo obavlja sve administrativne, financijske, materijalne, tehničke i razne pomoćne poslove Instituta.

Tajnik:

OSVIT DVORZAK, dipl.pravnik	1	(do 31.3.1980)
MELITA PELC, dipl.pravnik	1	(od 21.4.1980)

Struktura i sastav:

- Služba općih poslova
- Služba računovodstva
- Nabavno-skladišna služba
- Knjižnica
- Radionica

Brojno stanje na dan 31.12.1980.

služba općih poslova	6
služba računovodstva	2
nabavno-skladiš.služba	2
knjižnica	1
radionica	2

Program znanstvenog rada Instituta u 1980.godini financirali su:

a) Samoupravna interesna zajednica za znan.rad	- SIZ-I	7,262.115,80
	- SIZ-III	164.285,00
b) RSIZ - usmjer.obrazovanja		4,721.000,00
c) PMF u Zagrebu		628.301,65
d) Financ.-učešće RiZ-Tvor.poluvodiča		745.680,00
e) Ostali prihodi	- NEK	2,739.718,10
	- "Industrogradnja", "R.Končar"	681.300,00
	- ostali	763.096,00
	UKUPNO	17,705.496,55