

IZVJEŠTAJ O RADU
INSTITUTA ZA FIZIKU SVEUČILISTA U ZAGREBU

ZAGREB
1. 1. - 31. 12. 1978.

S A D R Ž A J

	Strana
I ORGANI UPRAVLJANJA	1
Zbor radnika	1
Radnički savjet	1
II IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA	2
ODJEL FIZIKE METALA I	2
Pregled istraživačkog rada	3
Popis radova	6
ODJEL FIZIKE METALA II	8
Pregled istraživačkog rada	9
Popis radova	18
ODJEL OPTIČKA SVOJSTVA KRISTALA	22
Pregled istraživačkog rada	22
ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA	24
Pregled istraživačkog rada	25
Popis radova	31
ODJEL FIZIKE POLUVODIČA	33
Pregled istraživačkog rada	33
Popis radova	37
ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA	38
Pregled istraživačkog rada	38
ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU	43
Pregled istraživačkog rada	43
Popis radova	47
III Seminari održani u IFS-u u 1978.godini	49
IV Služba dokumentacije	50
V Tajništvo	54

I ORGANI UPRAVLJANJA INSTITUTA

ZBOR RADNIKA

Predsjednik Zbora radnika

dr ANTON TONEJC, docent PMF-a Sveuč. u Zagrebu - znan. surad. (do 20.12.1978)

mr MARKO MILJAK, magistar fiz. nauka - znan. asistent (od 21.12.1978)

RADNIČKI SAVJET

Predsjednik Radničkog savjeta

mr ZLATKO VUČIĆ, magistar fiz. nauka - znan. asistent (do 31.5.1978)

mr DALIBOR VUKIČEVIĆ, magistar fiz. nauka - znan. asistent (od 31.5.1978)

Članovi Radničkog savjeta:

DALIBOR VUKIČEVIĆ, mr fiz. nauka - znan. asistent

JOHN COOPER, dr fiz. nauka - znan. suradnik

MARICA FUČKAR, bibliotekar

BRANKO GUMHALTER, dr fiz. nauka - znan. asistent

AMIR HAMZIĆ, mr fiz. nauka - znan. asistent

MIRJANA KRIZMANČIĆ, v. financ. ref.

VILIM LEPČIN, v. tehn. suradnik

IVAN ILIĆ, doc. Elektrot. fakulteta - predst. Sveučilišta

MLADEN MARTINIŠ, viši znan. surad. IRB-a - predst. Sveučilišta

VIJEĆE PROČELNIKA

Članovi Vijeća pročelnika:

dr Slaven BARIŠIĆ, viši znan. suradnik - pročelnik Odjela teor. fizike

dr Antun BONEFAČIĆ, znan. savjetnik - pročelnik Odjela fiz. met. I

dr Boran LEONTIĆ, znan. savjetnik - pročelnik Odjela fiz. metala II

dr Zvonimir OGORELEC, viši znan. surad. - proč. Odjela fiz. poluvodiča

dr Mladen PAIĆ, znan. savjetnik - proč. Odjela optička svojstva kristala

dr Vladis VUJNOVIĆ, viši znan. surad. - proč. Odjela fiz. ioniz. plinova

DIREKTOR INSTITUTA:

dr BORAN LEONTIĆ, znan. savjetnik - pročelnik Odjela fiz. metala II

II IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA

ODJEL FIZIKE METALA I

Pročelnik 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 - znan.suradnik

DAVOR DUŽEVIĆ, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent (od travnja 1978. radi u Institutu "R.Končar")

DRAGAN KUNSTELJ, magistar fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

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

ANDJELKA TONEJC, magistar fiz.nauka, asistent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

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

OGNJEN MILAT, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

Tehnički suradnici:

VILIM LEPČIN, viši tehn.suradnik

DARINKA ŠTOKIĆ, sam. tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

1. Istraživanje kristaličnih metastabilnih metalnih slitina

Pri istraživanju metastabilnih slitina posebna pažnja bila je obraćena utjecaju defekata kristalne rešetke na fizička svojstva slitina. Tako je nastavljeno višegodišnje istraživanje distorzije rešetke matrice zbog prisutnosti koherentnih precipitata. Istraživani su kontrasti koje distorzije uzrokuje na elektronsko-mikroskopskim slikama uz istovremenu pojavu Moiré pruga. Teorijski su obradjivani precipitati u različitim orijentacijama, te su uz pomoć kompjuterske simulacije uspoređivani rezultati teorije i eksperimenata u brzo kaljenoj slitini aluminija i nikla. Visoka tvrdoća u sustavu Al-3,6at% Ni i njena temperaturna ovisnost objašnjeni su pojavom polja distorzije oko metastabilnih precipitata, njihovim rastom i transformacijom u stabilnu ϵ -Al₃Ni fazu. Maksimalne tvrdoće u Al-Ni i Al-Ni-Sn sustavima kaljenim iz tekuće faze, koje su oko 15, odnosno 23 puta veće od tvrdoće čistog aluminija, protumačene su interakcijom dislokacija i polja distorzije precipitata (vidi rad 21). Utvrđeno je da je povećana tvrdoća Al-Ni-Sn slitine u odnosu na Al-Ni slitinu (oko 1,5 puta) prouzrokovana utjecajem kositra na veličinu i gustoću precipitata metastabilne faze. Ta je pojava objašnjena jakom interakcijom kositra s prazninama u aluminiju i stoga znatno pojačanom difuzijom Ni-Sn-praznina tripleta u početnom stadiju transformacije Al-Ni-Sn slitine. Ustanovljeno je da se Al-Ni-Sn slitina u početnim stadijima dozrijevanja vrlo brzo transformira, da bi se u kasnijim stadijima ponašala puno stabilnije (sporiji rast metastabilnih precipitata) od Al-Ni slitine. To je protumačeno utjecajem koeficijenta difuzije Sn atoma, koji je izmjeren i iznosi, u početku raspadanja Al-Sn slitine, oko $5 \cdot 10^{-18} \text{ cm}^2/\text{s}$. Nakon izlučivanja kositra u obliku vrlo malih kuglica (promjera oko 150-200 nm) i anihilacije praznina na ponorima taj koeficijent postaje znatno manji, oko $10^{-19} \text{ cm}^2/\text{s}$, tj. $D_{\text{početni}}/D_{\text{kasniji}} \approx 50$.

Tehnikom trenutnog isparivanja iz plinovite faze prethodno sinteriziranih slitina Al-Ni u širokom rasponu koncentracija od 0 do 75at% nikla, dobiven je veći broj metastabilnih faza. Istraživane su im kristalografske karakteristike neposredno nakon kaljenja, kao i tijekom popuštanja na povišenim temperaturama. Utvrđeno je da su neke od tih metastabilnih faza vrlo postojane. Homogeni i kompaktni tanki slojevi slitina aluminij-nikal dobro prijanjaju uz staklenu i metalnu podlogu, a kako metoda trenutnog isparivanja pouzdano reproducira sastave, tanki Al-Ni filmovi mogu imati tehničku primjenu kao prevlake.

Nastavljeno je ispitivanje utjecaja dodatka karbida na strukturalna i mehanička svojstva kobalta. Uz linearni porast tvrdoće, koji siže do visokih vrijednosti reda 9 GPa, u ravnini kaljenih diskova utvrđen je i osjetan porast magnetske tvrdoće. Započeto je sistematsko ispitivanje uzroka porasta magnetske tvrdoće u brzo kaljenim uzorcima. U tu svrhu analizirat će se unutrašnja naprezanja i pogreške u slaganju u sustavu Co-WC.

Razmatran je utjecaj netočno odabrane pozadine na efektivne veličine domena i mikronaprezanja dobivenih pri rendgenskoj difrakcijskoj analizi slitina srebro-kositar. Takodjer je proučavan utjecaj različitih tretmana popuštanja standardnog uzorka. Pokazalo se da su pogreške koje nastaju zbog previsokog nivoa pozadine mnogo značajnije od pogrešaka koje unose različiti standardi. Osim metoda Warrena i Averbacha, koja koristi dva reda refleksa, korištena je i metoda jednog refleksa (Gangulee 1975). Rezultati efektivnih veličina domena i mikronaprezanja, koji su dobiveni obim metodama u dobrom su međusobnom slaganju.

2. Istraživanje selenida bakra i indija

S obzirom da su naši eksperimentalni rezultati ukazivali da bi fazni prijelaz $\alpha \leftrightarrow \beta$ u bakar selenidu (Cu_2Se) mogao biti prijelaz tipa red-nered, nastoji se odrediti elementarnu ćeliju uredjene faze kao superćeliju neuredjene. Do sada nije nadjeno zadovoljavajuće rješenje uslijed velikog broja refleksa koji se javljaju u kutnom području od 0 do 41° Braggovog kuta (98 refleksa). Dosađajni rezultati ukazuju da bi superrešetka trebala imati tetragonsku ili ortorompsku jediničnu ćeliju.

U spojevima indija sa selenom odredjene su parametri ćelija, te prostorne grupe za slijedeće faze: InSe, α - In_2Se_3 , β - In_2Se_3 , γ - In_2Se_3 i δ - In_2Se_3 .

U toku je rad na točnom odredjivanju fazne granice $\alpha \leftrightarrow \beta$ u bakar selenidu Cu_{2-x}Se ($0 \leq x \leq 0.25$), te na ispitivanju strukturalnih i fizičkih svojstava mješavina In_2Se_3 u svim mogućim omjerima.

3. Istraživanja amorfnih slitina

Nastavljena su ispitivanja svojstava amorfnih slitina s bazom Fe-Ni. Mjerenjem mikrotvrdoće ispitana je stabilnost slitina u širokom opsegu sastava i u temperaturnom intervalu od 30 do 1000°C . Dva zapažena maksimuma u mikrotvrdoći,

ispod i iznad temperature kristalizacije, objašnjeni su strukturnim promjenama uzrokovanim žarenjem. Strukturne promjene su praćene metodom rendgenske difrakcije u toku postupka popuštanja. Predložen je model na osnovu kojeg se mogu objasniti promjene tvrdoće amorfni slitina, s Fe-Ni bazom, a koje su prouzrokovane porastom koncentracije željeza.

Struktura amorfne faze slitine $Zr_{.76}Fe_{.24}$ ispitivana je tehnikom transmisionne elektronske mikroskopije i ustanovljeno je da se može zadovoljavajuće opisati modelom politetraedarske, topološki neuredjene strukture. Ispitivana je relaksacija amorfne faze te slitine i ustanovljeno je da je početak raspada analogan raspadu većine poznatih amorfni metalnih slitina, tj.:

amorfna faza \longrightarrow krist.faza FCC \longrightarrow krist.faza niže simetrije. Ispitivana je kinetika kristalizacije amorfne faze Zr-Fe izotermnim popuštanjem na $350^{\circ}C$ i ustanovljeno je da se rast kristala do koalescencije može opisati jednostavnim modelom koji uzima u obzir promjenu slobodne energije pri kristalizaciji i energiju površine kristalne faze. Odredjeni su koeficijenti transformacije.

Ispitivana je struktura kristalnih faza nastalih raspadom amorfne faze Zr-Fe tehnikom elektronske difrakcije i ustanovljeno je da najprije nastaje nesredjena FCC rešetka s parametrom oko $5,4 \text{ \AA}$, a zatim sredjena $L1_2$ struktura tipa Au_3Cu . Strukturna ispitivanja se nastavljaju.

Popis radova

A. Tiskani radovi i radovi u tisku:

1. D. Dužević and A. Bonefačić, Electron probe microanalysis applied to very thin layers of Al-Ni alloys, X-ray Spectrometry, 7(1978) 152-155.
2. D. Dužević and A. Bonefačić, Schnellhärten von Hartmetallen, Fachberichte, 8 (1978) 592-598
3. V. Franetović, O. Milat, D. Ivček and A. Bonefačić, Quenching efficiency of some splat cooling devices, J. Mat. Sci., 14(1979)498-500.
4. M. Stubičar, Microhardness characterization of stability of Fe-Ni base metallic glasses, J. Mat. Sci., u tisku

B. Radovi upućeni u tisak:

5. A. Tonejc, S. Popović, High temperature investigations of the system $Ga_2Se_3-InSe_3$, J. Appl. Cryst., poslano u tisak
6. S. Popović, A. Tonejc, B. Gržeta-Plenković, B. Čelustka, Revised and new crystal data for indium selenides, J. Appl. Cryst., poslano u tisak

C. Sudjelovanje na konferencijama (s tiskanim radovima)

7. T. Ivezić, M. Očko, E. Babić, M. Stubičar and Ž. Marohnić, Correlation between microhardness and magnetic properties in amorphous Fe-Ni alloys, The Proceedings of the 3rd Int. Conf. on R.Q.M., 3-7 VII 1978, Brighton, England, 1978. Rapidly Quenched metals III, Vol. 2, ed. B. Cantor, pp 380-383, 1978. London, Chameleon press.
8. M. Stubičar, T. Ivezić and E. Babić, Microhardness of amorphous ferromagnets, The Proceedings of the Conference on A.M.M., 26-29 IX 1978, Smolenice, Czechoslovakia, 1978, u tisku.
9. M. Stubičar, T. Ivezić, E. Babić and M. Očko, The microhardness of transition metal-metalloid glasses, 6. Jug. Simp. fiz. kond. mater., rujan 1978, Kruševac, Fizika, Suppl., u tisku.
10. O. Milat and D. Kunstelj, Crystallization of amorphous Zr-Fe alloy quenched by the levitation method, Fizika, u tisku.

11. Z.Vučić, Z.Ogorelec and A.Tonejc, Critical phenomena at phase transition to superionic state, 6.Jug.Simp.fiz.kond.mater,rujan 1978,Kruševac, Fizika, Suppl., u tisku.
12. A.M.Tonejc and A.Kirin, X-ray diffraction study of splat quenched Ag-Sn alloys, Proceedings of the 3rd Int.Conf. on R.Q.M., 3-7 VII 1978, Brighton, England, Rapidly Quenched metals, III.Vol.1, ed.B.Cantor, pp 176-179, 1978, London, Chameleon press.
13. D.Dužević and A.Bonefačić, Examination of some rapid quenched cobalt tungsten carbide alloys, Proceedings of the 3rd Int.Conf. on R.Q.M., 3-7.VII 1978, Brighton, England, Rapidly Quenched Metals III, Vol.1 ed.8.Cantor,pp 151-154, 1978, London, Chameleon press.

D.Sudjelovanje na konferencijama (bez tiskanih radova)

14. A.Tonejc, Z.Vučić and J.Šubić, Unusual structural behavior of copper selenides $Cu_{2-x}Se$, XII Konferencija Jug.centra za kristalografiju, Predvor, 7-9 VI 1978.

E. Stručni radovi

15. D.Dužević, Algoritam elektronske mikroanalize homogenih sistema, Rudarsko-metalurški zbornik, 1(1978) 592-598
16. O.Milat i D.Dužević, Uredjaj za brzo kaljenje metala i metalnih slitina s visokim temperaturama tališta, Elektrotehnika, 5/6,420 (1977)
17. T.Ivezić, M.Očko, E.Babić i M.Stubičar, Veza izmedju mikrotvrdoće i magnetskih svojstava amorfnih Fe-Ni slitina, Elektrotehnika, 5/6, 387 (1977)

F. Magistarski radovi

18. O.Milat, Strukturna svojstva slitine Zr-Fe kaljene metodom levitacije, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1978.
19. V.Franetović, Proučavanje defekata strukture sistema Ag-In, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1978.

G. Diplomski radovi

20. S.Prohić, Mjerenje superplastičnih svojstava eutektične slitine Sn-Pb metodom indentacije, Zagreb, 1978.
21. R.Pljevaljčić, Elektronsko-mikroskopsko istraživanje Al-Ni-Sn slitine, Zagreb, 1978.

ODJEL FIZIKE METALA II

Pročelnik odjela:

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

Znanstveni suradnici:

EMIL BABIĆ, doktor fiz.nauka, docent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni suradnik

JOHN COOPER, doktor fiz.nauka - znanstveni suradnik

DANIJEL DJUREK, doktor fiz.nauka - znan.asistent

KATICA FRANULOVIC-BILJAKOVIĆ, dipl.ing.fiz.- asistent-postd.

AMIR HAMZIĆ, magistar fiz.nauka - znan.asistent

BOJANA KORIN, dipl.ing.fizike - asist.-postd.

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

ZELJKO MAROHNIC, dipl.ing.fizike - asist.-postd.

MILJAK MARKO, magistar fiz.nauka - znan.asistent (do 10.9.78.na spec.Orsay

JAGODA LUKATELA, magistar fiz.nauka - znan.asistent

MIROSLAV OČKO, dipl.ing.fiz. - asistent-postd.

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

ANTUN RUBČIĆ, doktor fiz.nauka, docent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
- znanstveni asistent

MLADEN PRESTER, dipl.ing.fiz. - asistent-postd.

SILVIA TOMIĆ, dipl.ing.fizike - asist.-postdipl.

IGOR ZORIĆ, doktor fiz.nauka, znan.asistent Prirodoslovno-mate-
matičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - znan.asistent

Tehnički suradnik:

MILAN SERTIĆ, v.tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

1. Istraživanja fizikalnih svojstava metala i slitina

1.1. Istraživanje amorfnih metalnih slitina

Mjereni su električni otpori, magnetootpor, termoelektrične struje i Hallov efekt u amorfnim $Fe_{1-x}B_x$, $Fe_xNi_{80-x}B_{20}$ i $Fe_xNi_{80-x}P_{14}B_6$ slitinama. Takodjer su započeta mjerenja magnetizacije, specifične topline i Mösbauerovog efekta u istim sistemima. Navedene slitine predstavljaju nove amorfne feromagnete koji imaju značajne mogućnosti primjene. (Primjera radi slične slitine već se koriste kod proizvodnje specijalnih transformatora). Spomenuta ispitivanja su ujedno prva sistematska istraživanja transportnih svojstava amorfnih slitina u svijetu. Cilj istraživanja je bio da se doprinese razumijevanju anomalnog ponašanja električnog otpora na niskim temperaturama te da se preko istraživanja magnetskog doprinosa električnom otporu sazna nešto više o specifičnostima magnetskog uređenja u amorfnim (neuredjenim) slitinama.

Po prvi put je pokazano (1) da se anomalni otpor amorfnih slitina saturira na najnižim temperaturama (0.05K) slijedeći $-T^2$ ovisnost. Iako točan mehanizam anomalnog ponašanja električnih otpora amorfnih slitina još nije poznat, ovaj rezultat omogućuje da se odbace svi teorijski modeli koji ne predviđaju zasićenje otpora (2). Istraživanja promjena u niskotemperaturnom električnom otporu uzrokovanih termičkom obradom amorfnih slitina ukazuju da anomalni doprinos električnom otporu isčezava (3,4) tek u stabilnom stanju sistema (tj. po završetku faznih promjena). Najnovija rezistometrijska i strukturna istraživanja kombinirana sa Mössbauerovim efektom ukazuju (5,6) da anomalni otpor nije specifičan za amorfne slitine već da se javlja i u nestehiometrijskim intermetalnim spojevima. Proučavanje promjena u temperaturnom koeficijentu otpora uzrokovanih termičkom obradom amorfnih slitina ukazuju da bi on mogao biti najbolji pokazatelj kvalitete kaljenja amorfnih slitina (4).

Istraživanja galvanomagnetskih efekata (Hallov efekt, magnetootpor) omogućuju gotovo potpunu karakterizaciju magnetskih svojstava ovih sistema (Curieva temperatura, magnetizacija zasićenja, magnetska anizotropija i koereitivno polje). Ta mjerenja su potvrdila vrlo dobra svojstva nekih

feromagneta kod većine ovih slitina te pokazala da slitine s malom koncentracijom Fe (x) nisu homogeni feromagnetni već su na granici prema paramagnetnom stanju tj. nalaze se u režimu mictomagneta odnosno spinskih stakala. Mjerenja magnetootpora u najvišim magnetskim poljima postignutim kod nas (7,5T) pokazuju da^{Se} u anomalni otpor u gore spomenutim slitinama sastoji od barem dva dijela od kojih je jedan nedvojbeno magnetskog porijekla. Time je po prvi put uopće dokazano prisustvo magnetskog doprinosa u anomalnom otporu amorfni slitina. Ti rezultati su u skladu sa sistematskim istraživanjima električnog otpora u i bez prisustva vanjskog magnetskog polja (7,8,9,10,11) te sa rezultatima istraživanja ostalih transportnih svojstava amorfni slitina (12).

Iako ova istraživanja daju uvid u magnetska svojstva ovih slitina saznanja o prirodi magnetizma u neuredjenim slitinama moguće je dobiti tek iz kritičnog ponašanja električnog otpora (ustvari njegovog temperaturnog koeficijenta) u blizini Curieve temperature. Preliminarna ispitivanja izvršena na četiri amorfne slitine ukazuju da u slitinama gore navedenih tipova smanjenjem koncentracije željeza ne dolazi samo do slabljenja magnetskih svojstava već da se i priroda prijelaza u feromagnetsko stanje mijenja (13,14). Ti rezultati su u skladu sa nedavnim mjerenjima termoelektromotorne sile (15) i specifične topline u tim slitinama. Mjerenja Mössbauerovog efekta (u suradnji sa istraživačima iz KFKI, Budapest) ukazuju da u spomenutim slitinama pojedinačni magnetski momenti slijede istu krivulju magnetizacije (16) što se uglavnom nije očekivalo.

Opširniji opis magnetskih i transportnih svojstava navedenih slitina nalazi se osim u (2) i (12) i u stručnim publikacijama (17) i (18).

1.2. Magneto-transportna svojstva PtX legura (X=Co,Fe,Mn)

Kao nastavak suradnje s laboratorijem u Orsayu, izvršeno je niz mjerenja Hallovog efekta i magnetootpora legura PtCo (0.04-2.6at%), PtFe (1-3.2at%) i PtMn (0.05-0.5at%), u cilju istraživanja orbitalnog magnetizma magnetskih primjesa.

U ispitivanjima anomalnog Hallovog efekta PtCo legura pokazalo se da za $T < 6K$ postoji doprinos koji dolazi kao posljedica orbitalnog magnetskog momenta Co primjesa, a ponašanje Hallovog efekta je kvalitativno isto kao

i susceptibilnosti: u slučaju razrijeđenih legura efekt je proporcionalan koncentraciji izoliranih Co atoma, a za $c > 0.5$ at% interakcije Co primjese dovode do formiranja magnetskih parova koji dominiraju. Ipak, iz rezultata Hallovo efekta nije moguće posve razdvojiti ova dva doprinosa kao što je to bilo moguće kod analize susceptibilnosti. Mjerenjem Hallovo efekta Pt-2.6%Co do 60K određena je Curieva temperatura tog uzorka (36K). Vrijednost Hallovo otpora za ovaj uzorak u feromagnetskom području, proporcionalna je magnetizaciji i normalizacija ostalih rezultata pomoću te vrijednosti omogućava detaljniju analizu.

PtFe je feromagnet na najnižim temperaturama, a Hallov kut ($\phi_H = \rho_{xy}/\rho_o$) opada s padom koncentracije; u slučaju PtCo ϕ_H je bio približno neovisan o c.

Za PtMn legure Hallov efekt ne ovisi o koncentraciji, a temperaturna ovisnost je veoma slaba. (Ovaj sistem je u mjenom temperaturnom intervalu paramagnetik, dok je na najnižim temperaturama ($T \approx 1K$) spinsko staklo).

Dobiveni rezultati, koji pokazuju da u legurama na bazi Pt, Co (za razliku od Fe i Mn) ima određeni orbitalni magnetski moment, su u skladu s već prije izvršenim mjerenjima na legurama PdX ($X = Co, Ni, Mn, Fe$), a takodjer se nadopunjuju s onima za AuCr i AuFe.

Mjerenja magnetootpora ovih istih legura bila su usmjerena na izotropni i anizotropni magnetootpor:

Izotropni magnetootpor PtCo legura je pozitivan za viša magnetska polja i proporcionalan s koncentracijom. Povećanjem koncentracije prisustvo interakcija (Co parovi) dovode do pojave (na najnižim temperaturama i za mala polja) negativnog magnetootpora ($\sim c^2$). Kod PtFe i PtMn legura magnetootpor je negativan: vanjsko polje izaziva magnetsko uredjenje koje je značajnije nego ono izazvano promjenom temperature. U slučaju PtFe je osim toga izraženo i postojanje magnona. U oba slučaja u paramagnetskom području, izotropni magnetootpor je proporcionalan kvadratu magnetizacije.

Anizotropni magnetootpor je posljedica kvadrupolnog momenta primjese. I za PtCo i za PtFe on je pozitivan (reda veličine 1%). Za sada još nije još moguće odgovoriti da li je takva vrijednost samo posljedica postojanja orbitalnog momenta same primjese; situacija nije posve analogna onoj za PdCo i PdFe (napr. dok su za PdCo anizotropni magnetootpor i hiperfino polje pozitivni, za PtCo je hiperfino polje negativno). Za PtMn je anizotropni magnetootpor nula jer Mn primjese nemaju kvadrupolni moment.

Magnetoopor feromagnetskih kristala (PdCo 1at%)

Zbog medjuzavisnosti vodljivosti i magnetizma, kod mjerenja magnetoopora feromagnetskog monokristala javlja se anizotropija, koju je moguće izraziti pomoću tzv. magnetokristaliničnih koeficijenata (k_i , $i=1,2,3,4,5$), i koji zavise o relativnoj orijentaciji struje i magnetskog polja prema kristalnim osima. U slučaju feromagnetskog polikristala, izotropni magnetoopor se mijenja prijelazom iz demagnetizirajućeg u magnetizirajuće stanje, i ta promjena je proporcionalna koeficijentu k_3 . Naša prijašnja mjerenja polikristala PdCo pokazala su značajni pad magnetoopora s porastom magnetskog polja, koji bi - u slučaju jakog k_3 efekta - bio posljedica pomicanja domena iz smjera lake magnetizacije pri djelovanju polja. No, ispitivanja angularne ovisnosti magnetoopora o polju za monokristale PdCo sa strujom u uzorku u smjeru (100) i (110) pokazala su da je k_3 koeficijent veoma mali ($\sim 0.1\%$). Zbog toga je za rezultate polikristala PdCo vjerojatnije objašnjenje da za $H = 0$, Co momenti nisu medjusobno paralelni unutar makroskopske domene, a uključivanje vanjskog polja dovodi do njihove orijentacije u jednom smjeru, tj. klasičnog feromagnetskog sistema, što snižava otpor.

1.3. Električna otpornost normalnih metala

Rad na istraživanju električne otpornosti nemagnetskih metala i razrijedjenih slitina u području niskih temperatura ($T < \theta_D/10$ gdje je θ_D Debyeova karakteristična temperatura) došao je u završnu fazu. U prethodnom su razdoblju sistematski i opsežno ispitane razrijedjene slitine aluminija i cinka, na osnovu čega je dana iscrpna analiza ponašanja tih sistema. Sada se pokazalo, da su upravo ti rezultati ključni za iznalaženje općih zakonitosti u ponašanju niskotemperaturne otpornosti različitih nemagnetskih sistema. Naime, iako noviji teoretski prilazi toj problematici (zasnovani na fenomenu intrinzične anizotropije u elektron-fonon raspršenju zbog postojanja jakih umklapp procesa) mogu približno objasniti otpornost nekih konkretnih sistema (napr. Al), ne postoji objašnjenje različite temperaturne ovisnosti otpornosti različitih metala (od T^3 kod Al do T^5 kod Zn). Sistemiziranjem i upoređivanjem postojećih eksperimentalnih podataka za različite sisteme nastojala

se dobiti cjelovita slika o mehanizmu električne otpornosti. Pokazalo se, da kao relevantni fizikalni parametri, koji u funkcionalnoj vezi s reduciranom temperaturom T/θ_D daju općenitiju sliku, mogu poslužiti:

- Intrinzična otpornost ρ_i , dobivena eksperimentalno za vrlo čiste uzorke (unutar "čiste granice") tj. za $\rho_0 < \rho'_0(T)$ (ρ_0 je rezidualna otpornost, ρ'_0 je vrijednost rezidualne otpornosti kod koje se počinju javljati "devijacije od Matthiessenovog pravila" (DMP)).

- Prirast temperaturno promjenjivog dijela otpornosti $\Delta(\rho_T - \rho_0)$ po dekadi promjene od ρ_0 u području gdje postoje DMP.

- Omjer ρ_i/ρ'_0 koji predstavlja omjer efektivnih frakcija raspršenja elektrona na fononima i raspršenja elektrona na primjesama.

Ovakovo upoređivanje omogućilo je razvrstavanje različitih sistema po jačini anizotropije Fermijevih ploha, te je tako dobivena jedinstvenija slika ponašanja otpornosti različitih sistema u području niskih temperatura

1.4. Mehanička i strukturna svojstva

Nedavno razvijene tehnike brzoga kaljenja, koje su se takodjer usvojile i razvile na IFS-u (vidi: Eksperimentalne metode UBK), omogućuju dobivanje amorfnih slitina u trakama gotovo neograničene dužine. Takovi uzorci pogodni su za ispitivanje nekih mehaničkih svojstava, kao napr. mikrotvrdoće zbog svoje polirane i sjajne površine.

Mikrotvrdoća tih slitina ispituje se zbog moguće korelacije između mehaničkih i magnetskih svojstava, što je od velike fundamentalne važnosti, te zbog njihovih mnogo boljih mehaničkih svojstava u odnosu na uobičajene kristalinične materijale, što je interesantno u primjeni.

U tu svrhu ispitivane su zajedno s odjelom Fizika metala I amorfne slitine na bazi Fe-Ni raznih koncentracija sa dodatkom različitih metaloida (B, P itd).

Kao prvo, ustanovljeno je da je mikrotvrdoća tih uzoraka velika (~ 1000 kp/mm²). Kao drugo, može se uočiti da povećavanjem koncentracije Ni mikrotvrdoća opada, slično kao što opada i magnetizacija tih slitina. Na osnovu tih mjerenja uspostavljena je semimpirijska veza između Vickersove mikrotvrdoće i srednje vrijednosti spina tih legura ($H_V \propto \langle s \rangle^2$). Mogući uzrok toj vezi je taj što su magnetska i mehanička svojstva određena položajem i punjenjem

3d nivoa NiFe, koje se karakterizira omjerom e/a. Daljnja istraživanja plastičnih, a i elastičnih svojstava mogla bi pokazati opravdanost tih pretpostavki.

Uporedo sa mehaničkim mjerenjima ispitivane su i strukturne promjene pri napuštanju tih slitina.

U cilju što detaljnijih ispitivanja svojstava uzoraka dobivenih ultrabrzim kaljenjem ispitivana je tekstura uzoraka dobivenih na "mlinu". Istraživanja teksture cinka i cinkovih slitina (ZnFe, ZnAg, ZnCo) pokazala su da ne postoji preferirana orijentacija u smjeru "valjanja". U svim uzorcima dominantan je nasumičan raspored kristalita. U slitinama sa "malim" postotkom primjese zamijećena je tekstura koju možemo okarakterizirati sa [0001] u smjeru hladjenja. U slučaju "većih" koncentracija primjese javlja se i dodatna tekstura $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ u smjeru hladjenja.

Stvaranje odredjenih tekstura može se veoma dobro objasniti sa procesima koji se javljaju pri hladjenju (a ne valjanju) i u skladu su sa ostalim radovima iz toga područja. Medjutim, ostaje da se objasni zašto omjer rezidualnog otpora $RRR > 0,6$, odredjuje granicu "većih" odnosno "manjih" koncentracija, a ne toliko vrsta primjese.

1.5. Razvoj metoda ultrabrzog kaljenja

Sagradjen je i pušten u pogon uredjaj za ultrabrzo kaljenje kontinuiranih metalnih traka. Uredjaj može služiti za ultrabrzo kaljenje najrazličitijih metalnih slitina u zraku ili kontroliranoj (inertnoj) atmosferi. Posebno je pogodan za dobivanje amorfnih slitina tipa metal metaloid te su do sada načinjene serije takvih slitina napr. $Fe_{1-x}B_x$, $Fe_{1-x}(BC)_x$ te razne meke magnetske trake (Fe Ni B P). U toku je i izrada sličnog uredjaja koji bi radio u vakuumu čime bi se postigao bolji kvalitet uzoraka.

Proučeni su efekti substrata i ostalih termodinamičkih parametara samog procesa ultrabrzog kaljenja u kontinuiranom režimu. Rezultati su objavljeni na međunarodnim konferencijama u Brightonu i Bratislavi te na VI Jug.simpoziju iz fizike kondenzirane materije u Kruševcu (30,31,32).

Eksperimentalna proučavanja magnetskih svojstava i vodljivosti organskih vodiča nastavljena su i ove godine, ali u reduciranom opsegu.

2. Magnetska svojstva

a) Provedena je pažljiva usporedba rezultata magnetske susceptibilnosti (χ_s) deuteriranih i normalnih uzoraka TTF-TCNQ (tetrathiotetracene tetracyanoquinodimethane) u temperaturnom području od 2.6 do 350 K. Ovaj eksperiment je motiviran potrebom da se razjasni u kojem se opsegu anomalno ponašanje magnetske susceptibilnosti $\chi_s(T)$ može pripisati vibracijama rešetke ili molekula. Preliminarni rezultati izneseni su na konferenciji u Dubrovniku 1978. Ova mjerenja se sada ponavljaju uz nekoliko poboljšanja tehnike. Specijalno, kvarcni nosač uzorka je napravljen manji nego do sada (4 mg umjesto 26-100 mg) i mjerenja se sada mogu izvoditi hladjenjem i grijanjem sa kontroliranom brzinom.

b) U drugoj polovici godine započeta su mjerenja magnetske susceptibilnosti uzoraka Q_n (TCNQ)₂ i TTF-TCNQ u koje su uneseni defekti na kontroliran način zračenjem brzih neutrona u reaktoru u Budimpešti. Dobiveni rezultati su uspoređeni s prijašnjim istraživanjima na IFS-u velikog broja drugih čistih organskih vodiča i organskih legura. Na osnovu toga može se zaključiti da ovisnost susceptibilnosti tipa $T^{-\alpha}$ na niskim temperaturama (uz $\alpha = 0.6-0.8$), koju je takodjer proučavalo i nekoliko drugih grupa posljednjih godina može biti uvjetovana vrlo malim brojem spinova (tipično 1%). Za opisivanje ovih eksperimentalnih rezultata korišten je model interagirajućih parova (vrlo sličan modelu iznesenom na konferenciji u Dubrovniku - Clark et al) ali koji je pogodniji za razrijedjeni spinski sistem.

3. Vodljivost

Istraživanja izotopnog efekta TTF-TCNQ (opisana detaljnije u izvještaju za 1977.god.) su nastavljena na kvalitetnijim uzorcima. Ovi novi rezultati daju jasniju sliku efekata različitih izotopa prisutnih u TTF-TCNQ na fazne prijelaze.

U metalnom režimu tj. za $T \gtrsim 53^0\text{K}$ TTF-TCNQ pokazuje anomalnu temperaturnu ovisnost vodljivosti i vrlo veliku ovisnost o primijenjenom hidroskom tlaku. Velika temperaturna ovisnost mjerenog otpora u ovom području temperatura karakteriziran je zakonom $R \approx AT^2+B$. Vrlo jaka ovisnost vodljivosti o tlaku nije bila adekvatno uzeta u obzir u literaturi u predloženim modelima raspršenja. Pokazano je () da ako se mjereni rezultati

tati otpora korigiraju zbog efekta termičke ekspanzije tada otpor kod konstantnog parametra rešetke ima ovisnost bliže linearnoj nego T^2 ovisnosti.

U suradnji s Odjelom za teorijsku fiziku IFS-a organizirana je u Dubrovniku, od 4-8 rujna 1978. Internacionalna konferencija o kvazi-jednodimenzionalnim vodičima.

Ovaj dio rada je načinjen za vrijeme jednogodišnje specijalizacije u Orsayu, M.Miljak.

Proširena su mjerenja otpora na brojne uzorke različite kvalitete uz još dodatna strukturna mjerenja (neutronska difrakcija pod tlakom). Strukturna mjerenja su pokazala da se kut nagiba molekula u odnosu na os lanca ne mijenja primjenom hidrostatskog tlaka. Rezultat korekcije otpora zbog termičke apsorpcije je linearna temperaturna ovisnost specijalno iznad 150°K neovisno o kvaliteti uzoraka. Mjerena je veličina $\frac{\delta \ln}{\delta p}$ (- vodljivost, p - hidrostatski tlak) za TTF-TCNQ u temperaturnom području od $70-360^{\circ}\text{K}$. Ova veličina je potrebna za računanje otpora kod konstantnog volumena.

Novi rezultat je da ova veličina nije linearna do najvećih mjerenih temperatura nego ima blagi maksimum na 300°K što kao posljedicu ima da otpor kod konstantnog volumena pokazuje izražen maksimum, koji koincidira sa maksimumom u magnetskoj susceptibilnosti. Ova mjerenja su doprinijela formuliranju teoretskog modela koji može kvalitativno opisati električna i magnetska svojstva.

Istraživana je ovisnost o tlaku temperatura triju faznih prelaza u TTF-TCNQ spoju koji su se mogli pratiti mjerenjem el. otpora u području tlakova od $0-30$ kbara. Samo jedan fazni prelaz ostaje za tlakove iznad 15 kbara. U tom području tlakova nadjen je režim širine 4 kbara centriran na 20 kbara gdje je ova jedina temperatura faznog prelaza maksimalna (71°K) i gdje je fazni prelaz prvog reda. Ovaj fazni prelaz vrlo izraženo prvog reda evidencija je o longitudinalnom "Lock-in" prelazu u komenzurabilnu $3b$ superrešetku (b -parametar rešetke) kao rezultat porasta prenosa naboja od 0.59 na $2/3$ elektrona. Relativno velika vodljivost i dijamagnetizam kod HMTSF-TCNQ spoja sugerirali su polumetalno ponašanje, kod niskih temperatura, te se prišlo mjerenju magneto otpora. Mjerenje magnetootpora pod tlakom pokazuje postojanje pozitivnog magneto otpora koji se sastoji iz saturirajućeg i H^2 (H -mag.polje) doprinosa. Osim toga magnetootpor pokazuje i oscilatorno ponašanje, sa malim brojem oscilacije, koje su periodične u $1/H$ dijagramu . Sve ovo ukazuje na mogući polumetalni karakter spoja.

4. Termostruje spinskih stakala

Reanalizirani su prijašnji rezultati mjerenja termostruje AuCr, AuMn i AuMn legura. Utvrđeno je postojanje novog linearnog doprinosa koji vjerojatno nastaje zbog nemagnetskog potencijalnog raspršenja (tj. virtualnog vezanog stanja). Uzme li se u obzir taj novi doprinos, tada preostali magnetski doprinosi u termostruji za različite sisteme postaju kvalitativno slični i mogu se povezati s drugim svojstvima.

5. Transportna i termodinamička svojstva metalnih sistema s rijetkim zemljama

Izvršena je analiza i razradjen je model za objašnjenje anizotropne magnetostrikcije u blizini antiferomagnetskog faznog prijelaza u CeAl_2 . Isto tako razradjen je model koji je u stanju kvalitativno objasniti ponašanje transportnih koeficijenata u blizini feromagnetskog faznog prijelaza u GdNi_2 . Objašnjeno je odsustvo anomalija u temperaturnoj ovisnosti termičke vodljivosti i Lorentz-ovog broja. Nastavljen je rad na ultravisokom vakuumskom uređaju.

6. Kalorimetrijska mjerenja

U proteklom periodu kompletiran je rad na mjerenju specifične topline uzorka HMTTF-TCNQ između 30 i 89K. Rad je primljen u štampu i bit će publiciran (Journal de Physique). Budući da su do sada usavršene osnovne radnje u kalorimetrijskoj metodi razvijenoj u našem laboratoriju bilo je potrebno izvršiti daljnja unapredjenja obrade podataka. U tu svrhu konstruiran je digitalni integrator koji radi u sprezi sa digitalnim voltmetrom. Rad na ovom zadatku je pripremljen za publiciranje. Razvijena je i nova metoda mjerenja termičke vodljivosti koja omogućuje mjerenje iste bez grijača na uzorku i time je pogodna za primjenu na uzorcima sa nepovoljnim geometrijama. Rad na ovoj metodi takodjer je pripremljen za štampu.

Popis radova

Objavljeni radovi i radovi prihvaćeni za tisak

1. E.Babić, Ž.Marohnić, F.Hajdu, M.Tegze and I.Vincze, Resistivity minimum in amorphous and crystalline $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_{20}$ alloys, Sol.State Commun.(1978) to be published
2. E.Babić, Ž. Marohnić and J.Ivkov, Low temperature resistivities of $\text{Fe}_x\text{Ni}_{80-x}\text{P}_{14}\text{B}_6$ metallic glasses, Sol.State Commun.27(1978)441
3. Ž.Marohnić, K.Šaub, E.Babić and J.Ivkov, Resistivity variation near the critical temperature in some NiFe base amorphous alloys, Sol.State Commun. (1978) to be published
4. I.Vincze and E.Babić, Hyperfine field distribution in amorphous $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_{20}$ alloy, Sol.St.Comm.27(1978)1425
5. A.Hamzić and I.A.Campbell, The Magnetoresistance of PdFe Alloys, J.Phys.F: Metal Physics 8(1978)L33-37
6. A.Hamzić, S.Senoussi, A.Fert and I.A.Campbell, Sol.St.Comm.26(1978) 617-19, The Extraordinary Hall Effect in Pd based Alloys
7. A.Hamzić, S.Senoussi, A.Fert and I.A.Campbell, The Magnetoresistance of Pd-based Dilute Ferromagnetic Alloys, J.Phys.F: Metal Physics 8 (1978) 1947-1956
8. E.Babić, R.Krsnik and A.Hamzić, Independence of spin and phonon resistivity in some Kondo alloys, Solid State Commun.25,793(1978)
9. J.R.Cooper, Comments on the metallic conductivity of TTF-TCNQ, Phys.Rev.B15,Jan.1979.
10. R.H.Friend, M.Miljak, D.Jerome, D.L.Decker and D.Debray, Linear temperature dependence of the constant volume resistivity of TTF-TCNQ, Le Journal de Physique Letters 39,134 (1978)
11. L.G.Caron, M.Miljak and D.Jerome, Electronic properties of TTF-TCNQ: A connection between theory and experiment, Le Journal de Physique 39, 1355 (1978)
12. R.H.Friend, M.Miljak and D.Jerome, Pressure dependence of the phase transitions in tetrathiofulvalene-tetraeyanoquinodiethane (TTF-TCNQ), Evidence for a longitudinal lock-in at 20 kbar, Physical Review Letters 40,1048(1978)
13. M.Miljak, A.Andrieux, R.H.Friend, G.Malfait, D.Jerome and K.Bechgaard, Observation of de Haas-Shubnikov oscillations in an organic metal, HMTSF-TCNQ, Solid State Communications 26, 969 (1978)
14. M.Croft, I.Zorić and R.D.Parks, Anisotropic magnetostriction of CeAl_2 near its antiferromagnetic transition, Phys.Rev.B 18 345 1978

Radovi u pripremi za publiciranje

15. B.Korin, M.Miljak, J.R.Cooper, K.Holczer, G.Grüner and A.Janossy, Low temperature magnetic susceptibility of organic charge transfer salts
16. D.Djurek, Accurate Thermal Conductivity Measurements of Small Brittle Samples
17. D.Djurek, Digital Intergrator Performance Based on Standard DVM Assembly

Sudjelovanje na konferencijama (sa publiciranim radovima)

18. E.Babić, Ž.Marohnić, J.R.Cooper, A.Hamzić and C.Rizzuto, T^2 saturation in the resistivity of amorphous ferromagnets below 0.3K, J.Physique 8(1978)946
19. E.Babić (pozvano predavanje), Resistivities of amorphous ferromagnets, 1st Int.Conf.on amorphous metals, Bratislava (1978) to be published
20. E.Babić and Ž.Marohnić, The disappearance of the resistivity minimum on annealing amorphous $Fe_{40}Ni_{40}B_{20}$ alloy, J.Physique 8,C-6(1978)
21. E.Babić, Ž.Marohnić and B.Leontić, Resistometric analysis of the phase transformations in amorphous $Fe_{40}Ni_{40}B_{20}$ alloys Rapidly Quenched Metals III (B.Cantor ed) Vol.1,p.355, The Metals Society,London(1978)
22. Ž.Marohnić, E.Babić, B.Pivac and I.Vincze, The evidence for the non-structural origin of the resistance minimum, Proc.of the conf.Amorphous Metallic Alloys, Bratislava (1978) to be published
23. E.Babić, Ž.Marohnić, J.Ivkov and T.Ivezić, Low temperature resistivities of $Fe_xNi_{80-x}B_{20}$ alloys (VI Jug.simp. iz fizike kond.materije)Fizika (Suppl.) 1978, to be published
24. Ž.Marohnić, E.Babić, J.Ivkov and A.Hamzić, Galvanomagnetic effects in $Fe_xNi_{80-x}P_{14}B_6$ and $Fe_xNi_{80-x}B_{20}$ alloys, Rapidly Quenched Metals III (B.Cantor Ed.) Vol.II p.149 The Metals Society, London (1978)
25. Ž.Marohnić, A.Hamzić, E.Babić and J.Ivkov, Galvanomagnetic properties of amorphous ferromagnets (VI Jug.simp.iz fiz.kond.materije) Fizika (Suppl.) 1978. to be published
26. A.Hamzić, Ž.Marohnić, E.Babić and J.Ivkov, The Hall effect and magneto-resistivity of amorphous ferromagnets, 1st Int.conf.on amorphous metals, Bratislava (1978) to be published
27. E.Babić (pozvano predavanje), Transport properties of metallic glasses, (VI Jug.simp. iz fizike kond.materije) Fizika (Suppl 1978 to be publ.
28. J.Ivkov, Ž.Marohnić, E.Babić, B.Pivac and I.Šubić, Magnetic contribution to the resistivity of amorphous $Fe_xNi_{80-x}P_{14}B_6$ alloys (VI Jug.simp.iz fiz.kond.materije) Fizika (Suppl.) 1978, to be publ.
29. B.Pivac, Z.Vučić, Ž.Marohnić and E.Babić, Thermoelectric Power and Resistivity of Amorphous Ferromagnets near Curie Temperature (VI Jug.simp. iz fizike kond.materije) Fizika (Suppl.) 1978, to be published
30. R.Krsnik and E.Babić, Influence of the anisotropy of electron-phonon scattering on the low temperature resistivity of normal metals, Journal de Physique, 39 II, suppl.an no 8, C-6, 1052 (1978)
31. R.Krsnik, E.Babić, A correlation of low temperature resistivity of normal metals with the anisotropy of electron-phonon scattering, Fizika, Suppl.(1978) u tisku
32. T.Ivezić, M.Očko, E.Babić, M.Stubičar and Ž.Marohnić, Correlation between microhardness and magnetic properties in amorphous Fe-Ni alloys Rapidly Quenched Metals III (B.Cantor ed.) Vol.2.p.380, The Metals Society,London(1978)
33. S.Adam, E.Babić and M.Očko, Investigations of preferred orientations in zinc and zinc based alloys by means of rotating mill device (VI Jug.simp. o fizici kond.mater.), Fizika suppl.(1978) to be published

34. M.Stubičar, T.Ivezić and E.Babić, Microhardness of amorphous ferromagnets, Proc.of the conf.Amorphous Metallic Alloys Bratislava (1978) to be publ.
35. M.Stubičar, T.Ivezić, M.Očko and E.Babić, The microhardness of transition metal metalloid glasses (VI Jug.simp.iz fizike kond.materije) Fizika suppl.(1978) to be publ.
36. B.Leontić, J.Lukatela, E.Babić and M.Očko, Low temperature quenching techniques, Rapidly Quenched Metals III, Vol.1,p.41(1978)B.Cantor Ed. The Metals Society, London
37. B.Leontić (uvodno pozvano predavanje), Methods and techniques for preparing Amorphous Metallic Materials, 1st Int.Conf.on Amorphous Metals, Bratislava (1978) to be published
38. B.Leontić, J.Lukatela, E.Babić i M.Očko, Ovisnost brzine kaljenja o temperaturi substrata, VI Jug.simp.iz fizike kond.materije,Kruševac,(1978)
39. J.Baturić-Rubčić and A.Rubčić, Advantages of a Spherical Sample at Thermal Investigations of Phase Transitions, Fizika (Suppl.)1978, u tisku
40. A.Rubčić and J.B.Rubčić, Simple Model for Volume Change at Melting of Elements I, Fizika (Suppl.), 1978, u štampi
41. A.Rubčić and J.B.Rubčić, Simple Interpretation of Melting for Alkali Metal Halides, II, Fizika (Suppl.), 1978, u štampi
42. B.Korin and J.R.Cooper, Evidence for an isotope effect on the magnetic susceptibility of deuterated TTF-TCNQ, Proc.of International conference on Quasi One-dimensional conductors, Dubrovnik 1978, Springer-Verlag, Lecture Notes in Physics Series (u štampi)
43. J.R.Cooper and J.Lukatela, Conductivity measurements on TTF-TCNQ in the phase transition region, Proc.conference in Dubrovnik 1978 (u štampi)

Sudjelovanje na konferencijama (bez publiciranja radova)

44. J.R.Cooper and J.Lukatela, Isotope Effect on phase transitions of TTF-TCNQ, 13th Annual Solid State Physics Conf.Warwick,siječanj 1978.
45. J.R.Cooper, A.M.Friend, D.Jerome and M.Miljak, High pressure studies of TTF-TCNQ, 13th Annual Solid State Physics Conf.Warwick,jan.1978.
46. J.R.Cooper, Recent experiments at Zagreb on organic charge transfer salts, RCP Clermont Ferrand, France, March,1978.
47. I.Zorić, Critical behaviour of transport coefficients near the ferromagnetic transition, VI Jug.simp.iz fiz.kond.mat.,Kruševac,1978.

Stručni radovi

48. E.Babić, Novi amorfní feromagnetí na bazi željeza i nikla, Elektrotehnika 5-6(1978)
49. Z.Marohnić, J.Ivkov i E.Babić, Hallov efekt u feromagnetskih $Fe_xNi_{80-x}P_{14}B_6$ i $Fe_xNi_{80-x}B_{20}$ legura, Elektrotehnika 5-6(1978)415
50. T.Ivezić, M.Očko, E.Babić i M.Stubičar, Veza izmedju mikrotvrdoće i magnetskih svojstava amorfnih $Ni_{80-x}Fe_xP_{14}B_6$ i $Ni_{80-x}Fe_xB_{20}$ legura, Elektrotehnika 5-6(1978)
51. B.Korin, Metode mjerenja magnetske susceptibilnosti, 5-6, 402, 1978, Elektrotehnika

Doktorski radovi

52. R.Krsnik, Devijacije od Matthiessenovog pravila u slitinama na bazi aluminija i cinka, Disertacija, Zagreb 1978.

Magistarski radovi

53. M.Očko, Promjene parametara rešetke Al-3d u legurama, Zagreb, 1978.

Diplomski radovi

54. B.Pivac, Električni otpori i termostruje nekih amorfnih feromagneta, Diplomski rad, Zagreb, 1978.
55. J.Ivkov, Niskotemperaturni električni otpori $Fe_xNi_{80-x}B_{20}$ i $Fe_xNi_{80-x}P_{14}B_6$ slitina, Diplomski rad, Zagreb, 1978.
56. A.Štedul, Transportna svojstva nekih amorfnih slitina, Diplom.rad, Zagreb, 1978.

ODJEL OPTIČKA SVOJSTVA KRISTALA

Pročelnik odjela

MLADEN PAIĆ, doktor fiz. nauka, red. profesor u.m. - znan. savjetnik

Znanstveni suradnik:

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

Tehnički suradnik:

VILKO PETROVIĆ, viši tehn. suradnik

Pregled istraživačkog rada

U 1978. godini nastavljen je rad na spektrima difuzne reflektirane svjetlosti živa(II) jodida u funkciji temperature i to od 5 K do tališta. Bitni rezultati jesu ovi:

Alfa faza, stabilna ispod 400K, ostaje nepromijenjena, osim pomaka energetskog procjepa prema većim energijama, sve do 5K. Ispod približno 100K pojavljuju se eksitoni s veoma izrazitim linijama apsorpcije.

Beta faza stabilna je iznad 400K, do tališta pri 627K. Ispod 400K bilo je moguće, kalenjem dobiti metastabilnu beta fazu, kojoj je spektar refleksije, odnosno Kubelka-Munk funkcija, ispitivan u ovisnosti o temperaturi. Beta faza pokazuje, u vidljivom području samo jednu vrpcu

apsorpcije. Ova ima svojstvo da se s povišenjem temperature pomiče prema manjim energijama. Medjutim, značajno je da njezin integral raste s temperaturom. Mogli smo utvrditi da je funkcionalna veza između recipročne temperature i logaritma Kubelka-Munk funkcije, koja je proporcionalna linearnom koeficijentu apsorpcije, linearna. Pritom smo našli četiri različita koeficijenta tih pravaca. To upućuje na to da postoje u beta fazi superstrukture sa različitim energijama aktivacije. Umjesto jedne beta-faze postojale bi četiri faze koje se u nečemu kristalografski razlikuju.

Pri temperaturi od približno $(15 \pm 10)K$, beta faza stabilna u području od približno 61K do 5K, prelazi u novu fazu, vjerojatno s vlastitom kristalnom rešetkom, karakteriziranom s vrpcom apsorpcije koja se po položaju jasno razlikuje od vrpce apsorpcije beta faze pri istim temperaturama. Ovu novu kristaliničnu fazu živa (II) jodida, nazvali smo gama fazom.

Razradili smo metodu za mjerenje brzine reakcije prijelaza metastabilnog beta-živa(II) jodida u alfa fazu. Mogli smo zato odrediti energije aktivacije potrebne za taj prijelaz. One ovise o stanju praškastog sistema.

Dobiveni rezultati djelomično su bili izneseni u Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti i na kongresu Evropskog fizičkog društva u Yorku.

ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA

Pročelnik odjela:

VLADIS VUJNOVIĆ, doktor fiz.nauka - viši znanstveni suradnik

Znanstveni suradnici:

GORAN PICHLER, doktor fiz.nauka - znanstveni suradnik
(do 30.9.1978. na spec.u JILA,Boulder,USA)

MLADEN MOVRE, magistar fiz.nauka - znan.asistent (do 12.7.1978.u JNA)

VLADIMIR RUŽDJAK, doktor fiz.nauka - znanstveni asistent
(od 1.10.1978. suradnik Opservatorija Hvar Gradje-
vinskog fakulteta)

ČEDOMIL VADLA, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

DALIBOR VUKIČEVIĆ, magistar fiz.nauka - znanstveni asistent

VLADIMIR LOKNER, dipl.ing.fiz. - asistent-postd. (do 1.9.1978.u JNA)

DAMIR VEŽA, dipl.ing.fiz. - asistent-postd.

Tehnički suradnik:

ZDENKO VOJNOVIĆ, v.tehn.suradnik

Pregled istraživačkog rada

Rezonantna interakcija atoma i širenje spektralnih linija
vlastitim pritiskom

U toku 1978. godine nastavljeno je s eksperimentalnim i teoretskim proučavanjem rezonantne interakcije istovrsnih atoma, od kojih se jedan nalazi u pobudjenom stanju, a drugi u svom osnovnom stanju. Rezonantna interakcija atoma bila je dosad slabo proučena pa se radi o znanstvenom području gdje koherentna nastojanja eksperimentalnih i teoretskih istraživanja mogu dovesti do novih spoznaja. S druge strane nova saznanja pomažu namu razumijevanju spektralnih karakteristika visokotlačnih natrijevih lučnih svjetiljaka koje se upotrebljavaju za uličnu rasvjetu, te se nadamo da će ova bazična istraživanja koristiti za produbljenje suradnje s rasvjetnom industrijom u nas (Tvornica TEŽ u Zagrebu). Fizički sistemi koji su predmet mjerenja jesu atomske pare metala, proizvedene ili u staklenim kivetama ili u tzv. toplovodnim pećima ("heat-pipe oven"). Mjerenja se mogu provoditi klasičnim spektroskopskim metodama ili metodama moderne laserske spektroskopije.

Teorijskim proračunima pokazali smo (ref.9) da bliska kvazistatička krila alkalijskih rezonantnih linija, naročito kod Cs i Rb moraju imati nesimetriju od oko 10%. To smo provjerili u apsorpcionom eksperimentu i pažljivim analizama ustanovili da su u suglasju s teoretskim predviđanjem do na pogrešku mjerenja. Novootkrivenu nesimetriju iskoristili smo za određivanje prelaznog područja profila D_1 komponente cezija i rubidija gdje udarno širenje prelazi u kvazistatičko. U obradi ovog problema sudjeluje dr.K.Niemax (Institut für Experimentalphysik, Kiel).

U suradnji s dr A.N.Ključarevim i dr.A.V.Lazarenkom s Lenjingradskog Univerziteta, izvršili smo mjerenje fluorescencije rubidijevih i cezijevih atomskih para s namjerom da usporedimo međusobno emisijska i apsorpcijska mjerenja, te emisijska mjerenja s teoretskim profilima izvedenim za slučaj emisije. Prema očekivanju ustanovljeno je da se nesimetrija D_2 linije smanjuje, a D_1 linije povećava. Uzrok tome je Boltzmannov faktor, koji različito utječe na apsorpcijski koeficijent kratkovalnog odnosno dugovalnog krila rezonantnih linija cezija (ref.1).

Na prijedlog Prof.dr.Stwalley-a (University of Iowa) izvedeni su proračuni vibracijskih nivoa u dva vezana stanja natrijeve sudarom inducirane molekule, a na osnovi naših proračuna potencijalnih krivulja. Ovdje se radi o izuzetno slabom vezanju dvaju atoma natrija (od kojih je jedan u prvom pobudjenom stanju) koje nastaje prilikom mijenjanja načina vezivanja kutnih momenata dvaju atoma natrija (ref.2). Ova slabo vezana stanja eksperimentalno smo verificirali opažanjem satelita u crvenom krilu D_2 linije rubidija i cezija, gdje su zbog termalnog usrednjavanja kvantni efekti izbrisani.

Pri pritiscima atomskih para cezija većim od deset torra u dalekom plavom krilu D_2 linije i između D_1 i D_2 linija u apsorpcijskom eksperimentu, pojavljuje se ukupno pet dodatnih satelita (ref.10 i 11). Mjerenjem smo ustanovili da se radi o sudarom induciranoj molekuli cezija, jer je apsorpcijski koeficijent unutar satelita proporcionalan kvadratu koncentracije cezijevih atoma. Predložili smo model u kojem se ovi dodatni sateliti objašnjavaju kao posljedica formiranja maksimuma pet potencijalnih krivulja, pri čemu pored rezonantne interakcije sudjeluju interakcije kraćeg dosega, a poseban utjecaj ima jedno stanje cezijeve molekule koje je izrazito ionskog karaktera. Na sličan način tretirali smo daleka krila rezonantnih linija kalija i rubidija. Nadamo se da će naš model poslužiti kao radna osnova za složene račune interakcijskih potencijala. Pripremamo slična mjerenja s litijevim i natrijevim parama u posebno izradjenim toplovodnim pećima u kojima se pritisak atomskih para može povisiti i do stotinu torra.

U toku protekle godine razvijali smo razne vrste toplovodnih peći kako bi se u njima proizvela atomska para zemnoalkalijskih elemenata i elemenata drugih grupa periodnog sistema. Tako su izvršena mjerenja na taliju kao predstavniku treće grupe elemenata, zanimljivom zbog toga što ima nisko talište i što ima izuzetno jako cijepanje fine strukture. Eksperimentalna i teoretska obrada (ref.12) prvih rezultata na liniji Tl 3776 Å objavljena je u ref.3. Ovu vrst mjerenja nastojimo proširiti na ostale rezonantne linije talija uz sve potrebne teoretske proračune. Time želimo doprinijeti boljem razumijevanju spektralnih karakteristika specijalnih lučnih svjetiljaka punjenih talijevim spojevima. Pri svemu koristimo se iskustvom stečenim pri proučavanju rezonantnog širenja spektralnih linija.

Eksperimentalno istraživanje sudarne preraspodjele zračenja (ref.13) omogućeno je primjenom lasera kojim se izlazna valna duljina može kontinuirano mijenjati. S odabranom valnom duljinom u području rezonantne linije talija do 377,6 nm obasjavali smo smjesu talija i argona (ref.4). Da bismo izbjegli samoapsorpciju, promatrali smo odziv sistema fluorescencijom druge rezonantne linije od 535 nm. Radi mjerenja apsolutnog udarnog presjeka za sudarnu

preraspodjelu zračenja u ovisnosti o valnoj duljini, mjerili smo intenzitet Raman komponente u blizini 535 nm. Omjer totalnih intenziteta fluorescencije i Raman komponente daje udarni presjek za udarnu preraspodjelu zračenja. Rezultat se dobro slaže s prijašnjim emisijskim mjerenjima. Ovi eksperimentalni podaci su od značenja za teoriju sudarne preraspodjele zračenja na kvazi-statičkim krilima spektralne linije koja se sada razvija.

Protekle godine razvijali smo poseban tip toplovodnih peći s negativnim tinjavim izbojem, jer nam je želja da upoznamo utjecaj rezonantnog širenja spektralnih linija u uvjetima slabo ionizirane plazme s jedne strane, a s druge da uočimo mogućnost dobivanja laserskog efekta u ovim specijalnim pećima.

Odredjivanje atomskih parametara u termičkom električnom luku

Provedena je analiza ugljikova spektra u vakuum ultraljubičastom području, na osnovu mjerenja koja su se u nekoliko navrata odvijala u toku prošlih godina, u novo postavljenom eksperimentu započelo se mjerenjem spektralnih linija fluora.

Analiza uvjeta u argonskom luku s dodatkom ugljičnog dioksida pokazala je da je postojao lagani otklon od lokalne termičke ravnoteže, da je apsorpcija u rubnim nehomogenim slojevima zanemariva, te da su poluširine dvaju multipleta ugljika ispravno odredjene iako su nekoliko puta manje od teoretskih procjena (ref.5). Prema raznovrsnoj evidenciji, u argonu kod 12500 K, koncentracije elektrona od 10^{23} m^{-3} , te kod atmosferskog tlaka, nije postignuta lokalna termička ravnoteža već je elektronska temperatura za 700-800 K više od kinetičke temperature neutralnih atoma. Razmatranjem otklona od termičke ravnoteže ustanovljeno je da pogreška od 3% u odredjivanju kinetičke temperature neutralnih atoma uvjetuje 20% pogrešku u mjerenju intenziteta i isto toliko potcijenjene vrijednosti poluširina spektralnih linija. Poluširine spektralnih linija dobivene metodom krivulje rasta, neovisno su provjerene mjerenjem apsolutnih intenziteta profila na krilima linija. Takodjer je ponovno pažljivo provjerena ispravnost izračunatih multipletne krivulje rasta. Na taj je način nedvosmisleno pokazano da su razlike između eksperimentalno odredjenih Starkovih poluširina spektralnih linija multipleta 156,1 i 165,7 nm (0,00015 i 0,00118 nm) od teoretskih procjena i mjerenja drugih autora realne, a osim toga na njihovu nadjenu vrijednost upućuju i male perturbacije nivoa atoma ugljika.

Novo postavljene eksperiment s plinom fluorom u izbojnoj komori proveden je uz ove uvjete: promjer lučnog kanala iznosi 3 i 3,1 mm, tlak argona i flora zajedno jednu atmosferu, struja kroz kanal luka 50 - 70 A. Eksperiment je ustvari omogućen novom tehnološkom procedurom uvođenja veoma korozivnog plina u izbojni sistem. U slučaju kada je fluor uveden u obliku spoja PF_5 koji je manje korozivan, čisti se fosfor vrlo brzo, za 30 minuta, izdvajao i taložio na stijenkama kanala utječući znatno na rad izboja. Uz jaki efekt razmješivanja, javljale su se i velike nehomogenosti u elektrodnim područjima i promjene u V-I karakteristikama luka. Nakon uvođenja čistog fluora uspješno je s njime zajedno, kao primjesom, uvesti i vodik koji služi za dijagnostiku. Luk sa smjesom argona i fluora (ovoga posljednjeg i do 50%) gori stabilno i u jednom navratu se može koristiti u toku 20 sati, a bez remonta i čišćenja u nekoliko takvih navrata.

Dijagnostičkim metodama uz pomoć spektralnih linija argona i vodika određena je temperatura od 13500-14500 K, a koncentracija elektrona od $(1-2) \times 10^{23} m^{-3}$. Mjereno je 30 spektralnih linija fluora uz 9 različitih parcijalnih tlakova fluora. Kod najnižih parcijalnih tlakova fluora sve su linije bile optički tanke. Radi mjerenja apsolutnih vjerojatnosti prijelaza, odabrane su 3 linije fluora. Posebno su s velikim linearnim razlučivanjem u zapisu snimljeni profili spektralnih linija radi mjerenja Starkovih poluširina. Mjerenja se obradjuju.

Fizika Sunca i zvijezda

Ove su godine započela sistematska patroliranja Sunca. Utvrđeno je da se unatoč veoma lošim vremenskim prilikama (koje su vladale u prvoj polovini 1978. godine) može odvijati patrola Sunca, barem u obliku dnevnih snimaka. Usporedba dobivenih globalnih snimaka kromosfere, sa snimcima koje objavljuje svjetski centar u Boulderu, pokazuje da su snimci s Opservatorija Hvar jednake kvalitete. Od vremena do vremena, dobivene slike su izuzetne.

Odlučeno je da se zbog bolje organizacije opažanja instrument za patrolno snimanje odvoji od glavnog dvostrukog teleskopa. Mali je patrolni instrument konstrukcijski dotjeran u posljednje dvije godine (ref.18 i 19). Kao ponajbolja organizacijska shema odabrana je svakodnevna patrola globalne kromosfere (koju provodi stručni suradnik Opservatorija N.Novak) kombinirana s ekspe-

dicijama posvećenim studiju odabranog detalja aktivnih oblasti kromosfere i fotosfere. Materijal patrolnih snimanja, koje se intenzivno provode svakodnevno ujutro u toku 3 sata, arhiviran je na Opservatoriju.

Teoretska istraživanja provjeravaju uvjete koji u atmosferi Sunca vode formiranju profila spektralnih linija vodika. Izračunata je konvolucija termičkog profila sa Starkovim profilom, te je u području granice Balmerove serije izračunato stapanje spektralnih linija i određena relacija za posljednju vidljivu liniju kao funkciju elektronske koncentracije (ref.14 i 17).

Analizirani su utjecaji rotacijskih gibanja na profile spektralnih linija vlakana prominencija. Istražen je oblik spektralnih pruga koje potječu od rotirajućih vlakana za razne geometrijske konfiguracije projekcije vlakna na pukotinu spektrografa. Proračunat je profil spektralnih linija koje nastaju zbog zajedničkog utjecaja termičkog, mikrotubulentnog i rotacijskog širenja, za širok dijapazon parametara (ref.6,16). Nadalje, učinjen je pregled snimljenih spektara prominencija na Opservatoriju Ondrejev, s obzirom na pojavu nagnutih spektralnih pruga koje su indikativne za rotacijska gibanja snimljenih objekata (ref.7 i 15). Ustanovljeno je da se u velikom postotku (oko 50%) slučajeva nalaze nagnute spektralne pruge, ali samo u spektrima aktivnih prominencija, dok za nijednu mirnu prominenciju nisu nadjene nagnute spektralne pruge.

Dio zadatka u području fizike zvijezda, za koji je sklopljen ugovor sa SIZ-om III za znanost, ispunjava radom stručni suradnik Geodetskog fakulteta K.Pavlovski. U toku 1978.godine opažane su zvjezdanim fotometrom slijedeće zvijezde:

tip zvijezda Ap: HD 164 258, ET And, CQ UMa

Be-zvijezde: 4 Her, 88 Her, MWC 608, MWC 321, MWC 397,

HD 218 674, EW Lac, o And

zvijezde iz galaktičkih skupova: NGC 6913, IC 4665

Vrlo kvalitetan i obilan opažački materijal dobiven je zahvaljujući upotrebi novih instrumenata (istosmjerno pojačalo s brojačem i pisač). Brojač integrira strujne obroke, čime se izbjegava nesigurno i dugotrajno grafičko usrednjavanje zapisa pisača.

Ove je promatračke sezone intenzivnije nego obično provedena studija ekstinkcije i kolor sistema, radi prijelaza iz hvarskog instrumentalnog sistema (koji je ove godine promijenjen) na standardni fotometrijski sustav. Za kompjutersku obradu priredjen je materijal opažanja zvijezda HD 218 674 iz godine 1974, 1976. i 1977. Preliminarni rezultati ukazuju na period od tri-deset dana. Takodjer su za obradu pripremljeni podaci za zvijezde 81 UMa, 84 UMa i 86 UMa, koje su odabrane kao kontrola tokom istraživanja CQ UMa. Za ovu pak zvijezdu postoje indicije da ima period od 5 dana.

Istraživanja fizike Sunca i zvijezda provode se u redovnoj suradnji s istraživačima iz ČSAN, Ondrejov. Suradnja se također odvija s istraživačima iz Opservatorija Beograd (J.Arsenijević, Z.Knežević, I.Vince), te sa sarajevske opservatorije Čolina kapa (M.Muminović, N.Grubić). Mjerenja zvijezde 88 Her, koja se na Opservatoriju Hvar provode od 1972. godine, uključena su u ref.8.

Koherentna optika i holografija

U toku 1978. godine uvedena je metoda sandwich-holografske interferometrije, koja je primijenjena na biomedicinskim preparatima u suradnji s Medicinskim fakultetom u Zagrebu i na ispitivanje laminiranih struktura u suradnji s VTŠC Zagreb. Nastavljena je suradnja s BI Zagreb na ugovoru 37/77."Odredjivanje raspodjele kavitacionih mjehurića u vodi". Radeći na tom projektu uočeni su problemi razlučivanja po dubini u rekonstrukciji realne slike volumena od 8 l. Radi rješavanja tog problema razvijen je uređaj za kontrolirano razvijanje holograma i usvojena tehnika snimanja i obrade faznih holograma.

Radi poboljšanja omjera signal/šum prišlo se razvoju metoda optičke obrade podataka. Snimljen je optički prilagodjeni filter za model mjehurića u vodu i ispitivana su svojstva diskriminacije po dimenzijama. Mikrofotolitografski formulirane su maske pomoću kojih se mjere karakteristike optičkog Fourier-ovog korelatora.

Optička Fourier-ova analiza primijenjena je za mjerenje trošenja površine podizača ventila motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Autokorelaciona funkcija za površine navedenog objekta mjerena je u dinamičkom pojasu od 30 db.

U toku su opsežne teoretske analize kojima se pošavši od definiranih rubnih uvjeta treba rješavanjem Helmholtz-ove jednadžbe doći do potpunijeg razumijevanja i ograničenja primjene Frauhof-ove difrakcije za optičku analizu dvodimenzionalnih signala. Ispituju se i mogućnosti formiranja translaciono rotaciono i scale invarijantnih optičkih prilagodjenih filtera.

Objavljeni radovi i radovi prihvaćeni za tisak

1. A.N.Ključarev, A.V.Lazarenko i M.Movre, Profilj dalekih kryljev samouširennyh rezonansnyh linij v spektre fluoresconcii optičeski plotnyh parov cezija i rubidija, Optika i spektroskopija (december 1978)
2. W.C.Stwalley, Y.H.Uang and G.Pichler, Pure long-range molecules, Phys. Rev.Lett.41 (1978) 1164-1168
3. G.Pichler and J.L.Carlsten, Self-broadening of the T₁ 377,6 nm resonance line, J.Phys.B: Atom.Molec.Phys.11 (1978) L 483
4. M.G.Raymor, J.L.Carlsten and G.Pichler, Comparison of collisional redistribution and emission line shapes, J.Phys.B: Atom.Molec.Phys.
5. Č.Vadla and V.Vujnović, Measurement of broadening parameters of neutral carbon lines in the vacuum ultraviolet, Phys.Rev.
6. V.Ruždjak, Influence of rotational motions on the spectral lines of prominence streamers, Bull.Astron.Inst.Czechosl.29(1978)22-7
7. V.Ruždjak, Inclined spectral features in prominence spectra taken at Ondrejov Observatory, Bull.Astron.Inst.Czechosl.
8. P.Harmanec, J.Horn, P.Koubsky, S.Križ, F.Ždarsky, J.Papoušek, V.Doazan, B.Bourdonneau, L.Baldinelli, S.Ghedini i K.Pavlovski, Properties and nature of Be and shell stars: 8. Light and colour variations of 88 Herculis, Bull.Astron.Inst.Czechosl.29(1978)278-87

Saopćenja na konferencijama

9. M.Movre and G.Pichler, Theoretical quasi-static wings of the self-broadened resonance lines of alkali atoms, 4th Int.Conf.on Spectral Line Shapes, Windsor, Canada, 31.7. - 4.8.1978.
10. G.Pichler, M.Movre, D.Veža and K.Niemax, Maxima in potential curves of Cs₂ molecules, 33rd Symposium on Molecular Spectroscopy, p.68, Columbus, Ohio, USA, 12-16.6.1978.
11. D.Veža, G.Pichler and M.Movre, Satellites of self-broadened spectral lines of cesium and rubidium, Physics of Ionized Gases, Contributed papers p. 249-52, SPIG-78, Dubrovnik 28.8.-2.9.1978.

12. G.Pichler and J.L.Carlsten, Self-broadening of the $T\ell$ 377.6 nm resonance line, 4th Int.Conf.on Spectral Line Shapes, Windsor, Canada, 31.7.-4.8.1978.
13. M.G.Raymer, J.L.Carlsten and G.Pichler, Comparison of collisional redistribution and emission line shapes, 10th Annual Meeting of the Division of Elec. and Atom.Phys.Bull.Am.Phys.Soc.p.1092, Madison, Wisconsin, USA, 29.XI - 1.XII 1978.
14. Lj.Škovrlj, V.Ruždjak and V.Vujnović, Calculation of the hydrogenic spectral line profiles for the low electron density, Proc.IX Yugosl. Symp. on Phys.of Ionized Gases, Dubrovnik Aug.28-Sept.2.1978, p.293-4
15. V.Ruždjak, Inclined spectral features in prominence spectra taken at Ondrejov Observatory, Proc.IX Consultation in Solar Physics, 25-30 Sept. 1978, Wroclaw, p.48

Doktorski i magistarski radovi

16. V.Ruždjak, Utjecaj rotacionih gibanja na profile spektralnih linija Sunčevih prominencija i spikula, Disertacija, Prir.-matem.fak.Sveučilišta u Zagrebu, 1978.
17. Lj.Škovrlj, Stapanje vodikovih linija kod granice ionizacije, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1978.

Stručni radovi

18. Z.Andreić, V.Lokner and V.Vujnović, A small chromospheric patrol instrument, Hvar Observatory Bulletin, No.2(1978)
19. V.Lokner, Konstrukcijske skice malog kromosferskog patrolnog instrumenta, Elaborat, IFS 1978.
20. N.Demoli, Optički prilagodjeni filter za fazni objekt i identifikacija mjehurića u vodi, dipl.rad, PMF, Zagreb, 1978.
21. Z.Kalčić, Uredjaj za kontrolirano i reproducibilno razvijanje holograma, Dipl.rad, PMF, Zagreb, 1978.

ODJEL FIZIKE POLUVODIČA

Pročelnik odjela:

ZVONIMIR OGORELEC, doktor fizičkih nauka, izv.profesor PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - viši znanstveni suradnik

Znanstveni suradnici:

BRIGITA MESTNIK, magistar fizičkih nauka, asistent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - znanstveni asistent (do 15.6.1978)

ZLATKO VUČIĆ, magistar fizičkih nauka - znanstveni asistent

Pregled istraživačkog rada

1. Niskotemperaturna faza Cu_{2-x}Se

Kod mnogih kristala, koji iznad određene kritične temperature pokazuju superionska svojstva, pažnja u istraživanjima posvećivala se gotovo isključivo tim visokotemperaturnim fazama. U posljednje vrijeme, međutim, fizika nastoji riješiti i problem izvanredno složenih faznih prijelaza u tim kristalima kao i karakterizirati njihove niskotemperaturne faze. Ova istraživanja inducirana su i određenim zahtjevima iz primjene tj. težnjom da se različitim postupcima visokotemperaturne superionske faze učine stabilnim na sobnoj temperaturi.

Istu situaciju nalazimo i kod istaknutog superionskog vodiča, selenida bakra, Cu_{2-x}Se . Njegova niskotemperaturna faza nije do sada istražena detaljno. Mjerenja elektronske vodljivosti, magnetske susceptibilnosti, te diferencijalna termička analiza pokazuju niz činjenica koje zaslužuju detaljnije ispitivanje. Dosadašnji rad može se sumirati ovim zaključcima:

- a) da u ciklusu hlađenja postoji u Cu_{2-x}Se fazni prijelaz 1. reda na $(-80 \pm 2)^\circ\text{C}$ pri kojem se sistem transformira u niskotemperaturnu fazu,
- b) da je brzina fazne transformacije spora i da znatno ovisi o devijaciji od stehiometrije tako da je to manja što smo bliže stehiometrijskom sastavu. Osim toga kad jednom dosegneмо temperaturu fazne transformacije (-80°C) prijelaz traje u vremenu neovisno o temperaturi tj. da li smo u temperaturi iznad ili ispod temperature faznog prijelaza.
- c) da postoji uska veza između početka magnetske interakcije na oko -50°C i fazne transformacije na -80°C . Možemo pretpostaviti da se radi o induciranom faznom prijelazu na -80°C , koji nastaje kao posljedica magnetskih preuredjenja na -50°C ,
- d) da se u ciklusu grijanja niskotemperaturna faza zadržava sve do $+3^\circ\text{C}$ kada se ponovo vraća u početne uvjete. Ta histereza daje podršku pretpostavci iz c) budući da magnetska interakcija favorizira postojanje niskotemperaturne faze,
- e) da uzorci svih koncentracija imaju karakterističnu temperaturu jednaku onoj u Cu_3Se_2 , što je znak da se radi o istovrsnoj interakciji,
- f) da se različiti nagibi pravaca u Curie-Weissovoj ovisnosti mogu pripisati različitoj koncentraciji lokaliziranih magnetskih momenata (budući da se ne očekuje promjena vrijednosti efektivnog magnetskog momenta s devijacijom od stehiometrije). Ovo podržava činjenica da koncentracija Cu^{2+} iona, koji su odgovorni za magnetizam u Cu_{2-x}Se sistemu, raste kako raste odstupanje od stehiometrije,
- g) da se u mjerenjima susceptibilnosti na niskim temperaturama ne opaža koljeno u C-W temperaturnoj ovisnosti, što znači da je Neelova temperatura T_N niža od 80K. To nije u skladu s rezultatima mjerenja električnog otpora koji daju za $T_N = 225\text{K}(-48^\circ\text{C})$. Razlika se objašnjava činjenicom da T_N pada s kvadratom primijenjenog magnetskog polja, a može i isčeznuti za dovoljno jaka polja.
- Ovi preliminarni rezultati publicirani su u časopisu "Elektrotehnika". Na toj problematici izradjen je i diplomski rad studenta fizike Jožef Zlatka.

2. Superionski vodiči u centrifugalnom polju

Zbog više razloga, kationska subrešetka superionskih vodiča smatra se "rastaljenom" ili "tekućom". Mnogo je puta provjereno da se na taj fluidni sistem može utjecati vanjskim električnim poljem. U polju se duž makroskopskog

uzorka stvaraju gradijenti koncentracije koji, ako se prekorači područje homogenosti uzorka, izazivaju dekompoziciju na krajevima. Cilj našeg proračuna bio je pokazati da li se slični gradijenti stvaraju i u jakim centrifugalnim poljima. Rad najprije prezentira jednostavnu termodinamičku teoriju sedimentacije u čvrstom tijelu, a zatim je primijenjen na nekoliko konkretnih slučajeva. Modelni superionski vodič, razvijen po Pardee i Mahanu, pokazuje da omjer koncentracije sedimentiranih kationa prema ravnotežnoj koncentraciji iznosi kod 50000 okretaja u minuti oko 1.5%, što je dovoljno da kod superionskih vodiča s uskim područjem homogenosti izazove dekompoziciju uzorka na njegovim krajevima.

Nešto drugačiji rezultat daju vodiči s miješanom elektronsko-ionskom vodljivošću. Kod srebro selenida, na primjer, postotak sedimentiranih kationa je vrlo sličan, ali zbog širokog područja egzistencije do dekompozicije uzorka ne mora doći. Rezultati nameću mogućnost primjene superionskih vodiča u integratorima broja okretaja visokorotirajućih dijelova kroz dulje vremenske periode. U radu je detaljnije opisan takav pribor u kojem bi se koristio superionski vodič baziran na spojevima srebra. Ti spojevi bili bi naročito pogodni jer pokazuju miješanu vodljivost koja sprečava polarizaciju uzorka za vrijeme rotacije. Rad je publiciran u časopisu Solid State Communications.

3. Kritični fenomeni na faznom prijelazu u superionsko stanje

Fazni prijelazi u superionsko stanje su zadnjih godina intenzivno ispitivana pojava. Mnogi istraženi superionski vodiči pokazali su u okolini faznog prijelaza različito ponašanje što je i navelo teoretičare da uvedu izvjesnu klasifikaciju po tipovima ponašanja. Medju inim autorima najprihvatljiviji su bili Lam i Bunde (Microscopic theory of superionic conductors, Proceedings of the International Conference on Lattice Dynamics, ch.7, p.521, Paris, sept.5-9, 1977, ed.M.Balkanski), koji su izdvojili 2 osnovne karakteristike superionskih vodiča:

- a) temperaturnu ovisnost ionske vodljivosti
- b) promjena strukture anionske rešetke

S obzirom na ionsku vodljivost, prema Lamu, superionski vodiči se dijele u 3 kategorije: 1. - oni koji ne pokazuju fazni prijelaz, 2. - s jednim faznim prijelazom (prvog ili drugog reda), 3. - dva fazna prijelaza.

Struktura anionske rešetke se u 2. i 3. slučaju mijenja na istoj temperaturi na kojoj kationska vodljivost postaje kritična. Istraživanjem bakar-selenida nastojali smo definirati kategoriju kojoj sistem pripada te tip i vrstu faznog prijelaza u superionsko stanje.

Naša preliminarna mjerenja su pokazala da kontinuiranim mijenjanjem koncentracije bakra u Cu-Se, sistem pokazuje niz kritičnih pojava koje nisu obuhvaćene spomenutom klasifikacijom.

Fazni dijagram Cu-Se može se, prema našim preliminarnim rezultatima, podijeliti eksperimentalno odredjenim vertikalnim linijama u 3 područja.

U prvo područje spadaju koncentracije između Cu_2Se i $\text{Cu}_{1.96}\text{Se}$. Vertikalna linija koja odvaja to područje od ostalih predstavlja liniju faznih prijelaza 1. reda i vjerojatno reflektira strukturni fazni prijelaz na koncentraciji $\text{Cu}_{1.954 \pm 0.002}\text{Se}$. Sistem u tom području koncentracija u grijanju odnosno hladjenju pokazuje fazni prijelaz prvog reda, što ga vjerojatno svrstava u klasu 2 prema Lamovoj klasifikaciji. Toj pretpostavci pridružuju se dva neovisna dokaza: a) struktura anionske rešetke na istoj temperaturi doživljava fazni prijelaz 1. reda. (U planu za 1978. godinu predviđeno je da se strukturna istraživanja vrše u Orsayu - Francuska. Našli smo međutim mogućnosti da se slična ispitivanja vrše i u našem Institutu). b) prema Takanashi et al. (Ionic Conductivity and Coulometric Titration of Copper Selenide, J. Solid State Chem. 16, 35-39, 1976) ionska vodljivost pokazuje fazni prijelaz 2. reda.

To što ionska vodljivost pokazuje fazni prijelaz 2. reda objašnjava se velikim brojem vakancija koje su rezultat devijacije od stehiometrije, međutim ipak nije jasno zašto postoji razlika u temperaturi faznog prijelaza, za istu koncentraciju, koja iznosi oko 20-30°C.

U treće područje spadaju koncentracije između $\text{Cu}_{1.930}$ i $\text{Cu}_{1.77}\text{Se}$, a odvojeno je faznom linijom 2. reda na koncentraciji $\text{Cu}_{1.930 \pm 0.002}\text{Se}$. Sistem u tom području koncentracija pokazuje fazni prijelaz 2. reda pri grijanju odnosno hladjenju. Ionska vodljivost ne pokazuje fazni prijelaz u okolini T_0 , što znači da sistem u tom području koncentracije nije obuhvaćen Lamovom klasifikacijom. Ipak, prije bilo koje tvrdnje, potrebna su pažljivija i iscrpnija mjerenja ionske vodljivosti u okolini faznog prijelaza.

Drugo područje je namjerno preskočeno jer pokazuje i najkompliciranija svojstva. Ovo obuhvaća koncentracije između $\text{Cu}_{1.954}\text{Se}$ i $\text{Cu}_{1.930}\text{Se}$, a u sebi ujedinjuje, čini se, svojstva oba rubna područja 1 i 2. U grijanju sistem u uskom intervalu temperatura prolazi 2 fazna prijelaza prvo 1. reda, a potom

2. reda koji su produženje faznih prijelaza iz područja 1 (-fazni prijelaz 1. reda) i područje 2 (fazni prijelaz 2. reda). Prema ovim mjerenjima to područje pokazuje niz anomalnih svojstava i zasigurno se ne može svrstati u Lamovu klasifikaciju. Naš primarni zadatak će biti razumijevanje uzroka anomalija koji sistem Cu-Se u velikom području koncentracija stavlja izvan Lamove klasifikacije. Detaljni izvještaj o tom radu dat će se u 1979. godini.

Pojedini rezultati ovog rada su referirani na 6. Jug.Simp.o fizici kondenzirane materije, Kruševac 1978. (Z.Vučić, Z.Ogorelec, A.Tonejc, Kritični fenomeni na faznom prijelazu u superionske stanje) i na 13. Konf. Jugoslavenskog centra za kristalografiju, Preddvor, 1978. (A.Tonejc, Z.Vučić, J.Šubić, Unusual structural behaviour of copper selenides $Cu_{2-x}Se$).

4. Popis radova

Znanstveni radovi

1. Z.Vučić, D.Subašić and Z.Ogorelec, The Determination of the Crystal-Liquid Interfacial Tension in Germanium, Phys.Stat.Sol.(a) 47(1978) 703
2. Z.Vučić, Z.Ogorelec i B.Mestnik: Niskotemperaturna faza $Cu_{2-x}Se$, "Elektrotehnika" 21(1977)466
3. Z.Ogorelec: Superionic Conductors in a Centrifugal Field, Sol.State Comm. 27(1978)1341.

Radovi referirani na konferencijama

1. A.Tonejc, Z.Vučić i J.Šubić, Unusual structural behaviour of Copper selenides $Cu_{2-x}Se$, 13.Konferencija Jug.centra za kristalografiju, Preddvor, juni 1978.
2. Z.Vučić, Z.Ogorelec i A.Tonejc: Kritički fenomeni na faznom prijelazu u superionsko stanje, 6.Jug.simpozij o fizici kondenzirane materije, Kruševac 1978.
3. Z.Ogorelec: Superionski vodiči - pozvano uvodno predavanje na 6.Jug. simpoziju o fizici kondenzirane materije, Kruševac 1978. (primljeno za štampu u časopis "Fizika").

ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA

U ovom Odjelu rade suradnici radne organizacije RIZ - 00UR-a Tvornice poluvodiča - Odjel za razvoj procesa.

Stručni suradnici:

Vlatka Radić, dipl.ing.kem., šef odjela
Mladen Arbanas, magistar elektronike
Dubravka Dojč, dipl.ing.kem.
Ivan Gložinić, dipl.ing.fiz.
Elizabeta Hasanbašić, dipl.ing.kem.
Dubravka Ljubić, dipl.ing.kem.
Dragan Živković, dipl.ing.fiz.

Tehnički suradnici:

Milan Vukelić, tehnolog za maske
Vera Tončić, kem.tehničar
Vesna Milinović, kem.laborant
Vladimir Studen, VKV strojar
Mirosljub Kovač, radiomehaničar

Pregled rada

1. Programiranje i dobivanje Si-Si i Si-X struktura depozicijom iz parne faze, te njihovo ispitivanje

1.1. Nastavljeni su radovi na ispitivanju kvalitete naših epitaksijalnih pločica silicija preko električnih parametara tranzistora. Od uzoraka N/N^+ (111) debljine epistoja $4 \mu\text{m}$, specifičnog otpora $3 \Omega\text{cm}$, izradjeni su UHF tranzistori niskog šuma. Prema mjerenim statičkim i dinamičkim parametrima tranzistora početni materijal potpuno zadovoljava.

1.2. Preliminarna istraživanja mogućnosti polaganja silicijevog nitrida u reaktoru AMV 800

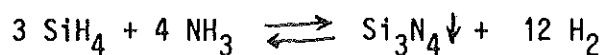
Pirolitičkom depozicijom iz plinske smjese amonijaka i silana uz inertnu atmosferu dušika nastaje amorfni silicijev nitrid. Proces je vrlo kritičan jer fizička, optička i mehanička svojstva sloja nitrida moraju biti u vrlo uskim granicama a ovise o uvjetima depozicije. Od njih najvažniji svakako su:

- čistoća sistema
- temperatura depozicije
- omjeri u plinskoj smjesi

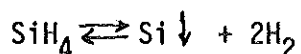
Rad je bio usmjeren na eksperimentalno određivanje optimalnih uvjeta procesa za naš uređaj. Posebnu pažnju trebalo je posvetiti pročišćavanju čitavog sistema. Ukoliko postoje i tragovi kisika, javljaju se defekti u nitridu koji nepovoljno utječu na hermetičnost sloja. Ta pojava je lako uočljiva jer se manifestira kao bijela koprena na površini inače prozirnog sloja. I mikronski sitne krute čestice nečistoća uzrokuju nastajanje defekata jer predstavljaju centre kristalizacije u amorfnom sloju.

Ispitali smo utjecaj i temperature depozicije u intervalu od 900°C - 950°C. O temperaturi ovisi brzina rasta i amornost nastalog sloja, odnosno njegova kvaliteta (hermetičnost). U ovom temperaturnom intervalu obično ne nastaju kristalinični centri. Oni se pojavljuju na temperaturi od cca 1000°C i porastom temperature raste i njihov broj.

Na amornost osim temperature utječe i količina amonijaka u smjesi. Svi slojevi nastali reakcijom s malo amonijaka i mnogo amonijaka (od stehiometrijskog odnosa) su amorfni. Međutim u prvom slučaju dio silana reagira s amonijakom



a dio se raspada



Deponirani sloj sadrži amorfni nitrid ali i čestice silicija koje mu kvare svojstva.

Za potpunu reakciju omjer $\text{SiH}_4 : \text{NH}_3$ treba biti 1 : 50 ili više.

Dobiveni slojevi ispitani su:

- Vizuelno

Pod normalnim osvjetljenjem gleda se da li je sloj proziran ili ima bijelu koprenu.

Varijacije u debljini odredjuju se usporedjivanjem uzorka s tablicom standardnih boja.

- Kvantitativno

Odredjuje se debljina sloja interferometrom i brzina jetkanja u 49%-tnoj fluorovodičnoj kiselini. Ovo jetkanje je vrlo jednostavna i pouzdana metoda za utvrđivanje kvalitete nitrida. Kvalitetan sloj jetka se brzinom od $150 \pm 30 \text{ \AA}/\text{min}$

1.3. Priprema dopiranih oksida

Silicijev dioksid čist ili dopiran koji ne raste trošenjem podloge silicija dobiva se kemijskim deponiranjem bilo pirolitskom depozicijom na temperaturama od $600 - 700^{\circ}\text{C}$ bilo oksidacijom silana (SiH_4) na temperaturama od $300 - 500^{\circ}\text{C}$ ili nanošenjem emulzija na sobnoj temperaturi. Taj oksid može se relativno jednostavno dopirati primjesama na pr. fosforom, borom, arsenom. Od vrlo široke primjene koje dopirani oksidi imaju u poluvodičkoj tehnologiji za nas su najinteresantnije:

- pasivacija diskretnih elemenata i integriranih sklopova
- izvori dopanta pri difuziji primjesa u silicij

Istraživanja na tom području bila su usmjerena u ovoj godini na pripremu emulzija.

Emulzija se sastoji od nekoliko komponenata:

- kemijskog spoja koji sadrži silicij a raspada se utjecajem kisika i topline,
- alkohola kojim se podešava viskozitet emulzije odnosno debljina sloja oksida,
- primjesa koje stabiliziraju emulziju i povećavaju adheziju na podlogu,
- kemijskog spoja koji sadrži dopant.

Dobivene su relativno stabilne emulzije i homogeni slojevi nedopiranog oksida koji se koriste u proizvodnji RIZ - Tvornice poluvodiča za površinsku zaštitu fotolitografskih maski. Na dobivanju dopiranih emulzija radi se i dalje jer do sada nije postignuta stabilnost veća od nekoliko minuta.

2. Maske za integrirane sklopove

Koristeći uređaj za elektronsku ekspoziciju, procesirane su fotolitografske maske za niz osnovnih ćelija integrirane injekcione logike (I^2L sklopovi). Najkompleksnija geometrijska struktura sadrži na jednom elementu osnovnu ćeliju u nekoliko varijanti, bipolarni tranzistor, ring oscilator i test strukturu za mjerenje parametara p-n prijelaza.

Za kontrolu tehnološkog procesa u pojedinim fazama proizvodnje bipolarnih poluvodičkih elemenata izradjena je test maska s osam različitih elemenata.

3. Tehnološki postupci

3.1. Naparavanje aluminijskim topom

Za naparavanje metalnih kontakata (aluminij debljine 12.000 - 15.000 Å) na silicijevu pločicu različitih poluvodičkih struktura, vakuumski sistem s elektronskim topom firme Varian usavršen je s nekoliko manjih zahvata. Time je postignuto bolje fokusiranje elektronskog snopa, omogućeno naparavanje bez termičke izolacije što daje veću čistoću sloja i omogućeno zagrijavanje supstrata. Eksperimentalno je utvrđeno da se prelazni otpor kontakta smanjuje ako se naparavanje vrši na temperaturi cca 200°C.

Rezultat eksperimentalnog rada je tehnološki postupak koji je uveden u masovnu proizvodnju tranzistora kao standardni proces.

3.2. Difuzija arsena i fosfora

Razradjena je primjena komercijalne kemikalije As-120 za difuziju arsena u silicij. Dubina difuzije 8-10 μm uz električki aktivnu površinsku koncentraciju 10^{20} cm^{-3} postiže se uniformno i reproducibilno. Iskorištenje obzirom na dobivene diode je > 95%.

Za standardni proces difuzije fosfora u silicij iz plinske smjese koja kao dopant sadrži 600 ppm fosfornog oksiklorida POCl_3 , konstruiran je sistem za dopiranje i modificiran proces. Prednosti se očituju u smanjenju broja defekata nastalih za vrijeme difuzije, smanjenju šuma tranzistora, produženoj trajnosti POCl_3 u sistemu i boljoj reproducibilnosti procesa.

3.3. Pokusna proizvodnja tranzistora

Organizirana je pokusna procesna proizvodnja visokofrekventnog tranzistora niskog šuma (komercijalni tip 2N918) koja je verificirana na 200.000 kom. tranzistora. Izradjena je tehnološka dokumentacija za redovnu proizvodnju koja će u slijedećoj godini započeti u Tvornici.

ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU

Pročelnik odjela:

SLAVEN BARIŠIĆ, doktor fiz.nauka - izv.profesor PMF-a Sveučilišta
u Zagrebu - viši znanstveni suradnik

Znanstveni suradnici:

ALEKSA BJELIŠ, doktor fiz.nauka - znanstveni asistent

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

BRANKO GUMHALTER, doktor fiz.nauka - znan.asistent

STJEPAN MARČELJA, doktor fiz.nauka, docent PMF-a Sveučilišta u Zagrebu,
znan.suradnik (od 13.4.1978. na Univ.of Canberra)

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

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

NIKOLA RADIĆ, mr fizičkih nauka - znan.asistent (do 30.9.1978)

VELJKO ZLATIĆ, znan.suradnik, dr fiz.nauka

Pregled istraživačkog rada

Općenito

U toku 1978.god. došlo je do značajnijih kadrovskih promjena na Odjelu. Odjel su napustili dr S.Marčelja, znanstveni suradnik, mr N.Radić, znan.asistent, a u njegov su se rad uključili dr M.Šunjić, viši znan. suradnik i I.Batistić, dipl.ing.fizike, asistent-postdiplomand. Time je, nažalost, prestala aktivnost teorijskog karaktera u biofizici, ali se međjutim pojačala djelatnost u fizici površina, započeta dolaskom dr B. Gumhaltera, polovicom 1977.god. Nastavljena su istraživanja u tradicionalnim područjima rada Odjela, na problemu magnetskih primjesa i na problemu lančastih vodiča. U suradnji s eksperimentalnim grupama IFS-a načinjeni su

i prvi koraci prema studiji teorijskih aspekata problema amorfnih slitina i metala. Mr K.Uzelac produžila je pak svoj boravak u Laboratoire de Physique des Solides, Orsay, Francuska, gdje radi na teoriji faznih prijelaza.

Pored toga, kao izvanrednu aktivnost treba izdvojiti organizacioni rad na Medjunarodnoj konferenciji o lančastim vodičima, održanoj početkom rujna u Dubrovniku. Na konferenciji se skupilo oko 170 sudionika iz cijelog svijeta, uključujući i najeminentnije znanstvenike iz tog područja, a da to od IFS-a kao organizatora nije zahtijevalo financijskog napora. Konferencija je organizirana u suradnji s eksperimentalnim fizičarima IFS-a, zainteresiranim za to područje.

Uzevši sve u obzir može se ustanoviti da se u 1978.g. znanstvena djelatnost Odjela uglavnom zadržala na razini iz 1977.g. Najvažniji činioci koji smetaju brži napredak po našem mišljenju su:

- 1) povećana zauzetost nastavnog osoblja PMF-a vanznanstvenim zaduženjima
- 2) nesrazmjer između stvarnog i eksplicitno priznatog i financiranog znanstvenog rada vanjskih suradnika nastavnog osoblja u visokom školstvu
- 3) nejasna dugoročna znanstvena perspektiva za članove Odjela, stalne suradnike IFS-a.

U skoroj budućnosti predstoji preuzimanje još nekih neznanstvenih obaveza te, vjerovatno, nastavnih opterećenja. Stoga bi moglo doći do ozbiljnog suženja znanstvene djelatnosti Odjela ukoliko se gore navedeni problemi ne riješe stvaranjem jasno ograničenog i dovoljno širokog prostora za znanstveni rad svog osoblja Odjela. Obzirom na ulogu teorijske fizike kao i na činjenicu da slični problemi tište i neke druge odjele IFS-a, to bi moglo imati negativne posljedice na razvoj fizike čvrstog stanja kao znanstvenog područja, te, nešto kasnije, nastavnih i aplikativnih emanacija tog područja.

I. Neuredjeni sistemi

1. U 1978. V.Zlatic, izračunavao je nisko temperaturni magnetootpor u razrijedjenim legurama prijelaznih metala. Pokazao je, u okviru Wolffovog modela, da je $\Delta \rho(H, T)$ pozitivan za $T \ll T_k$: proporcionalan s H^2 za $H \ll T_k$, te da je $\Delta \rho$ negativan za $T \gg T_k$: proporcionalno s H^2 za $H \ll T_k$.

2. S diplomandom B.Horvatićem, radio je na perturbacionom računu nesimetričnog Andersonovog hamiltonijana: formulirao postupak za izračunavanje termoelektrične struje u tom modelu.

3. S B.Gumhalterom, radio je na problemu redistribucije elektronske gustoće oko atoma kemisorbiranih na metalnoj površini.

T.Ivezić bavio se dvāma područjima, tuneliranjem u metal-izolator-metal kontaktima s magnetskim nečistoćama te amorfnim metalima.

U prvom području iznio je konačne opće rezultate tuneliranja neovisno o usvojenom obliku potencijalne barijere, a u ovisnosti o primjenjenom magnetskom polju. Takodjer je u neperturbacionom računu Kondo amplitude raspršenja razmatrao utjecaj ovisnosti integrala izmjene o valnom vektoru, na anomaliju (oko) nultog napona.

Radio je na mehaničkim i električnim svojstvima metalnih stakala, posebno na kombinacijama prijelazni metal - metaloid. Tu je uglavnom suradjivao sa zainteresiranim eksperimentalcima IFS-a na kvalitativnom objašnjavanju njihovih rezultata. U tu se suradnju uključio i K.Šaub.

Spomenuta aktivnost rezultirala je s po tri saopćenja na međunarodnim odnosno domaćoj konferenciji, od kojih su u bibliografiji navedene samo ona, gdje je T.Ivezić prvi (ili jedini) autor.

II. Fizika površina

M.Šunjić se bavio elektronskom strukturom metalnih površina, ne-elastičnim procesima u fotoemisiji, elektronskim spektrom adsorbiranih molekula i elektro-magnetskim svojstvima višeslojnih tankih filmova. Pri tom je nastavio plodnu suradnju s grupom fizike čvrstog stanja Instituta "R. Bošković" tj. sa sredinom iz koje je došao. Dio njegovih radova iz 1978.g. koje je napisao kao suradnik IFS-a, naveden je u bibliografiji.

B.Gumhalter je nastavio izučavanje efekata relaksacije i "shake up" na X-spektre dubokih nivoa kemisorbiranih atoma. Taj rad pobudio je međunarodni interes, što svjedoče pozivi na konferenciju u Amsterdamu i seminare u Londonu i Münchenu. Kao "interdisciplinaran" ovdje treba ponovo spomenuti u prethodnom poglavlju već spomenut njegov rad s V.Zlatićem na zasjenjenju kemisorbiranih atoma.

III. Fizika lančastih vodiča

Pored sudjelovanja u organizaciji spomenute konferencije i obrane doktorske disertacije A.Bjeliš je razvio Landau teoriju strukturnih i termodinamičkih anomalija HMTTF-TCNQ-a koja se lijepo slaže s opažanjima. Tokom svog jednomjesečnog boravka na Central Research Institute for Theoretical Physics, bavio se i pitanjima renormalizacije elektronskog spektra međudjelovanjem s fononima.

S.Barišić se nastavio baviti pitanjem zasjenjenja dugodosežne Coulombove interakcije unutar procesa koji definiraju renormalizacionu grupu I reda za vezani elektron-fonon sistem. Tokom svog zajedničkog boravka s L.P.Gor'kovom u Laboratoire de Physique des Solides Orsay dano je objašnjenje ponašanja TTF-TCNQ-a unutar te teorije. To je navedeno (zasad ukratko) kao zajednički rezultat u preglednom članku L.P.Gor'kova za Zbornik konferencije u Dubrovniku.

S I.Batistićem, asistentom post-diplomandom S.Barišić izučava svojstva jednodimenzionalnog Landau modela strukturne nestabilnosti, koji sadrži Lifshitzovu invarijantu.

Popis radova

Znanstveni radovi (članci i pozvana predavanja)

1. V.Zlatic, Low-temperature magnetoresistance of nearly magnetic transition metal, based alloys and actinides, J.Phys.F8, 489-96 (1978)
2. B.Gumhalter, V.Zlatic, Spatial variation of the extraorbital screening charge around chemisorbed atoms, J.Phys.C (1979), u štampi
3. M.Šunjić, Electronic Structure of Metallic Surfaces, Fizika pozvano predavanje (u tisku)
4. D.Šokčević, M.Šunjić, F.C.Fadley, Strengths of Intrinsic Plasmon Satellites in XPS from Adsorbates Dispersion and Lifetime Effects, Surface Sci.(u tisku)
5. Z.Lenac, M.Šunjić, The Properties of a Parallel Plate Capacitor in a Plasmon Model, Z.Physik B (u tisku)
6. B.Gumhalter, Line Shapes and relaxation effects in core level photoelectron spectra of chemisorbed species, Phys.Rev.B (u tisku)
7. B.Gumhalter, Shake up and relaxation effects in core spectra of adsorbates ECOS I, Surface Science Suppl.,Dec.1978,(pozvano predavanje)
8. B.Gumhalter, Dynamic screening and relaxation effects in the core level spectra of adsorbates, Colloquium on Chemical Physics of Surfaces,Uppsala 1977, Int.Journ.Quant.Chem.XII,suppl.2 (1977)
9. A.Bjeliš, S.Barišić, Three - dimensional ordering in HMTTF-TCNQ, J.Physique Lettres, 39,347,1978.
10. S.Barišić, Screening and Retardation in the Phonon-Coulomb Model for Quasi-One-Dimensional Conductors (poslano u štampu)

Konferencije (pozvana predavanja bez publikacije i saopćenja)

V.Zlatic, Effects of the magnetic field in the electrical resistivity of dilute alloys, Solid State Conference, Warwick 1978.

T.Ivezić, The hopping model of zero-bias tunneling anomalies: Magnetic field effect, J.Physique C6-854,1978.

T.Ivezić, Tuneliranje u metal-izolator-metal kontaktima s magnetskim nečistoćama i odredjivanje Kondo amplitude raspršenja, VI Jug.simp. o fiz.kond. materije, Fizika (u tisku)

T.Ivezić, M.Očko, E.Babić, M.Stubičar, Ž.Marohnić, Correlation between Microhardness and Magnetic Properties in Amorphous Fe-Ni Alloys, 3rd Int. Conference on Rapidly Quenched Metals III,G16,380,1978 (ed.B.Cantor)

M.Šunjić, simpozij "Electromagnetic properties of metal surfaces" ICTP,
Trst 1978, pozvano predavanje

M.Šunjić, Seminar on the dynamical properties of solids and solid surfaces,
Stresa (Italija) 1978, pozvano predavanje

B.Gumhalter, simpozij "Electromagnetic properties of metal surfaces" ICTP,
Trst 1978, pozvano predavanje

B.Gumhalter, Utjecaj unutar i izvanatomske relaksacije na oblik spektara
adsorbata (Fizika), VI Jug.simp.o fiz.kond.materije

A.Bjeliš, S.Barišić, Medjunarodna konferencija o lančastim vodičima, Dubrovnik 1978.

S.Barišić, Meeting on "Lattice Instabilities of Electronic Origin", Bad Honnef
1978, pozvano predavanje

Diplome

A.Bjeliš, Strukturne nestabilnosti u jedno-dimensionalnim vodičima, disertacija

I.Batistić, Zapinjanje deformacije efektima sumjerljivosti u jednodimensionalnom
Ginzburg-Landauovom modelu, diplomski rad

Knjige

Započet je rad na Zborniku medjunarodne konferencije o lančastim vodičima
(urednici S.Barišić, A.Bjeliš, J.R.Cooper, B.Leontić) Springer Verlag

Stručni rad

T.Ivezić, M.Očko, E.Babić, M.Stubičar, Veza između mikrotvrdoće i magnetskih
svojstava Fe-Ni slitina, Elektrotehnika 5-6, 387, 1978.

III SEMINARI ODRŽANI U IFS-u U 1978.GODINI

- Dr.P.J.FORD, Bochum, SR Njemačka, "AN INTRODUCTION TO SPIN GLASSES", 30.3.1978.
- Dr.J.KLECZEK, Ondrejov Observatory, "UTILIZATION OF SOLAR ENERGY" 8.6.1978.
- Dr.Z.TRONTELJ, Univerza Ljubljana, "NUKLEARNA KVADRUPOLNA REZONANCA (NQR) KAO MOGUĆA ANALITIČKA METODA ZA ODREĐIVANJE KOLIČINE NEKIH ELEMENATA U MINERALIMA" 15.6.1978.
- Dr.N.M.PLAKIDA, Dubna, SSSR, "FLUCTUATION EFFECTS IN ELECTRON-PHONON SYSTEMS AT PHASE TRANSITIONS" 18.6.1978.
- Dr.V.L.AKSENEV, Dubna, SSSR, "THEORY OF SPIN SYSTEMS WITH TRANSVERSE FIELDS" 19.6.1978.
- Dr.V.L.AKSIONOV, Dubna, SSSR, "THE METHOD OF DOUBLE-TIME GREEN FUNCTIONS IN THE ISING MODEL WITH TRANSVERSE FIELD" 19.6.1978.
- Dr.C.HILDEBRANDT, Max Planck Institute, Berlin, "X-RAY DIFFRACTION IN NEARLY PERFECT CRYSTALS AND ITS APPLICATIONS" 26.6.1978.
- Dr.G.GRIMVALL, Royal Institute of Technology, Stockholm, "CORRELATIONS OF ATOMIC AND THERMODYNAMIC PROPERTIES IN SOLIDS" 3.7.1978.
- Dr.M.P.TOSI, ICTPT, Trst, "COLLECTIVE EXCITATIONS IN FERMI LIQUIDS" 10.7.1978.
- Dr.A.ZAWADOVSKI, Central Research Institute for Physics, Budapest, "FERMI LIQUID THEORY OF KONDO ALLOYS" 13.7.1978.
- Dr.J.PRZYSTAWA, Institut of Theoretical Physics, Wrocław, "SOME THEORETICAL PROBLEMS OF THE PHASE TRANSITION TO AN INCOMMENSURATE STRUCTURE (MODULATED STRUCTURE)" 2.10.1978.
- Dr.M.PAIĆ, IFS, "UTISCI SA KONGRESA EVROPSKOG FIZIČKOG DRUŠTVA "STREMLJENJA U FIZICI" (TRENDS IN PHYSICS) YORK, 1978." 12.10.1978.
- Dr.Z.OGORELEC, IFS, "UTISCI S KONFERENCIJE U YORKU" 19.10.1978.
- Dr.I.M.BURGAR, Inst."Jožef Stefan", Ljubljana, "N¹⁴NMR u NA₄J PRI STRUKTURNOM PRIJELAZU TE Cu⁶³ NMR U BAKAR SELENIDU PRI PRIJELAZU U SUPERIONSKO STANJE" 26.10.1978.
- Dr.A.JANOSSY, Central Res.Institute for Physics, Budapest, "DECREASE OF ELECTRONIC COHERENCE BY DEFECTS IN QUASI ONE-DIMENSIONAL ORGANIC CONDUCTORS" 9.11.1978.
- Dr.G.PICHLER, IFS, "REZONANTNO ŠIRENJE SPEKTRALNIH LINIJA ATOMA PRVE, DRUGE I TREĆE GRUPE ELEMENATA PERIODNOG SISTEMA" 16.11.1978.
- Dr.A.KODRE, Univ.v Ljubljani, "REZONANTNO RAMANSKO RASPRŠENJE X ZRAKA" 23.11.1978.
- Dr.A.FERT, Orsay, Paris, "TRANSPORT PROPERTIES OF DISORDERED FERROMAGNETIC ALLOYS" 14.12.1978.
- Dr.E.TOSATI, ICTP, Trieste, "STRUCTURAL PHASE TRANSITIONS" 7.12.1978.
- Dr.T.KEMENY, Central Res.Institute for Physics, Budapest, "DISORDERED FERROMAGNETS" 23.12.1978.

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

Voditelj biblioteke:

MARICA FUČKAR, dipl.filozof, bibliotekar

Stručni suradnik:

VELJKO ZLATIC, doktor fizičkih nauka - znan.suradnik

Prikaz rada

Biblioteka je tokom 1978. godine, nakon rada na potpunom sredjivanju biblioteke koje je završeno u 1977. godini, nastavila aktivnošću u okviru institutskih mogućnosti i zahtjeva.

FOND BIBLIOTEKE

1. knjige 2181
2. periodika 3592 svezaka
3. diplomske radnje 386
4. magistarske radnje 84
5. disertacije 54
6. katalozi periodike 18

NABAVNA POLITIKA

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

U 1978. godini biblioteka je primila 152 domaća i strana časopisa. Kao dar pristizalo je 27, a na članstvo 37 naslova časopisa.

Nabava knjiga vrši se kupnjom preko izdavačkog poduzeća "Mlađost", zamjenom za publikacije IFS-a (dr V.Vujnović-SPIG) i povremenim primanjem knjiga na dar.

U toku 1978. godine, nabavljeno je 146 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 ući 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 vodjenje 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 diplomatske radnje, magistarske radnje i disertacije obranjene na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Zagreb, iz područja fizike,
10. da vrši interne poslove biblioteke i administrativne poslove biblioteke.
11. da pomaže znanstvenom osoblju kod prijepisa članaka pripremljenih za publiciranje.

KLASIFIKACIJA

Klasifikacija knjiga vrši se po INSPEC-klasifikaciji koja je 1977. godine, postala internacionalna klasifikacija za područje fizike.

KATALOGIZACIJA I KNJIGA INVENTARA

Cjelokupni bibliotečni materijal se inventarizira i stručno obradjuje tj. katalogizira. Biblioteka vodi dvije vrste kataloga: abecedni i naslovni, dok je izrada predmetnog kataloga u pripreмноj fazi.

Izrada dodatka prvom tiskanom katalogu periodike Instituta za fiziku Sveučilišta u Zagrebu (1977) planira se izraditi u 1980. godini sa zaključno 1980. godinom, tj. sa 3 godišta (1978, 1979 i 1980.)

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 iznosio bi 169 knjiga.

Financijski taj otpis nije prikazan jer se još uvijek nadamo da će se neke knjige pronaći.

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.

Uvezane časopise posudjuje za korisnike Instituta za 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 dr Veljkom Zlatićem

FINANVIJSKI POKAZATELJ VRIJEDNOSTI BIBLIOTEKE IFS-a do zaključno 31.12.1978. godine.

- do 31.12.1977. godine, za knjige i periodiku utrošeno je ukupno 1,814.939,85 dinara.

U toku 1978. godine, utrošeno je u biblioteci za uplatu članarina znanstvenih radnika, za nabavu knjiga i periodike 369.261,36 dinara.

V. T A J N I Š T V O

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

Tajnik:

ZDRAVKO FRANČIĆ, dipl. pravnik 1 (1)

Struktura i sastav:

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

Brojno stanje na dan 31.12.1978.

- | | |
|------------------------|---|
| - služba općih poslova | 6 |
| služba računovodstva | 2 |
| nabavno-sklad.služba | 2 |
| radionica | 1 |

Brojevi u zagradi označuju broj radnika od ukupnog broja koji rade s radnim vremenom kraćim od punog radnog vremena.

Program znanstvenog rada Instituta u 1978. godini financirali su:

- | | |
|--|--------------|
| a) Samoupravna interesna zajednica za znan.rad - SIZ-I | 5.142.231,00 |
| - SIZ-III | 307.165,00 |
| b) Sufinanc.znan.programa od Sveučilišta | 3.420.000,00 |
| c) PMF u Zagrebu | 562.592,20 |
| d) Financ.-učešće RIZ-Tvor.poluvod. | 495.200,00 |
| e) Ostali prihodi | 834.948,85 |

Ukupno	10.762.137,05
--------	---------------
