

IZVJEŠTAJ O RADU
INSTITUTA ZA FIZIKU SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ZAGREB
1.I - 31.XII 1972.

S A D R Ž A J

Strana

I	U V O D	1
II	ORGANI UPRAVLJANJA I IZVRŠNI ORGANI INSTITUTA	3
	Radna zajednica	3
	Upravni odbor	3
	Naučno vijeće	4
III	IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA	4
	ODJEL FIZIKE METALA I	4
	Pregled istraživačkog rada	5
	Rezultati istraživačkog rada	6
	Popis radova	9
	ODJEL FIZIKE METALA II	11
	Pregled istraživačkog rada	11
	Popis radova	17
	ODJEL OPTIČKIH SVOJSTAVA KRISTALA	19
	Pregled istraživačkog rada	19
	Popis radova	20
	ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA	21
	Pregled istraživačkog rada	21
	Rezultati istraživačkog rada	22
	Popis radova	25
	ODJEL FIZIKE POLUVODIČA	27
	Pregled istraživačkog rada	27
	Rezultati istraživačkog rada	27
	Popis radova	33
	ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA	34
	Pregled istraživačkog rada	34
	Rezultati istraživačkog rada	35
	ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU	38
	Pregled istraživačkog rada	38
	Popis radova	40
IV	TAJNIŠTVO	42

I U V O D

Institut za fiziku Sveučilišta bavi se istraživačkim i nastavnim radom u okviru općeg naučno nastavnog programa Sveučilišta. Istraživanja koja se u Institutu vrše pokrivaju područje fizike čvrstog stanja i fizike ioniziranih plinova i po karakteru su čistog i primijenjenog smjera.

Naučni radnici koji rade u Institutu vrše općenito također nastavne dužnosti na raznim fakultetima Sveučilišta. Ovime se postiže jedinstvo naučnog i nastavnog rada bez obzira da li su pojedini naučni radnici u punom ili dopunskom radnom odnosu s Institutom. Nekoliko suradnika stalno su zaposleni kao istraživački radnici u industriji, a ima suradnika koji stalno rade i žive izvan Zagreba. Institut je otvoren, dakle, svim naučnim radnicima koji su kompetentni da vrše kvalitetan naučni rad prema usvojenim standardima i kriterijima. Ovi kriteriji su ekvivalentni onima koji vladaju u ostalim sličnim institutima u razvijenim zemljama. Naš je cilj da ove kriterije podržavamo i da stalno poboljšavamo kvalitetu i količinu naučnih rezultata.

Da bi se osigurala mogućnost primjene naučnih dostignuća u tehnologiji privredne proizvodnje potrebno je razviti adekvatne laboratorije primijenjene fizike gdje bi se fundamentalna saznanja mogla upotrijebiti za realizaciju tehnoloških procesa. U tu svrhu Institut posjeduje Odjel primijenjene fizike koji se do sada bavio uglavnom primijenjenom fizikom poluvodiča, no koji je sada u stanju ekspanzije da bi obuhvatio rad na problemima energetike, kao npr. direktna konverzija energije, na problemima preciznih optičkih mjerenja, kao npr. primjena laserske interferometrije u industriji, te na ostalim razvojnim projektima koji su od interesa našoj industriji. Institut će rado primiti od naše industrije sve sugestije i želje u vezi s otvaranjem projekata primijenjene fizike koji bi mogli koristiti u proizvodnji. Napominjemo da je Institut naročito dobro opremljen da u ovom smislu pomogne: industriji telekomuni-

kacija, električnoj industriji, metalurškoj industriji, brodogradnji te ostalim industrijama koje u svojoj proizvodnji ovise o procesima čiji se fizikalni karakter treba dobro proučiti. Institut također planira da uskoro počne izučavanja problema zaštite čovjeka i okoline.

Rezultati naših napora mogu se vidjeti iz teksta koji je sadržan u ovom izvještaju. Institut se koristio suradnjom sa individualnim stručnjacima iz niza zemalja. Aktivna suradnja u naučnom radu ostvarena je sa institutima u zemlji; Beogradu, Ljubljani i Sarajevu, kao i ustanovama izvan zemlje, naročito onima u Genovi, Londonu (Imperial College), Budimpešti, Jülichu (SRN) i Rochesteru (SAD). Brojne naučne publikacije ostvarene su u zajednici s ovim ustanovama.

Ograničenost sredstava ne može pravdati loš rad. Ona samo može uvjetovati sužavanje domene aktivnosti. No sužavanje domene aktivnosti u ovom času teško bi pogodilo Institut. Trebamo napomenuti: Smanjenje sredstava namijenjenih naučnom radu imati će vrlo nepovoljan utjecaj na razvoj nekih grana nauke posebno u našem slučaju fizike koja je kadrovski (barem na polju fizike čvrstog stanja) deficitarna. Budući da moderna industrija može biti konkurentna samo onda ako ostaje na fronti tehnološkog razvoja, to je očito da je novac utrošen na naučna i tehnološka istraživanja u krajnjoj analizi najracionalnije utrošen.

Aktivnost jednog instituta kao što je Institut za fiziku treba dakle da pokriva ovu široku domenu od postdiplomske nastave i čistih naučnih istraživanja, pa sve do neposredne pomoći industriji i privredi. On treba da djeluje kao most komunikacije između Sveučilišta i neposrednih korisnika kadrovskog i znanstvenog izvora. Još uvijek ostaje mnogo prepreka da se savlada prije nego što ta uloga sveučilišnih instituta bude u potpunosti osigurana i od svih nas kolektivno traži se potpuno i nesebično angažiranje u tom smjeru.

ORGAN UPRAVLJANJA I IZVRŠNI ORGANI INSTITUTA

RADNA ZAJEDNICA

Predsjednik Radne zajednice do 4.IV 1972.

SAFTIĆ BRANIMIR, dipl.ing.fiz. - viši stručni suradnik

Predsjednik Radne zajednice od 4.IV 1972.

LEPČIN VILIM, tehnički suradnik u Odjelu fizike
metala I

Imenovani članovi Radne zajednice:

Dr. GAJO ALAGA, redovni profesor Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - predstavnik Sveučilišta u Zagrebu.

Dr. KSENOFONT ILAKOVAC, redovni profesor Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - predstavnik Sveučilišta u Zagrebu.

Dr. JANKO HERAK, naučni suradnik Instituta "Ruđer Bošković" - predstavnik Sveučilišta u Zagrebu.

Dr. VLADIMIR MATKOVIĆ, redovni profesor Saobraćajnog studija pri Građevinskom fakultetu u Zagrebu - predstavnik Sveučilišta u Zagrebu.

UPRAVNI ODBOR

Sastav Upravnog odbora do 4.IV 1972.

Predsjednik Upravnog odbora:

Dr. JASNA BATURIĆ-RUBČIĆ, naučni suradnik u Odjelu primijenjene fizike poluvodiča

Članovi Upravnog odbora:

1. Dr. DRAGUTIN MILER, viši asistent u Odjelu fizike ioniziranih plinova
2. TOMISLAV NOVAK, ekonomski suradnik
3. ANKICA KIRIN, magistar fizike, asistent u Odjelu fizike metala I

4. RUDOLF KRSNIK, magistar fizike, asistent u Odjelu fizike metala II
5. Dr. BORAN LEONTIĆ, naučni savjetnik - pročelnik Odjela fizike metala II i direktor Instituta

Zamjenici članova Upravnog odbora:

1. Dr. KATARINA KRANJC, viši naučni suradnik u Odjelu fizike metala I
2. Dr. ANTON TONEJC, asistent u Odjelu fizike metala I

Sastav Upravnog odbora od 4. IV 1972.

Predsjednik Upravnog odbora

Dr. KATARINA KRANJC, viši naučni suradnik u Odjelu fizike metala I

Članovi Upravnog odbora:

1. Dr. ANTUN BONEFAČIĆ, viši naučni suradnik - pročelnik Odjela fizike metala I
2. RUDOLF KRSNIK, magistar fizike, asistent u Odjelu fizike metala II
3. SUBAŠIĆ DAMIR, asistent u Odjelu optička svojstva kristala
4. SEPTIĆ MILAN, tehnički suradnik u Odjelu fizike metala II
5. Dr. BORAN LEONTIĆ, naučni savjetnik - pročelnik Odjela fizike metala II

Zamjenici članova Upravnog odbora:

1. BRANKO HACEK, VKV radnik - šef radionice Instituta
2. Dr. ZVONIMIR OGORELEC, viši naučni suradnik - pročelnik Odjela fizike poluvodiča

NAUČNO VIJEĆE INSTITUTA

Članovi Naučnog vijeća:

1. Dr SLAVEN BARIŠIĆ, naučni suradnik - pročelnik Odjela teorijske fizike
2. Dr ANTUN BONEFAČIĆ, viši naučni suradnik i pročelnik Odjela fizike metala I
3. Dr BORAN LEONTIĆ, naučni savjetnik - pročelnik Odjela fizike metala II i direktor Instituta
4. Dr ZVONIMIR OGORELEC, naučni suradnik i pročelnik Odjela fizike poluvodiča
5. Dr MLADEN PAIĆ, naučni savjetnik i pročelnik Odjela optička svojstva kristala
6. Dr VLADIS VUJNOVIĆ, naučni suradnik i pročelnik Odjela fizike ioniziranih plinova

DIREKTOR INSTITUTA

Dr. BORAN LEONTIĆ, red. prof. - pročelnik Odjela fizike metala II

III. IZVJEŠTAJ ORGANIZACIONIH JEDINICA

ODJEL FIZIKE METALA I

Pročelnik odjela:

ANTUN BONEFAČIĆ, doktor fiz. nauka, izv. profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - viši naučni suradnik

Naučni suradnici:

KATARINA KRANJC, doktor fiz. nauka, izv. profesor PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - viši nauč. sur.

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

DAVOR DUŽEVIĆ, magistar fiz. nauka - asistent

ANKICA KIRIN, magistar fiz. nauka, asistent Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu - asist.

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

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

VJEKOSLAV FRANETOVIĆ, dipl.ing.fiz., asistent Farma-
ceutskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
- asistent

DUBRAVKA ROČAK, magistar fiz.nauka, asistent Medi-
cinskog fakulteta Sveučilišta u
Zagrebu - asistent do 31.10.1972.

Tehnički suradnici:

LEPČIN VILIM, viši tehničar
ŠTOKIĆ DARINKA, tehničar

1. Pregled istraživačkog programa

Nastavljajući radom na binarnim metastabilnim slitinama iz predašnjih godina, u 1972. godini prišlo se detaljnijem proučavanju problema koji su do sada ostali neispitani. Tako je nastavljeno istraživanje uzroka povećanju tvrdoće kod dozrijevanja čvrstih otopina Al-Fe i Al-Ni, te ispitivanje interakcije praznina i otopljenih atoma u slitini Al-Sn. Ispitivane su fazne transformacije u ultrabrzo kaljenim Al-W slitinama. Istraživani su procesi difuzije u ranim stadijima raspada ultrabrzo kaljene Al-Ag slitine, te računate energije aktivacije raspada nekih prezasićenih otopina i kvantitativno povezane s procesom difuzije. Radilo se na kvantitativnom određivanju kemijskog sastava naparenih tankih slojeva binarnih slitina metodom rendgenske fluorescentne spektrometrije. Proučavana su kristalografska svojstva dendrita olova dobivenih elektrolizom.

2. Rezultati istraživačkog rada

Nastavljajući rad na ispitivanju topivosti prijelaznih metala u aluminiju detaljno je ispitan sistem Al-W. U jednofaznim α -Al uzorcima dobivenim brzim kaljenjem utvrđeno je da raspad čvrste otopine započinje već kod 100°C , te da se pri raspadu javljaju dvije nove faze, kojima su određene dimenzije jediničnih stanica. Višefazni uzorci dobiveni brzim kaljenjem sadržavali su pored čvrste otopine (α -Al), aluminijska i volframa, još i dvije nepoznate metastabilne faze. Eksperimentima izvedenim izohronalnim i izotermskim popuštanjem uzoraka, utvrđeno je da simultano prisustvo metastabilnih faza uz čvrstu otopinu čini čvrstu otopinu postojanijom prema raspadanju.

Metodom ultrabrzog kaljenja iz taljevine i parovite faze dobivene su prezasićene čvrste otopine nikla i kositra u aluminiju, koje su ispitivane elektronskim mikroskopom. Promjene u mikrostrukturi naparenih filmova slitine dobivene pulsničkim grijanjem elektronskim snopom u mikroskopu protumačene su modelom koalescencije u homogenom temperaturnom polju. Predložen je i model kvazi-perlitnog rasta lamela precipitirane faze u polikristalnoj sredini, kao drugi tip strukture dobivene pulsničkim grijanjem. Utvrđeno je da u Al-Ni sistemu, popuštanjem uzoraka nastaju zone bogate atomima nikla približno sfernog oblika.

Velika brzina difuzije atoma kositra u matrici aluminijska objašnjena je jakom interakcijom praznina u otopljenih atoma.

Mikrostruktura brzo kaljenih Al-Ni i Al-Sn slitina proučavana je i analizom profila rendgenskih difrakcijskih maksimuma. Mjerenja su vršena nakon kaljenja kao i nakon procesa popuštanja na određenoj temperaturi s uzorcima raznih koncentracija. Interpretacijom Fourierovih koefi-

oijenata čistih difrakcijskih profila razlučeno je disperzijsko i difrakcijsko proširenje. Utvrđeno je da je distorzija rešetke glavni uzrok proširenju, što potkrepljuju i rezultati elektronsko-mikroskopskih opažanja. Kod niza ispitanih uzoraka izračunata je relativna prosječna deformacija rešetke, te mjerena njena ovisnost o temperaturi popuštanja.

Sistemi Al-Ni i Al-Sn proučavani su paralelno i metodom raspršenja rendgenskih zraka pod malim kutem. Upotrebom Guinier-Levelut-ove komore ispitivao se stupanj disperzije otopljenih atoma u tim slitinama na različitim temperaturama popuštanja. Zaključeno je da je povećanje tvrdoće u slitini Al-Ni izazvano koherentnim nakupinama atoma nikla, odnosno distorzijom rešetke koju te nakupine prouzrokuju.

Komorom Guinier-Levelut može se registrirati vrlo slabo centralno raspršenje na uzorku, jer na brojač pada svo zračenje propušteno kroz kružnu pukotinu. Srednji kut difrakcije određuje se položajem pukotine prema uzorku, međutim pukotina propušta snop zraka otklonjenih pod različitim kutovima. Premda se svođenjem mjerenih početaka na jedinični prostorni kut vodi računa o tom intervalu kutova difrakcije, ipak može doći do izobličenja krivulja raspršenja. Izabrano je nekoliko krivulja danih analitičkim izrazima koji karakteriziraju raspršenje na nekim sistemima, i izračunato je kako bi se promijenio oblik tih krivulja kad bi raspršenje registrirali komorom Guinier-Levelut. Uspoređenje egzaktnih i eksperimentalnih krivulja ukazuje na karakter izobličenja i omogućuje eventualne korekcije u praksi.

Sa ciljem da bi se usporedila kinetika pretprecipitacije u slitini aluminij-srebro kaljenoj iz čvrstog i tekućeg stanja, istraživao je sistem Al-4.5% Ag u toku izotermičkog i izohronog popuštanja. Metodom raspršenja rendgenskih zraka pod malim kutem određivane su dimenzije GP zona u različitim stadijima pretprecipitacije. Razlike

dobivene za uzorke kaljene na oba načina ukazuju da je energija aktivacije za rast zona manja u uzorcima kaljenim iz tekućeg stanja, jer brzi rast počinje u tim uzorcima kod nižih temperatura u toku izohronog popuštanja i zone brže rasta u prvo vrijeme žarenja kod 140°C u brzo kaljenim uzorcima nego u uzorcima kaljenim na klasični način. Dobiveni podaci analizirani su kvantitativno obzirom na neke predložene modele za kinetiku rasta zona. Konstatirano je da u obje vrste kaljenih slitina rast zona odgovara modelu "pumpanja praznina" samo u ranim stadijima pretprecipitacije. Ovisnost polumjera zona o vremenu kroz cijelo vrijeme izotermičkog popuštanja može se prikazati jednostavnim analitičkim izrazom, ali parametri nemaju iste vrijednosti za obje vrste kaljenih uzoraka. Da bi se odredila energija aktivacije za rast zona, potrebno je istražiti rast zona kod različitih temperatura, te se ovaj rad nastavlja.

Izračunate su aktivacione energije raspada prezasićenih čvrstih otopina željeza u aluminiju i nikla u aluminiju. Na temelju tih aktivacionih energija izračunate su i aktivacione energije volumne difuzije otopljenih atoma željeza i nikla u aluminiju i uspoređene s rezultatima poznatim iz literature, koji su dobiveni drugim metodama. Tako su prvi put energije aktivacije raspada prezasićenih čvrstih otopina Al-Fe i Al-Ni kvantitativno povezane s procesom difuzije.

Kako je kod proučavanja slitina vrlo značajno poznavati tačan sastav slitine, razrađena je metoda određivanja kemijskog sastava vakuumski naparenih tankih slojeva slitina posredstvom rendgenske fluorescentne spektrometrije. Sada smo u mogućnosti da pri određivanju koncentracije slitina koristimo dvije nezavisne metode: metodu elektronske mikroanalize i metodu rendgenske fluorescentne spektrometrije. Pri tome se koristi mikro-sonda Metalurškog instituta u Ljubljani i fluorescentni spektrometar Instituta JUCEME u Zagrebu.

3. Popis radova

3.1. Objavljeni radovi

1. A.Tonejc, Phase transformations in Al-rich Al-W alloys rapidly quenched from the melt, J.Mater.Sci.7(1972)1292.
2. K.Kranjc and T.Tisak, Crystallographic features of lead dendrites grown by electrolysis, J.Appl.Cryst.5(1972)434.
3. A.Bonefačić i D.Kunstelj, Nove metastabilne faze dobivene ultrabrzim kaljenjem, Zavarivanje 8(1972)267.

3.2. Radovi primljeni u štampu

1. A.Tonejc, Annealing and Diffusion Kinetics of Transition Metals Cr, Mn, Fe and Ni in Aluminium, Phil.Mag.

3.3. Radovi iznijeti na konferencijama

1. K.Kranjc i M.Stubičar, Istraživanje difuzije srebra u aluminiju pomoću centralnog raspršenja rendgenskih zraka, 3.jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija, 18-22. rujna 1972.
2. V.Franetović i D.Kunstelj, Istraživanje strukturnih promjena u slithi Al-16 tež.% Ag kaljenoj iz taljevine tokom procesa dozrijevanja, 3.jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija 18-22.rujna 1972.godine.
3. A.Tonejc, Aktivacione energije raspada čvrstih otopina aluminijskih s prijelaznim metalima, 3.jugosl.simp.fizike čvrstog stanja 18-22.rujna 1972.u Opatiji.
4. D.Kunstelj i D.Ročak, Kinetika izotermne transformacije čvrste otopine Al-Sn dobivene kaljenjem iz taljevine, 3.jugosl.simp.fiz.čvrstog stanja, Opatija 18-22.rujna 1972.
5. A.Kirin i A.Bonefačić, Proučavanje mikrostrukture nekih brzo kaljenih slitina s aluminijskom bazom, 3.jugosl.simp.o fiz.čvrstog stanja, Opatija 18-22.rujna 1972.

6. M.Kerenović i A.Bonefačić, Proučavanje disperzije otopljenih atoma u nekim čvrstim otopinama s aluminij-skom bazom, 3.jug.simp.o fiz.čvrstog stanja, Opatija 18-22.rujna 1972.
7. K.Kranjo i A.Bonefačić, Uspoređivanje krivulja raspršenja rendgenskih zraka registriranih komorom Guinier-Levelut s teorijskim krivuljama, 7.Konferencija Jugoslavenskog centra za kristalografiju, Novi Sad 19. i 20. listopada 1972.

3.4. Doktorske disertacije

A.Tonejo, Strukturna istraživanja nekih metastabilnih slitina brzo kaljenih iz tekućeg stanja, PMF Sveučilišta u Zagrebu 1972.

3.5. Magistarski radovi

D.Ročak, Ispitivanje mikrotvrdoće metastabilnih aluminjskih slitina tokom dozrijevanja, PMF Sveučilišta u Zagrebu, 1972.

ODJEL FIZIKE METALA II

Pročelnik odjela:

BORAN LEONTIĆ, doktor fiz.nauka, redovni profesor PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - naučni savjetnik
i direktor Instituta

Naučni suradnici:

RUDOLF KRSNIK, magistar fiz.nauka, asistent PMF-a Sveu-
čilišta u Zagrebu - asistent

PETER FORD, doktor fiz.nauka - naučni suradnik (od 1.II 1972)

JOHN COOPER, doktor fiz.nauka - naučni surad. (od 1.X 1972.)

EMIL BABIĆ, dipl.ing.fizike, asistent PMF-a Sveučilišta
u Zagrebu - asistent

DANIJELO ĐUREK, magistar fiz.nauka - asistent

ZLATKO VUČIĆ, dipl.ing.fizike - asistent postdipl.

SREBRENKA MARČIĆ, dipl.ing.fiz. - asistent postdipl.

JAGODA LUKATELA-SOKOLOVIĆ, dipl.ing.fiz.-asistent postdipl.

AMIR HAMZIĆ, dipl.ing.fiz.- asistent postdipl.

MARKO MILJAK, dipl.ing.fiz. - asistent postdipl.

JASNA B.-RUBČIĆ, doktor fiz.nauka, docent - nauč.suradnik

Tehnički suradnik:

MILAN SERTIĆ, samostalni tehničar

Pregled istraživačkog programa1. Rad na sistemima Al-(3d prelazni metali)

U prvom tromjesečju 1972. zaključen je rad na temperatur-
noj ovisnosti otpora nečistoća u sistemima AlMn i AlCr kako
na visokim tako i na niskim temperaturama. Posebno, proučeni
su sistemi s malom koncentracijom nečistoća. Ovaj posljednji
rad je proveden predominantno u laboratoriju u Genovi u okviru
kolaboracije s Univerzitetom u Genovi. Budući da je prethodni
rad na ovim sistemima više koncentracije pokazao da postoje
efekti međusobne interakcije nečistoća bilo je neophodno da se

mjerenja izvrše na "razblaženim" otopinama, tim više što su fononski doprinosi bili maskirani u koncentriranim legurama. Detaljno poznavanje načina prelaza iz T^2 -ovisnosti u T -ovisnost (s nižih temperaturnih na više temperaturno područje) bilo je važno budući da već postoje u ovom smislu konsistentna teoretska predskazivanja koja su zasnovana na koncepciji lokaliziranih spinskih fluktuacija (L.S.F.) oko virtuelnog vezanog stanja Friedel-Andersonovog tipa. Našlo se da se ova tranzicija (od T^2 -na T -ovisnost) nalazi negdje oko 100°K . Rezultati su uspoređeni s teorijom Kaisera i Doniacha. (Ova teorija je zasnovana na Wellfovom tipu potencijala, međutim u ovom slučaju invocirano je prisustvo rezonancije kod $T=0$ na virtuelnom vezanom stanju Andersonovog tipa a kako temperatura raste tako se pomalo odmičemo od rezonancije a ovisnost o temperaturi je slična kao što predviđaju Kaiser i Doniach samo je obrnutog predznaka, te s rafiniranijim računima Zuckermanna, Riviera i Zlatića. Ovaj rad je objavljen.

Nastavljen je također rad na utjecaju lokaliziranih spinskih fluktuacija na supravodljivost sistema Al^3 (3d tranzicioni metali). I ovaj rad je morao biti izvršen u laboratoriju u Genovi gdje se nalaze uređaji za rad na vrlo niskim temperaturama. Rezultati su uspoređeni s teorijama Kaisera te Riviera i MacLaughlina. Obe teorije adekvatno objašnjavaju rezultate. Mehanizmi koji su teorijama uzeti u obzir su:

- a) rezonantno raspršenje vodljivih elektrona na nečistoćama i efekti Coulombovog potencijala te slabljenje vezanja Cooperovih parova u prisustvu virtuelnog vezanog d -stanja,
- b) uz prethodne efekte uzete su u obzir lokalizirane spinske fluktuacije (L.S.F.) kao mehanizam razbijanja parova.

Dok se rezultati sa sistemima AlTi , AlV , AlFe , AlCo i AlNi mogu objasniti pomoću teoretskih modela zasnovanih na nemagnetskim virtuelnim vezanim stanjima dotle se rezultati mjerenja na sistemima AlMn i AlCr moraju objasniti prisustvom L.S.F.-a što je i razumno očekivati na osnovu onoga što inače znamo o ovim sistemima. Ovaj rad je objavljen.

Tokom godine započet je rad na devijacijama od Matthiessenovog pravila na koncentriranim sistemima AlV, AlFe, AlCo, AlNi i AlCu. Matthiessenovo pravilo kaže da je otpor legure jednak kombinaciji otpora čistog otapala (fononski doprinos) i otpora nečistoća. Postoje međutim brojni mehanizmi zbog kojih dolazi do devijacije od Matthiessenovog pravila (D.M.R.) u ovim sistemima. Iako je lako evocirati više od desetak mehanizama koji bi u principu mogli doprinijeti ovim devijacijama bitno je eksperimentalno isključiti one koji ne dolaze u obzir time što se mijenjaju razni sistemski parametri. Do danas ne možemo međutim reći da je potpuno razumijevanje ovog problema iminentno.

Ako izuzmemo nečistoće koje s aluminijem stvaraju izrazito magnetske (L.S.F.) sisteme postoje teoretska objašnjenja ponašanja otpora s temperaturom. Ovaj projekt započet je s ciljem da se mjerenja D.M.R. prošire na legure, s visokom koncentracijom nečistoća. Rezultati prvih radova, koji su sada spremni za objavljivanje pokazuju da se T^3 -ovisnost otpora proteže do relativno niskih temperatura. Iako je rano da se ovoj fazi rada kaže nešto konkretnije izgleda da se dominantni mehanizam D.M.R. vjerojatno mora tražiti u dodatnoj interakciji fonona i elektrona.

Mjerenje termostruja na sistemima AlMn i AlCr došlo je u fazu gdje je rad na AlMn dovršen dok je rad na AlCr pri kraju. Nađena je struktura (vrhunac) u termostruji AlMn kod oko 40 K što je razumno pripisati procesu "phonon drag" budući da je Debye-ova temperatura čistog aluminija 440 K. Termostruja inače linearno raste na niskim temperaturama u AlMn da bi na višim temperaturama postala temperaturno neovisna što je karakteristično za Kondo (odnosno L.S.F.) sisteme.

Rad na mikrotvrdoći nastavljen je i proširen na niske temperature. Ono je naročito važno jer su ranija mjerenja pokazala vrlo određenu ovisnost mikrotvrdoće o atomskom broju 3-d nečistoće. Postavilo se pitanje mehanizma migracije dislokacija, te je bilo jasno da se ova mjerenja moraju vršiti na niskim temperaturama. U vezi s time razvijena je metoda mjerenja ovog parametra na niskim temperaturama. Ovaj rad vršen je u suradnji s Institutom za fiziku

u Sarajevu. Rad koji opisuje razvoj ove metode poslan je u štampu.

Uz eksperimentalni rad stalno se vrši i teoretski. Konkretno u Grupi fizike metala II rade u uskoj suradnji s eksperimentalcima dva teoretičara. Jedan se bavi elektronskom strukturom metala dok se drugi bavi teorijom faznih prijelaza. Predmet prvog istraživanja su bila transportna svojstva i elektronske gustoće razrijeđenih metalnih otopina.

Električni otpori i termalne struje računati su u modelu lokaliziranih spinskih fluktuacija (LSF), a dobiveni rezultati primijenjeni su na konkretne sisteme (AlMn , RhFe) da bi se upoređivanjem teorijskih i eksperimentalnih rezultata provjerila ispravnost LSF hipoteze. Neki od rezultata su već publicirani.

Elektronske gustoće oko atoma nečistoća računane su u istom modelu (LSF), a preliminarni rezultati bit će publicirani početkom slijedeće godine (1973).

U obim temama (transportna svojstva i elektronske gustoće) držan je referat na Jugosl. simp. o fizici čvrstog stanja (Opatija, 1972) i na "10. Annual Solid State Conference" (Manchester, 3-5 jan. 1973).

Na kraju, nužno je spomenuti da su ovi rezultati usko vezani uz eksperimente koji se izvode u Grupi za fiziku metala I, tj. da se radi o dva aspekta (teorijskom i eksperimentalnom) istoga problema: problema magnetskih nečistoća otopljenih u metalnim matricama.

2. Rad na spinskim staklima

Spinska stakla nazivaju se oni metalni sistemi kod kojih se na nižim temperaturama pojavljuju magnetske "mikrodomene". Ove "mikrodomene" predstavljaju lokalna uređenja tj. orijentacije magnetskih momenata lokaliziranih na virtualnom vezanom stanju. Ovo ne shvaćamo kao fizikalnu aglomeraciju nečistoća već samo lokalno uređenje magnetskih momenata na vrlo malom području. Spinska stakla su tipično izrazito magnetske legure (izrazito Kondo sistemi) s niskim Kondo temperaturama.

U suradnji s Institutom za fiziku čvrstog stanja u Jülichu proučeni su sistemi spinskih stakala AuFe i AuCr . Ovi rezultati objavljeni su na Konferenciji o fizici čvrstog stanja u Manchesteru (3-5 jan.1973). Rezultati toga rada podneseni su također na Internacionalnom simpoziju za amorfnu magnetizam u Wayne State University (Aug.17-18.1972.ref.Mydosh iz Jülicha).

3. Razvoj i priprema budućih pokusa

Nastavljen je rad na konstrukciji jednog od najosjetljivijih uređaja za mjerenje susceptibilnosti. Uređaj se sastoji od kombinacije Cahn-ove ultramikrovage, specijalnog kriostatata i preciznog elektromagneta. Čitav sistem je uglavnom dovršen i prva mjerenja će biti započeta u prvim mjesecima 1973. Kalibracija vage pokazuje da će uređaj funkcionirati u predviđenoj konfiguraciji na zadovoljavajući način.

Supervodljivi magnet dovršen je krajem godine i otpočela je njegova montaža u kriostat. Svi parametri (mehanički) magneta koju su bili predviđeni postignuti su na zadovoljavajući način. Ovaj magnet će biti upotrebljen za mjerenje magneto otpora i to u prvom redu sistema koji se ispituju drugim metodama.

Tokom godine izrađeni su svi bitni dijelovi He_3 kriostatata i počelo je sistematsko spajanje ovih dijelova tehnikom preciznog varenja. Predviđa se da će ovaj kriostat proraditi tokom 1973. Ovo je jedini projekt grupe koji je u zakašnjenju i to zbog teškoća oko pravodobne nabave vrlo specijalnih materijala.

Završen je i ispitan novi mlin za ultrabrzo kaljenje. Ovaj se pokazao potpuno zadovoljavajućim. Postignute su predviđene brzine kaljenja. Tokom 1973.godine konstruirati će se valjci hlađeni tekućim dušikom što bi trebalo da omogući brzinu kaljenja veću za red veličina od sada moguće.

4. Rad na sistemu Ta-H

Ovaj rad je nastavljen tokom godine, no pojavile su se velike teškoće oko kalibracije vodika u metalu. Odlučeno je

da se čitavom problemu pristupi na nov način i da se razviju posebne tehnike implantacije vodika u metal. Dok se nova tehnika ne razvije mjerenja se zbog manjka reproducibilnosti neće ponoviti.

5. Proučavanje faznih prelaza

Da bi se mehanizmi faznih prelaza bolje ispitali poduzet je rad na ispitivanju faznih prelaza tekućih kristala. Ovaj rad se vrlo dobro uklapa s tehnikom mjerenja specifične topline koja je razvijena u ovom laboratoriju. Fazne ravnoteže i stupanj uređenja tekućih kristala od znatnog su interesa zbog rasprostranjenosti tekućih kristala u biološkim sistemima. U prošloj godini započet je rad na dva problema vezana sa svojstvima tekućih kristala. Ispitane su latentne topline prijelaza iz nematičke u smektičku fazu za homolognu seriju 4-n-alkoxybenzylidene-4-phenylazoaniline. Odatle su dobiveni zaključci o međudjelovanju molekula u smektičkoj fazi tekućih kristala.

U drugome radu opisan je model za uređenje polietilenskih lanaca fosfolipida u biološkim membranama. Stupanj uređenja bioloških membrana od interesa je za studij procesa difuzije kroz membrane.

U ovoj godini planira se proširiti eksperimentalni i teorijski rad na sisteme od interesa u medicini. Eksperimentalni rad bit će proširen na studiju faznih prijelaza liotrop-
skih tekućih kristala, posebno kod niskih koncentracija. Taj sistem sličan je β -lipoprotein frakciji u krvnoj plazmi. Teorijski rad bit će proširen na opisivanje uređenja polietilenskih lanaca kod faznih prijelaza estera kolesterola. Svrha ovoga programa je dobivanje informacija koje će pridonijeti razumijevanju procesa taloženja masti na stijenama arterija.

6. Rad na supervodljivosti

Osim eksperimentalnog rada na supervodljivosti sistema Al-(3d-tranzicioni metali) i sistema Ta-H, odvijao se je opsežan teorijski rad na supervodljivosti.

Popis radova

1. E.Babić, R.Krsnik, B.Leontić, M.Očko, Z.Vučić and I.Zorić, Temperature Dependent Impurity Resistivity in Al-based 3-d Transition metal Alloys, Sol.State Comm.Vol.10, pp 691-695, 1972.
2. E.Babić, P.J.Ford, C.Rizzuto and E.Salamoni, The Temperature Dependence of the Impurity Resistivity of AlMn and AlCr, Sol.State Commun.Vol.11, pp519-523, 1972.
3. E.Babić, P.J.Ford, C.Rizzuto and E.Salamoni, Superconductivity and Localized Spin Fluctuations in Concentrated Aluminum - 3d-Transition-Metal Alloys, Journ.of Low Temper. Phys.Vol.8, Nos.3/4, 1972.
4. E.Babić, E.Girt, R.Krsnik, B.Leontić, M.Očko, Z.Vučić and I.Zorić, Microhardness Variation in Al-Based 3-d Transition Metal Alloys (poslano u časopis "Physics Status Solidi")
5. R.Krsnik, E.Babić, Phonon Resistivity in Concentrated Aluminium Alloys (submitted to "Solid state Commun")
6. E.Girt, E.Babić, B.Leontić and M.Očko, A Simple Device for Microhardness Measurements at Low Temperatures (primljeno u časopis: "Journal of Physics E, London").
7. P.J.Ford, E.Babić, J.A.Mydosh, Electrical Resistivity of Concentrated AuCr Alloys, 10th Annual Solid State Phys. Conf., 3-5 Jan.1973).
8. E.Babić, P.Ford, C.Rizzuto and E.Salamoni, The Temperature Dependence of the Impurity Resistivity of AlMn and AlCr Alloys, 9th Annual Solid State Physics Conf., 4-6 Jan.1972.Univ.of Manchester.
9. E.Babić, P.Ford, C.Rizzuto and E.Salamoni, Superconductivity and Spin Fluctuations in Supersaturated Al Transition Metal Alloy, 9th Annual Solid State Physics Conf. 4-6 Jan.1972.Univ.of Manchester.

10. J.A.Mydosh, P.J.Ford, Electrical Resistivity of a Spin Glass Random Alloy: AuFe, Intern.Symp.on Amorphous Magnetism, August 17 and 18, 1972, Wayne State Univeristy.
11. E.Babić, C.Rizzuto, The linear variation of the impurity resistivity in AlMn, AlCr, ZnFe and other dilute alloys, Thirteenth International Conference on Low Temperature Physics, August 21-25, 1972. Univ. of Colorado.
12. E.Babić, C.Rizzuto i A.M.Stewart, Temperaturna ovisnost električnog otpora u Kondo i LSF sistemima: Usporedba 3.Jugosl.simp.o fiz.čvrstog stanja, Opatija, 18-22.sept.1972.
13. E.Babić, R.Krsnik, B.Leontić, Z.Vučić, I.Zorić, Pojava lokaliziranih spinskih fluktuacija u sistemima Al- (3d tranzicioni metali). 3.Jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, 18-22.sept.1972.(uvodno predavanje).
14. P.J.Ford, Electrical Resistivity of Concentrated AuFe Alloys, 3.jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija 18-22.sept.1972.
15. M.Miljak, Magnetska Susceptibilnost UBK legura Al+3d prelazni metali, 3.Jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija, 18-22.sept.1972.
16. A.Hamzić, Magneto otpor legura Al+prelazni metali, 3.Jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija 18-22.sept.1972.
17. Z.Vučić, E.Babić i J.R.Cooper, Termostruje legura na bazi aluminijska, 3.jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija, 18-22.sept.1972.
18. E.Babić, R.Krsnik, B.Leontić, M.Očko, Z.Vučić i I.Zorić, E.Girt Rezidualni otpori legura Al+3d prijelaznih elemenata, 3.Jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija 18-22.sept.72.
19. E.Babić, P.J.Ford i C.Rizzuto, Supravodljivost i LSF efekti u legurama aluminijska sa 3-d prelaznim metalima, 3.jugosl.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija 18-22.sept.1972.
20. E.Babić, R.Krsnik, B.Leontić, M.Očko, Odstupanje od Matthiessenovog pravila u slitinama na bazi aluminijska, 3.Jugosl.simp.o fiz.čvrstog stanja, Opatija, 18-22.sept.1972.
21. J.B.-Rubčić, D.Durek, Accurate Latent Heat Measurements of Small Liquid Samples (poslano u J.Phys.E).

ODJEL OPTIČKA SVOJSTVA KRISTALA

Pročelnik odjela:

MLADEN PAIĆ, doktor fiz. nauka, red. profesor PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - naučni savjetnik

Naučni suradnici:

VALERIJA PAIĆ, doktor medic. nauka, naučni suradnik PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - naučni suradnik

DAMIR SUBAŠIĆ, dipl. ing. fiz. - asistent - postdipl.

Tehnički suradnik:

VILKO PETROVIĆ, viši tehničar

Pregled istraživačkog programa

Istraživanja na poluvodičima, do nedavno, gotovo isključivo usmjerena na proučavanje monokristala, vrše se u novije vrijeme i na amorfnim sistemima. Uzrok tome jest nedovoljno poznavanje svojstava amorfnih sistema pa prema tome i mogućnost otkrića novih, za primjenu interesantnih osobina. U tom smislu poduzeli smo dosta opsežna i temeljita proučavanja optičkih svojstava gotovo amorfnih sistema CdS:MnS. Tim sistemima odredili smo veličinu kristalita (oko 4 nm), kemijski sastav i količinu mangana ugrađenog u kristalnu rešetku kadmijum-sulfida. S naročitom pažnjom određena je fotoluminiscencija i difuzna refleksija tih uzoraka. Osim toga ispitivana je i njihova termoluminiscencija, koja je u većini slučajeva tako slaba da sadašnjom metodom ne može biti detektirana. U radu je obrada dobivenih rezultata

i njihovo koreliranje s poznatim parametrima pojedinih sistema.

Budući da smatramo od interesa da nađena svojstva usporedimo sa odgovarajućim svojstvima kadmijum sulfida relativno velikih kristalita, ispitujemo i tu tvar sa svih njenih, za naše svrhe značajnih optičkih svojstava.

Popis radova

1. Quasi-Static Growth of PbS Epitaxial Films, by M.Paić, V.Paić, K.Duh and J.N.Zemel, Prikazano na Conference on Thin Films, Venice 1972, Publicirano u Thin Solid Films 1972. kao i u Zborniku Konferencije.
2. Formation of Pb during epitaxial growth of PbS on KCl in a vitreous silica hot wall system, by M.Paić and V. Paić. Prikazano na Conf.on Thin Films, Venice 1972. Publicirano u J.of Materials Science 7(1972)1260.
3. Photoluminescence of quasi amorphous cadmium sulphide-manganese sulphide systems of known dispersiveness, by M.Paić and V.Paić. Predočeno na International Conf.on Luminescence Leningrad 1972. i 3.Jug.simp.o fizici čvrstog stanja, Opatija, sept.18-22.1972. To je dio rada koji je u toku i još nije publiciran.
4. Ispitivanje termoluminiscencije CdS-MnS uzoraka, D. Subašić i M.Paić, 3.Jugosl.simpozij o fizici čvrstog stanja, Opatija, Sept.1972.
5. D.Subašić, Uređaj za ispitivanje termoluminiscencije kadmium sulfid uzoraka.
6. D.Subašić and V.Čerić, Thermoluminescence Investigation of Two Types of Traps in Cadmium Sulphide, Phys.Status Solide(a) 9K65(1972).

ODJEL FIZIKE IONIZIRANIH PLINOVA

Pročelnik odjela:

VLADIS VUJNOVIĆ, doktor fiz.nauka - naučni suradnik

Naučni suradnici:DRAGUTIN MÜLLER, doktor fiz.nauka, asistent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - viši asistent

GORAN PICHLER, magistar fiz.nauka - asistent

ČEDOMIL VADLA, dipl.ing.fiz. - asistent postdiplomand
(od 1.IX 1972)

DALIBOR VUKIČEVIĆ, dipl.ing.fiz. - asistent postdipl.

Tehnički suradnik:

IVICA BOROŠAK, samostalni tehničar

1. Pregled istraživanja

Provode se istraživanja spektroskopskih svojstava sredstva. Objekt ispitivanja je prvenstveno električni lučni izboj, stabiliziran zidom a podaci koji se mjere jesu atomske vjerojatnosti prijelaza, konstante širenja spektralnih linija, i termičko stanje ioniziranog plina. Usporedno eksperimentalnim određivanjima, učinjeni su pokušaji teoretskog tumačenja i neki proračuni. Nadalje, razvijaju se optičke i spektroskopske opažачke metode, posebno u području vakuum-ultraljubičastog.

Odjel je u svom radu surađivao s Max-Planck-institutom za fiziku i astrofiziku u Münchenu, s Institutom za fiziku Univerziteta u Beogradu, sa Institutom za anatomiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu, te sa Nacionalnim uredom za standarde Washington.

U Odjelu je u toku godine završilo svoje diplomske radove i diplomiralo šest studenata, od čoga su četiri rada iz područja spektroskopije ioniziranih plinova, jedan iz holografije i jedan iz emisijih svojstava metala.

2. Rezultati istraživanja

2.1. Mjerenja u vakuum-ultraljubičastom i ultraljubičastom području spektra.

Primijenjena je metoda krivulje rasta da bi se mjerila Stark-poluširina spektralne linije OI 2478 Å. Temperatura je mjerena korišćenjem optički debelih profila nekih spektralnih linija dušika i ugljika od 1100 do 2500 Å. Koncentracija neutralnih atoma ugljika (plin CO₂ je dozirano uvođen u izboj s argonom kao nosivim plinom) mjerena je apsolutnim intenzitetima spektralnih linija kojima su jakosti oscilatora poznate. Razlike temperatura čistog argona i mješavine argona s dušikom i ugljičnim dioksidom posebno su kontrolirane. Tim postupcima eksperimentalno je određen širok interval koncentracija atoma ugljika kod stalne temperature i koncentracije elektrona, čime su ostvareni uvjeti za korišćenje metode krivulje rasta. Rezultira poluširina spektralne linije od 0,068 Å pri koncentraciji elektrona od 10^{17} i temperatura od 12700 K, te jakost oscilatora jednaka 0,07.

Obrađivana su mjerenja jakosti oscilatora bora i fosfora, izvršena prijašnjih godina. Kao poseban korak u obradi podataka izvršen je proračun funkcija particije za atome BI, BII, PI i PII u intervalu temperatura od 5000–50000 K.

2.2. Proučavanje prijelaza u lokalnu termičku ravnotežu

Termičko stanje plina argona kod normalnog tlaka izučavano je u području temperatura od 1000 – 13000 K, pomoću metode mjerenja jakosti oscilatora razrađene u Odjelu prošle godine. Korišćene su spektralne linije čija se optička dubina nalazi unutar jednog određenog intervala, koji je unaprijed procijenjen. Jedino ovom metodom određuje se nastupanje

termičke ravnoteže donjih nivoa spektralnih linija. Kri-
tična koncentracija elektrona je otprilike $7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, čemu
odgovara ravnotežna temperatura od 12000 K, ili jakost
struje od 50A kod promjera kanala izboja od 5 mm.

2.3. Profili spektralnih linija argona

Završena je obrada podataka izmjerenih profila spek-
tralnih linija argona u crvenom i određene su njihove po-
luširine kao funkcije koncentracije elektrona. U intervalu
mjenjenih koncentracija elektrona od $1,9-8,8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nađena
je proporcionalnost između poluširine koncentracije. Ispra-
vljanje apsorpcije mjenjenih profila dalo je vjernije rezul-
tate u slučaju manjih apsorpcija. Spektralne linije koje su
formirane s većom optičkom dubinom (7384, 7504, 7515, 7635
i 7948 Å) analizirane su samo do koncentracije od $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
Najveći rasap mjerenja uočen je kod spektralne linije 7384 Å.
Mjerenje linije 7515 Å donosi podatke o poluširini, koja
teoretski do sada još nije bila procijenjena. Poluširine
ostalih linija veoma se dobro, unutar grešaka mjerenja, slažu
s teoretskim očekivanjima.

2.4. Korištenje Coulombove aproksimacije

Vršen je proračun jakosti oscilatora i konstanti
kvadratičnog Stark efekta u Coulombovoj aproksimaciji za
spektralne linije bakra i srebra. Jakosti oscilatora su iz-
računate za dvadeset linija oštne i difuzne serije neutral-
nih atoma bakra i srebra. Nađeno je da je logaritam jakosti
linije obrnuto proporcionalan glavnom kvantnom broju gor-
njeg nivoa prijelaza, a također da je jakost oscilatora
viših članova serije obrnuto proporcionalna kubu efektiv-
nog kvantnog broja gornjeg nivoa linija.

Konstante kvadratičnog Stark-efekta proračunate su za
nekoliko pobuđenih nivoa alkalijskog dijela energetskog
dijagrama bakra i srebra. Uočene su poteškoće ispravne
interpretacije računskih rezultata u slučaju jake distor-

zije energetskih nivoa bakra, tj. kod 2P serije. Razlog je u interakciji konfiguracija, koja se ne može obrađivati Coulombovom aproksimacijom. Malobrojni eksperimentalni rezultati odstupaju s najviše faktorom dva od proračuna.

Ovi proračuni vršeni su radi usporedbe s eksperimentalnim podacima i radi spektroskopske dijagnostike koju smo vršili posljednjih godina. Radovi se zato javljaju višegodišnjim rezultatima proračuna i usporedbi s eksperimentima.

U toku godine završena je obrada nekih marginalnih problema, kao što su zračeća svojstva površine molibdena, te naknadna analiza razlika temperatura mjerenih u pulsnom luku prije pola desetljeća.

3. Razvoj eksperimentalnih uređaja

Izvršene su adaptacije na eksperimentalnom uređaju za mjerenje u vakuum-ultraljubičastom području spektra, te je izvršena djelomična automatizacija. Posebna je pažnja posvećena tehnološkim problemima koji se postavljaju prilikom uvođenja toksičnih i korozivnih elemenata u električni izboj.

Nastavljena su istraživanja na konstrukciji električkog luka, posebno anodne strane, da bi se omogućilo promatranje spektra normalno-tlačnog izboja na valnim duljinama manjim od 1000 \AA . Razvijani su uređaji za lasersku interferometriju i za holografiju, uključujući holografsku interferometriju. Opremljena je tamna komora za holografiju i holografsku interferometriju. Za potrebe studenata četvrte godine, izvedena je na temelju jednog diplomskog rada praktikumska vježba. Izvršeno je pokusno snimanje holografskom interferometrijom slobodno-gorućeg, hidrodinamski stabiliziranog električnog luka. Snimci služe za prostornu tro-dimenzionalnu analizu fizičkog stanja. Nadalje, Odjel je snimanjem holografskih interferograma ljudskih kostiju sa i bez pritiska surađivao na području bio-mehanike s Institutom za anatomiju Medicinskog fakulteta i sa Stomatološkim fakultetom. Predviđa se primjena holografije i u druge svrhe. Uređaj za lasersku interferometriju kompletiran je postupnim rješavanjem niza tehničkih problema, uređajem za gašenje luka i opažanje

gašenja, u intervalu vremena rada mikrosekunde. U električki je krug montiran malo-induktivni shunt, koji se uključuje samo u vrijeme prekida struje radi usporednog promatranja i analiziranja pada struje i promjene indeksa loma.

4. Popis radova

1. G.Pichler, V.Vujnović, A.M.Tonejo and K.Acinger, A study of excitation conditions in a free-burning arc between Cu electrodes with currents from 1 to 15 amperes, Spectrochimica Acta 27B(1972)273-286.
2. D.Miler, Č.Vadla and V.Vujnović, Observation of argon lines at normal pressure in VUV, Space Sci.Rev.11(1972) 69-70.
3. G.Pichler and V.Vujnović, Determination of critical electron density for the establishment of LTE in argon plasmas, Phys.Lett.40A(1972)397-398.
4. V.Vujnović and B.Gržeta, An analysis of the emissive properties of molybdenum from 1000-2000 K, Fizika 4(1972) 173-177.
5. G.Pichler, Properties of the oscillator strengths of CuI and AgI spectral lines, Fizika 4(1972)179-188.
6. A.M.Tonejo, K.Acinger and V.Vujnović, Measurements of halfwidths of some argon lines in a wall stabilized cascade arc, J.Quant.Spec.Radiat.Transfer 12(1972)1305-1312
7. A.Tonejo, Measurements of halfwidths of certain argon lines, J.Quant.Spec.Radiat.Transfer 12(1972)1713-1715.
8. G.Pichler, Quadratic Stark constants of neutral copper and silver spectral lines in the Coulomb approximation, Fizika 4 (1972)235-243.
9. K.Acinger and V.Vujnović, Measurements of temperatures in a pulsed arc, Fizika 4(1972)215-221.

Radovi iznijeti na konferencijama

10. G.Pichler and V.Vujnović, Detection of non-LTE population densities of the first two excited levels in argon arc plasma at normal pressure, Plasmaphysik, Frühjahrstagung, Kiel 1972.
11. V.Vujnović, Use of normal pressure LTE source for measurements of f -values, particularly in VUV, One-day Meeting on the Measurements of radiative lifetimes of atoms and simple molecules, Oxford 4.July 1972.
12. K.Acinger, G.Pichler, V.Vujnović and D.Vukičević, Measurements of line-oscillator strengths of spectral lines which are not optically thin, Proc.VI Yug.Symp.on Phys. of Ioniz.Gases, Split, July 1972.p.209-212.
13. D.Müller, G.Pichler and Č.Vadla, An estimation of Stark half-width of the CI 2478 spectral lines, Ibid.p.225-227.

ODJEL FIZIKE POLUVODIČA

Pročelnik odjela:

ZVONIMIR OGORELEC, doktor fiz. nauka, docent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - nauč. suradnik

Naučni suradnici:

VLATKO ČERIC, magistar fiz. nauka - asistent (od 25.10.
1972. u JNA)

BRIGITA MESTNIK, magistar fiz. nauka, asistent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - asistent

LIDIJA NONVEILLER, dipl. ing. fiz. - asistent postdipl.

RUDOLF ROČAK, magistar fiz. nauka, asistent
(od 1.9.1972. na nepl. dopustu)

Tehnički suradnik:

JOSIP DUMBOVIĆ, viši tehničar (s Instituta "R. Bošković")

1. Pregled istraživačkog programa

Istraživački rad Odjela za fiziku poluvodiča obuhvaća općenito dobivanje binarnih poluvodičkih i polumetalnih spojeva, te ispitivanje njihovih električkih, optičkih i termoelektričnih svojstava.

2. Rezultati istraživačkog rada

2.1. Istraživanje elektroluminiscencije CdS:Cu praška u dielektriku.

U proteklom radnom periodu provedena su završna istraživanja na ovom projektu, a publicirani su i svi preostali radovi. Ovaj izvještaj zato i sadrži kratak prikaz cijelog projekta.

Rad na toj temi počeo je s namjerom da se objasni zašto praškasti uzorci kadmij sulfida aktiviranog bakrom (CdS:Cu) nisu u istraživanjima drugih autora pokazivali elektroluminiscenciju, iako je vrlo sličan spoj, ZnS poznat

već dosta davno kao veoma efikasan elektroluminiscentni materijal. Poznato je da čak i prašak miješanog (Zn,Cd)S materijala ne pokazuje elektroluminiscenciju ako sadrži više od 50 mol% CdS. Prvim uspjehom naših istraživanja treba zato smatrati iznalaženje postupka za pripremanje CdS:Cu prašaka koji ipak pokazuje elektroluminiscenciju. Ona se opaža u izmjeničnom i istosmjernom električnom polju. Ovdje se pokazala bitnom činjenica da sastav prašaka, tj. stehiometrijske devijacije u CdS vrlo jako utiču na elektroluminiscentni sjaj. Elektroluminiscencija relativno visokog sjaja opaža se samo kod uzoraka određenog sastava. Veće ili manje stehiometrijske devijacije snizuju sjaj na vrlo male vrijednosti. Radi primjera se može navesti da se isparavanjem otprilike $5 \cdot 10^{-3}$ gramatoma Cd iz mola CdS elektroluminiscentni sjaj promijeni za oko dva reda veličine.

Postupak za dobivanje uzoraka pod kontroliranim uvjetima i znanje o ovisnosti sjaja o stehiometrijskim devijacijama omogućilo je da se prijede na opsežna istraživanja karakteristika elektroluminiscencije. Ona su sadržavala istraživanje naponske i strujne ovisnosti sjaja u istosmjernom i izmjeničnom polju, zatim mjerenja kvantne efikasnosti i efikasnosti snage, strujno naponske karakteristike i elektroluminiscentnog spektra. Rezultati su objavljeni u prva četiri rada navedena u popisu. U posljednjem, (ref.5), predloženo je objašnjenje nađenih efekata, u prvom redu, ovisnosti sjaja o stehiometrijskim devijacijama u CdS. Ovo objašnjenje bazira se na nedavno razvijenom modelu elektroluminiscencije u ZnS, prema kojem su pogreške u slaganju, uzrokovane politipizmom ZnS, bitne za pojavu elektroluminiscencije u tom materijalu. Kako i CdS sadrži pogreške u slaganju, doduše u manjoj koncentraciji, elektroluminiscencija u CdS ima isto porijeklo, ali slabiji intenzitet. Varijacijom stehiometrijskih devijacija mijenja se koncentracija pogrešaka slaganja što uzrokuje promjenu elektroluminiscentnog sjaja. Inkluzije bakar sulfida, Cu_xS , nastale aktiviranjem CdS bakrom,

tj. dodavanjem bakra iznad granice topivosti u CdS, nemaju bitnu ulogu u nastanku elektroluminiscencije, ali je prisustvo bakra potrebno jer on pospješuje stvaranje pogrešaka slaganja.

2.2. Prijelaz metal-nemetal u sistemu $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$

U visokotemperaturnoj, kubičnoj fazi nestehiometrijskog bakar selenida, Cu_{2-x}Se , svaki manjkajući atom bakra stvara efektivno neutralnu vakanciju V_{Cu} . Istovremeno se zbog sačuvanja neutralnosti rešetke, susjedni ion Cu^+ prevraća u stanje Cu^{2+} . Vakancije bakra djeluju kao akceptori s vrlo malom aktivacionom energijom. Ustvari, na svim temperaturama, na kojima egzistira kubična faza, one su ionizirane. Mnogobrojna istraživanja su naime, pokazala da je koncentracija šupljina u bakar selenidu jednaka koncentraciji vakancija bakra, odnosno koncentraciji, Cu^{2+} iona.

Bakar selenid se javlja uvijek u nestehiometrijskom obliku. Permanentna stehiometrijska devijacija je vjerojatno uzrokovana vrlo malom energijom, potrebnom za stvaranje Cu^{2+} iona. Ta energija kompenzirana je dobitkom u kulonskoj energiji koji nastaje zamjenom dvaju Cu^+ iona jednim Cu^{2+} ionom. Radijus Cu^{2+} iona je manji od radijusa Cu^+ iona. Zbog toga je specifičan naboj Cu^{2+} iona mnogo veći što uzrokuje polarizaciju okoline u njegovoj blizini. Na taj način se svaki kristal bakar selenida, pa i onaj s normalnim sastavom Cu_2Se javlja kao nestehiometrijski. Mala količina bakra će u tom slučaju odmah precipitirati.

Zahvaljujući relativno vrlo širokom području homogenosti ($\text{Cu}_{1,86}\text{Se}-\text{Cu}_{1,9975}\text{Se}$ na 400°C) i lako ostvarljivoj promjeni sastava može se karakter bakar selenida mijenjati od jako degeneriranog stanja, s Fermijevim nivoom duboko u valentnoj zoni, sve do stanja gdje se on ponaša kao poluvodič u području iscrpljenja. Koncentracija šupljina varira pritom približno od $10^{19}-10^{21}\text{ cm}^{-3}$. Istovremeno koncentracija vakancija V_{Cu} ostaje približno konstantna jer je bakar selenid tipičan prosječni kristal (average crystal) u kojem svakom atomu

bakra stoji na raspolaganju mnogo energetski gotovo ekvivalentnih mjesta.

Kao što je već rečeno, područje homogenosti bakar selenida ne uključuje egzaktne stehiometrijski sastav i električna vodljivost ρ ima uvijek "metalni" karakter. Ona se s temperaturom T mijenja po zakonu $\rho \sim T^{-a}$ u kojem je a neka konstanta. Na taj način intrinzična poluvodička svojstva, koja bi slijedila iz relativno široko zabranjene zone, prognozirane npr. po Suchetu (1,5 eV) ostaju sakrivena. Prijelaz metal-nemetal kao posljedica variranja stehiometrijske devijacije, otkriven npr. kod cerij sulfida po Cutleru i Leavyju, ne može se kod bakar selenida također očekivati.

Na ono što nije moguće opaziti kod čistog bakar selenida čini se da je moguće kod "kvazi bakar selenida", kako pod izvjesnim uvjetima možemo nazvati ternarni sistem $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$. Naime, dovesti bakar selenid u egzaktan stehiometrijski sastav i tako poništiti dopirajuće djelovanje vakancija bakra moglo bi se u principu, povećavanjem drugog ionizacionog potencijala bakrenih atoma u rešetci. To bi značilo smanjiti na neki način interakciju bakrenih iona i otežati izmjenu elektrona između Cu^{2+} i susjednih Cu^+ iona. Ovakvo zbivanje opazio je Valverde zamjenjujući postepeno bakrene atome u selenidu atomima srebra, čiji je drugi ionizacioni potencijal znatno viši od istog potencijala bakrenih atoma. U svom opsežnom fizičko-kemijskom istraživanju sistema Cu-Ag-Se Valverde je u prvom redu pokazao da, u određenom području sastava i temperatura, ternarni spoj $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$ ima istu kristalnu strukturu kao i Cu_{2-x}Se (konstanta rešetke nije, naravno, ista). U toj strukturi ioni srebra zauzimaju iste pozicije kao i bakreni ioni. Upravo takav spoj smo i nazvali "kvazi bakar selenidom". U njemu se, kako je Valverde dalje pokazao, snižuje entalpija reakcije $\text{Cu} + V_{\text{Cu}} + \text{Cu}^{2+} = 2\text{Cu}^+$, ako se povećava koncentracija srebra. To se može interpretirati povećavanjem energije Cu^{2+} iona. Dakle, u "kvazi bakar selenidu" su bakreni ioni razrijeđeni ionima srebra. Svaki Cu^{2+} ion okružen je više ili manje Ag^+ ionima. Budući da je

prijelaz elektrona s Ag^+ iona na Cu^{2+} ion energetski nepovoljan, Cu^{2+} ion i vakancija V_{Cu} postaju lokalizirani. U takvoj situaciji ostvareni su uvjeti za postojanje stehiometrijskog kristala jer, čim energija Cu^{2+} iona postane dovoljno visoka, njegova će egzistencija postati malo vjerojatnom. Zbivat će se reakcija $\text{Ag} + V_{\text{Cu}} + \text{Cu}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Ag}^+$. U jednostavnom zonskom modelu to bi odgovaralo postepenom povećavanju aktivacione energije akceptora zbog slabljenja njihove interakcije i, kod dovoljno visoke koncentracije srebra, potpunom isčezavanju akceptorskog nivoa.

S obzirom na taj interesantan mehanizam postizanja stehiometrijskog sastava u kvazi bakar selenidu odlučili smo ispitati kako se mijenja njegova električna vodljivost u ovisnosti o sastavu i temperaturi. Rezultati omogućuju da se povuku slijedeći zaključci:

1. Iako u ovom stadiju eksperimenta sastav kristala nije naročito točno kontroliran, tako da apsolutne vrijednosti električne vodljivosti ne odgovaraju referiranim sastavima, opći trend je evidentan: uzorci s većim sadržajem srebra imaju manju vodljivost. To je u skladu s predstavom da veća količina Ag atoma anihilira veću količinu Cu^{2+} iona tj. šupljina.

2. Temperaturni koeficijent vodljivosti mijenja predznak s rastućim X. Opaža se znači prijelaz metal-nemetal, što u čistom bakar selenidu nije bilo moguće.

3. Na nemetalnoj strani prijelaza širina zabranjene zone, određena iz nagiba krivulja raste s rastućim X. Za uzorak $\text{Cu}_{1,04}\text{Ag}_{0,96}\text{Se}$ ona iznosi oko 0,26 eV, a za uzorak $\text{Cu}_{0,79}\text{Ag}_{1,21}\text{Se}$ oko 0,31 eV.

2.3. Fazni dijagram sistema Cu-Se

U jednom od prošlih radova na nestehiometrijskom bakar selenidu predložen je jednostavni model temperaturne ovisnosti električne vodljivosti tog spoja na njegovom faznom prijelazu. Uz pomoć podataka o vodljivosti uzoraka različitog sastava, izmjerenih na raznim temperaturama, model može po-

služiti i za konstrukciju ravnotežnog dijagrama sistema Cu-Se u području od 33 do 37 at%Se. U ovom radu sastav je variran od 36,77 at%Se ($\text{Cu}_{1,720}\text{Se}$) do 35,41 at%Se ($\text{Cu}_{1,824}\text{Se}$), a vodljivost je mjerena na temperaturama, između -212 i $+80^\circ\text{C}$. Nađeno je da u tom području sastava i temperatura sistem Cu-Se ima eutektički tip faznog dijagrama. Eutektička točka nalazi se na temperaturi -103°C i kod sastava 36,3 at.%Se. Područje homogenosti bakar selenida na sobnoj temperaturi (26°C) proteže se između sastava $\text{Cu}_{1,73}\text{Se}$ i $\text{Cu}_{1,79}\text{Se}$.

2.4. Električna vodljivost i termalni "switching" efekt na tankim filmovima Ag_2S

Poznato je da Ag_2S ima na oko 180°C fazni prijelaz iz poluvodičkog u metalno stanje. Električna vodljivost ima pritom skok za oko tri reda veličine. Poznavajući ova svojstva i vrlo jednostavan postupak za dobivanje tog materijala u obliku tankih filmova; odlučeno je da se u okviru jednog kraćeg primjenjenog istraživanja ispituju mogućnosti izrade tzv. "switching devices" i izmjere njihove karakteristike.

Tanki filmovi istaloženi su na staklenu podlogu i imali su debljinu između 2 i $3,5\ \mu\text{m}$. Temperaturna ovisnost električnog otpora tih filmova pokazala je da oni imaju ista svojstva kao i masivni materijal. Širina zabranjene zone u poluvodičkoj fazi iznosila je 1,3 eV, što je karakteristika srebro sulfida u obliku kristala. Svakako najzanimljivije u ovim istraživanjima bile su strujno-naponske karakteristike. Na svakoj od njih opaža se omski dio, područje negativnog otpora, fazni prijelaz i karakteristika metalne faze. Javlja se dakle sve karakteristike termalnog "switching" efekta. Kao i kod drugih materijala odnosno drugih konfiguracija uzorka, proboj u času faznog prijelaza nastaje duž nekoliko kanala u tankom filmu, što uzrokuje njegove postepeno razaranje. Zato bi u eventualnom daljnjim nastojanjima u primjeni ovog efekta trebalo riješiti problem adekvatne podloge za film.

Popis radova

1. V.Čerić and Z.Ogorelec, Evidence for AC and DC Electroluminescence of CdS:Cu Powder Phosphors, J.Mater.Sci 7(1972)359
2. D.Subašić and V.Čerić, Thermoluminescence Investigation of Two Types of Traps in Cadmium Sulphide, Phys.Stat.Solidi (a) 9(1972)K65.
3. V.Čerić, Investigation of DC Electroluminescent Characteristics of CdS:Cu Powder Phosphors, J.Phys.D 5(1972)1168
4. V.Čerić and Z.Ogorelec, Investigation of the AC Electroluminescence of CdS:Cu Powder Phosphors, J.Phys.D 5(1972)1173
5. V.Čerić, On the Influence of Nonstoichiometric Deviations of Cadmium Sulphide Powders on Its Electroluminescence Brightness Phys.Stat.Solidi(a) 12(1972)K21.
6. Z.Ogorelec and N.Farago, Formation and Rectifying Properties of a Barrier at Contact Between CuSe and Mg, Fizika 4 (1972) 41.
7. B.Mestnik, Z.Ogorelec and Ž.Ambrožić, Electrical Properties of Cubic Cu_{2-x}Se Stable at Room Temperature, Phys.Stat. Sol.(a) 10(1972)359.
8. Z.Ogorelec, B.Mestnik and D.Devčić, A New Contribution to the Equilibrium Diagram of the Cu-Se System, J.Mater. Sci 7(1972)967.

Referati:

1. Z.Ogorelec, Ž.Koritić, Električna vodljivost i termalni "switching" efekt na tankim filmovima srebro sulfida, 3.Jug.simp.o fizici švrstog stanja, Opatija 1972.
2. B.Mestnik, Z.Ogorelec i J.Turković, Prijelaz metal-nemetal u sistemu $\text{Cu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Se}$, 3.Jug.simp.o fizici švrstog stanja, Opatija 1972.

ODJEL PRIMIJENJENE FIZIKE POLUVODIČA

Pročelnik odjela:

ZDRAVKO BENDEKOVIĆ, dipl. ing. elektr. - viši str. sur.

Naučni suradnici:

JASNA BATURIĆ-RUBČIĆ, doktor fiz. nauka, docent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - nauč. suradnik

BRANIMIR SAFTIĆ, dipl. ing. fizike - viši struč. suradnik

VLATKA RADIĆ, dipl. ing. kemije - struč. suradnik

BRANKA PETRIĆ, dipl. ing. fiz. - struč. suradnik

BRANKA ŠMALJCELJ, dipl. ing. kemije - struč. suradnik

STANKA RIHNOVSKI, magister farm. - struč. suradnik

SREBRENKA URSIĆ-LOVREK, dipl. ing. elektr. - struč. sur.

MILIVOJ TURČEC, dipl. ing. elektr. - struč. sur.

ŽELJKO LATKOVIĆ, dipl. ing. elektr. - struč. sur.

Tehnički suradnici:

MILAN VUKELIĆ, viši tehničar

TOMO TELEBUH, samostalni konstruktor

MIRA RUŠNOV, kem. tehničar

1. Pregled istraživačkog programa

Rad ovog Odjela nastavlja se unutar osnovnog zadatka razvijanja planarnih poluvodičkih tehnoloških procesa i elemenata s krajnjim ciljem standardiziranja tih procesa za industrijsku proizvodnju u RIZ - Tvornici poluvodiča Zagreb (TPZ).

1.1. Posebna pažnja posvećena je projektiranju procesa kopiranja, razvijanja i sušenja emulzionih mikrofoto-
tomaski, te ispitivanju novog komercijalno-raspoloživog fotorezista.

1.2. Vršen je izbor standardnih elemenata (IC) integriranih struktura.

1.3. Projektiran je jedinstveni proces depozicije bora na silicij, primjenjiv za sve difuzione procese bora, koji daju površinski otpor 5-500 Ω/\square .

1.4. Projektirani su P-N i N-P epitaksijalni prijelazi.

2. Rezultati istraživačkog rada

2.1. Projektiran je proces kopiranja emulzionih mikrofoto-maski sa slijedećim parametrima:

- izbor i specifikacija opreme,
- skice radnog prostora i potrebnih instalacija za osiguranje uvjeta čistoće i ostalih uvjeta,
- kapacitet projektiranog procesa je oca 3000 maski godišnje.

Vođeno je računa da se postignu standardni uvjeti i to:

- čistoća atmosfere klase 100
- kemikalije za razvijanje i ispiranje s dinamičkim filterima za čestice veće od 0.3 mikrona
- termostatirani uslovi okoline i kemikalija
- određivanje svih ostalih uvjeta korišteni su ASTM ^{za} standardi.

U 1973. projekt će biti predložen za realizaciju u RIZ-Tvornici poluvodiča.

Ispitan je u potpunosti novi negativni fotorezist firme Hunt Chemical Corp. pod komercijalnim nazivom Vaycoat IC photo resist. Za razliku od dosad raspoloživih ovaj foto resist pokazuje slijedeće prednosti:

- vrlo definirani viskozitet
- visoki stepen čistoće od anorganskih ostataka
- mogućnost skidanja bez ostatka u plazmi O_2
- jednostavno rukovanje
- visoki stepen rezolucije slike
- bolje prijanjanje na SiO_2

Mana tog rezista jest slabije prijanjanje na metale.

Razrađeni su propisi za industrijsku primjenu i iskušani na dovoljnom broju uzoraka.

2.2. U vezi standardnih elemenata integriranih struktura izvršena je konstrukcija slijedećih elemenata:

N-P-N tranzistor srednje snage, 220 x 280 mikrona

N-P-N tranzistor opće primjene, 150 x 100 mikrona

P-N-P lateralni tranzistor, 180 x 120 mikrona

P-N-P tranzistor na supstrat, 100 x 100 mikrona

Otpori 100 - 10000 ohma u sloju difundirane baze

Otpori preko 50000 ohma u suženom sloju difundirane baze

MOS ćelija aktivna 35 x 20 mikrona

MOS ćelija pasivna 30 x 20 mikrona

Konstrukcija obuhvaća dimenzione podatke u svim maskama te osnovne električke parametre. Uzete su u obzir eventualne potrebe industrije u idućih 5 - 10 godina.

2.3. Projektirana je i eksperimentalno potvrđena univerzalna metoda za difuziju bora u siliciju. Dosadašnji eksperimenti upućuju da će ta metoda biti dragocjena posebno u velikoj serijskoj proizvodnji. Osnova metode je u slijedećem:

Uobičajeno je da se difuzija bora izvodi u dva koraka:

a) Plitka difuzija iz neograničenog izvora dopanta

b) Redistribucija u dubinu dopanta položenog u koraku

a) s istodobnom oksidacijom površine.

Korakom b) moguće je vršiti određene varijacije difuzionog profila mijenjanjem temperature, oksidacionog medija i vremena difuzije. No, mogućnosti su dosta ograničene. Cijelo područje difuzionih profila koji se rabe u poluvodičkoj primjeni postiže se variranjem koraka a) i b). Zato je korak a) potrebno provoditi pri temperaturama od 900 - cca 1150°C. Sam postupak plitke difuzije je kompliciran i osjetljiv posebno u slučaju kad se provodi pri različitim temperaturama. Osim toga više temperature uz prisustvo dopanta vrlo brzo degradiraju kvarone cijevi koje su veoma skupe. Da bi se izbjegle te mane predloženi proces difuzije podijeljen je na tri koraka umjesto na dva:

a) plitka difuzija pri 900°C s polaganjem sloja

B_2O_3 (za sve profile)

b) dodatna difuzija iz položenog B_2O_3 u neznatno oksidacionoj atmosferi no bez prisustva dopanta

c) redistribucija kao ranije u b).

Ovim postupkom postignuto je slijedeće:

- svi procesi difuzije bora imaju isti prvi korak (isto vrijeme, temperaturu i uvjete dopiranja) pa su zato vrlo reproducibilni.

- taj prvi korak provodi se pri relativno niskoj temperaturi i kvarona cijev se veoma malo oštećuje dopantom.

- koraci b) i c) provode se u atmosferi bez dopanta i trajnost kvaronih cijevi je duga bez obzira na temperaturu procesa.

2.4. Određeni su osnovni parametri epitaksijalnih slojeva i pripadnih supstrata silicija za koje se može očekivati primjena i idućih 5 - 10 godina:

P⁺ supstrat 0,008 - 0,016 ohm . cm

N⁺ supstrat 0,005 - 0,012 ohm . cm

P-episloj 0,5 - 15 ohm cm, debljina 10-25 mikrona

N-episloj 0,1 - 50 ohm cm, debljina 10-50 mikrona

Projektirane su epitaksijalne kombinacije: P⁺ - P, P⁺ - N, N⁺ - N, N⁺ - P (za tranzistorske strukture) te kombinacije P-N (epi) za integrirane strukture.

3. Popis radova

3.1. Predavanja

S.Ursić-Lovrek, Projektiranje integriranih sklopova primjenom elektroničkog računala, 12.10.1972., Jugosl.savjet.o elektroničkim sastavnim dijelovima i materijalima, Ljubljana.

ODJEL ZA TEORIJSKU FIZIKU

Pročelnik odjela:

SLAVEN BARIŠIĆ, doktor fiz.nauka - naučni suradnik

Naučni suradnici:

ALEKSA BJELIŠ, dipl.ing.fiz. - asistent-postdipl.

TOMISLAV IVEZIĆ, mr.fiz.nauka - asistent

STJEPAN MARČELJA, doktor fiz.nauka, docent PMF-a
Sveučilišta u Zagrebu - nauč.suradnik

KREŠIMIR ŠAUB, dipl.ing.fiz. - asistent

VELJKO ZLATIC, dipl.ing.fiz. - asistent-postdipl.

1. Pregled istraživačkog rada

Poseban interes posvećen je proučavanju svojstava "mekih" fonona u legurama tipa V_3Si . I dalje je najme kontraverzno da li su visoke kritične temperature supravodljivog prijelaza tih legura uzrokovane postojanjem mekih fonona ili pak anomalnim svojstvima elektronskog sistema. Pri rješavanju tog problema potrebno je detaljno poznavati spektar mekih fonona. No i bez obzira na momenat praktičnog značenja visokih kritičnih temperatura supravodljivosti mehanizam omekšavanja kristalne rešetke sniženjem temperature i pojava koje nastaju pri rezultirajućem faznom prijelazu i sami su od dovoljnog interesa da objasne takvu orijentaciju.

Služeći se poopćenim Labbé-Friedelovim modelom i Born-Oppenheimer aproksimacijom K.Šaub je ispitao ovisnost frekvencija "mekih" fonona o valnom vektoru, za bilo koju vrijednost parametara elektron-fonon vezanja i širine elektronske vrpce. Pokazao je da se jako omekšavanje pojavljuje samo u dugovalnom području, dok se na rubu Brillouinove zone oče-

kuje samo mali efekat. Taj je rezultat u dobrom slaganju s rezultatima nedavnog eksperimenta neutronske raspršenja izvršenog u SAD. Taj isti eksperiment pokazao je anomalnu ovisnost neutronske udarne presjeka u ulaznoj energiji neutrona. Ta se anomalija može dovesti u vezu s anomalijom u fononskoj atenuaciji. Stoga je A. Bjeliš izračunao atenuaciju fonona uzrokovanu linearnim elektron-fonon vezanjem. Došao je do zaključka da iako dobar dio opažane atenuacije potječe od elektron-fonon mehanizma, za konačno objašnjenje opažanja treba uzeti i druge izvore atenuacije, kao napr. anharmoničku fonon-fonon interakciju. U međuvremenu, ispitujući te iste jednadžbe na apsolutnoj nuli, drugi su autori ukazali na mogućnost razdvajanja grane nekih fonona na dvije grane. A. Bjeliš sada ispituje tu mogućnost za temperature veće od kritične temperature kristalne nestabilnosti, tj. u fizikalnoj situaciji.

Ti radovi potvrđuju prije izrečeno mišljenje da neki fononi nisu odgovorni za visoke kritične temperature supravodljivosti legura V_3Si -tipa. Ipak, posljednji eksperimenti tuneliranja elektrona u Nb_3Sn interpretirani su u obrnutom smislu. Čak je predloženo da je kritična temperatura takvih sistema ($Nb_3Al_{0,8}Ge_{0,2}$) već "zasićena" obzirom na daljnje sniženje fononskih frekvencija, te da je to razlog zašto je kritična temperatura supravodljivosti neosjetljiva na kristalni fazni prijelaz. S. Barišić analizirao je taj stav i pokazao da je on u kontradikciji s poznatim rezultatima mjerenja ovisnosti kritične temperature supravodljivosti o tlaku, te sa zasad usvojenim modelima elektronske vrpce. Hipotetičko sniženje fononskih frekvencija u kratkovalnom području trebalo bi dati povišenje kritičnih temperatura supravodljivosti.

U suradnji s grupom Dr. B. S. Pošića iz Instituta "B. Kidrič" u Vinči, T. Ivezić je uspješno završio ispitivanje problema vezanih stanja u feromagnetima sa složenom rešetkom i sistemima u kojima broj elementarnih pobuđenja nije sačuvan.

Rezultati su dobiveni upotrebom egzaktno bozonske reprezentacije Agranovića i Tošića te predstavljaju značajan metodološki napredak u uporedbi s dosadašnjim računima koji su upotrebljavali približnu Holstein-Primakoff reprezentaciju.

Popis radova

1. N.Rivier and V.Zlatić, Temperature dependence of the resistivity due to localized spin fluctuations, J.Phys. F: Metal Phys.Vol.2, sept.1972.
2. N.Rivier and V.Zlatić, Temperature dependence of the resistivity due to LSP. II-Coles alloys, Journ.of Phys.F 2 L-87-94,1972.
3. V.Zlatić and N.Rivier, Transport Properties of Dilute Simple Metal-Transition Metal Alloys, 10th Annual Solid State Phys.Conf.3-5 Jan.1973., Univ.of Manchester.
4. V.Zlatić and N.Rivier, Description of the Kondo Effect by Localized Spin Fluctuations, 10th Annual Solid State Phys.Conf.3-5 Jan.1973, Univ.of Manchester.
5. D.Đurek, J.Baturić-Rubčić and S.Marčelja, and J.W.Doane, Nematic-Smectic a Transition Entropies in a Homologous Series (podneseno u Phys.Letters).
6. S.Marčelja, Molecular Model for Phase Transition in Biological Membranes (primljeno u NATURE).
7. S.Barišić, Rigid-Atom Electron-Phonon Coupling in the Tight-Binding Approximation, Physical Review B, 5, 1972.
8. S.Barišić, Self-Consistent Electron-Phonon Coupling in the Tight-Binding Approximation, Phys.Rev.B, 5, 3, 1972.
9. S.Barišić, Electrons et Phonons dans L'Approximation des Liaisons Fortes, Ann.Phys., 1972. t.7, pp23-58.
10. K.Šaub, S.Barišić, Shear Mode Spectrum in Nb₃Sn, Physios Lett.40A, 5, 1972.

11. A. Bjeliš, S. Barišić, Phonon Damping in Nb_3Sn (poslano u "Fiziku").
12. S. Barišić, Is the McMillan " $\lambda = 2$ " Limit Approached in the $Nb_3Al_{0,8}Ge_{0,2}$ Superconductor? (poslano Phys. Rev. B).
13. T. Ivezić, B. S. Tošić, F. R. Vukajlović and R. B. Žakula, A Method for the Investigation of Bound States in Ferromagnetic Crystals with a Complex Lattice, phys. Stat. Sol. (b) 51, K133 (1972).

IV TAJNIŠTVO

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

Tajnik:

KRSTO PERKOVIĆ, dipl. pravnik (do 30.4.1972.)

Dr. JOSIP MAKVIĆ, dipl. pravnik (od 1.6.1972.)

Struktura i sastav

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

Brojno stanje na dan 31.XII 1972.

- Služba općih poslova	6
- Služba računovodstva	2
- Nabavno-skladišna služba	2
- Radionica	3 (1)
- Knjižnica	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 1972. godini financirali su:

- Republički fond za naučni rad SRH (i bivši Savezni	din	2,750.973,65
- Savez.zavod za međun.tehn.suradnju	"	340.000,00
- Republ.fond za nauč.rad SRH -stipendije	"	57.550,00
- Sveučilište u Zagrebu	"	797.500,00
- Ostali	"	144.377,00
Ukupno dinara		<u>4,090.400,65</u>

U 1972. godini Institut je ostvario:

Ukupan prihod	din	4,090.400,65
Troškovi poslovanja	"	2,115.418,73
Dohodak	"	1.974.981,92

Ostvareni dohodak raspoređen je po Odluci Radne zajednice:

- za osobne dohotke	din	1,361.297,65
- za ugovorne obaveze	"	86.924,52
- za zakonske obaveze	"	121.338,60
- za fond zajed.potroš.-opća namj.	"	84.784,30
- za fond zajed.potroš.-fond solid.	"	13.193,60
- za fond zajed.potroš.-stamb.izgr.	"	33.958,10
- za fond za nauč.istraživanja	"	68.064,00
- za poslovni fond	"	205.421,15

Za novu opremu Institut je u 1972.godini utrošio dinara 705.327,18.

Institut duguje po osnovi kredita iznos od dinara 1,197.452,47. Na ime otplate kredita u 1972.godini isplaćeno je dinara 558.213,40.