

INFORMACIJE

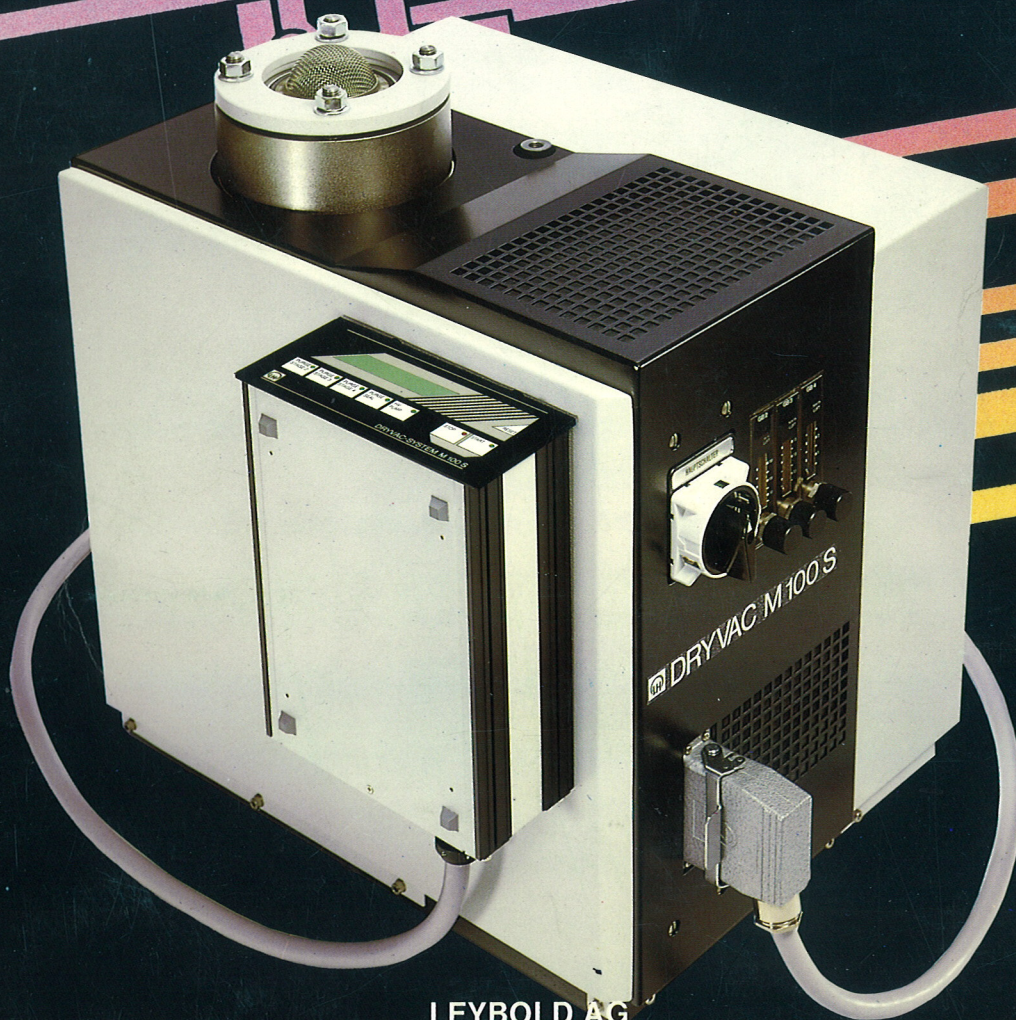
MIDEM

1-1989

Strokovno društvo za mikroelektroniko
elektronske sestavne dele in materiale

Časopis za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale
Časopis za mikroelektroniku, elektronske sestavne dijelove i materijale
Journal of Microelectronics, Electronic Components and Materials

INFORMACIJE MIDEM, LETNIK 19, ŠT. 1 (49), LJUBLJANA, MAREC 1989



LEYBOLD AG

Ein Unternehmen der Degussa

INFORMACIJE MIDEM, LETNIK 19, ŠT. 1 (49), LJUBLJANA, MAREC 1989

INFORMACIJE MIDEM, GODINA 19, BR. 1 (49), LJUBLJANA, MART 1989

INFORMACIJE MIDEM, VOLUME 19, NO. 1 (49), LJUBLJANA, MARCH 1989

Izdaja trimesečno (marec, junij, september, december) Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale — MIDEM.

Izdaje tromesečno (mart, jun, septembar, decembar) Stručno društvo za mikroelektroniku, elektronske sestavne dijelove i materijale — MIDEM.

Published quarterly (march, june, september, december) by Society for Microelectronics, Electronic Components and Materials — MIDEM.

Glavni in odgovorni urednik
Glavni i odgovorni urednik
Editor-in-Chief

Iztok Šorli, dipl. ing.,
Iskra Mikroelektronika, Ljubljana

Tehnični urednik
Executive Editor

Janko Colnar, Ljubljana

Uredniški odbor
Redakcioni odbor
Editorial Board

mag. Rudi Babič, dipl. ing., Tehniška fakulteta Maribor
Dr. Rudi Ročak, dipl. ing., Iskra Mikroelektronika, Ljubljana
mag. Milan Slokan, dipl. ing., MIDEM, Ljubljana
Pavle Tepina, dipl. ing., MIDEM, Ljubljana
Miroslav Turina, dipl. ing., Rade Končar, Zagreb
Jože Jekovec, dipl. ing., Iskra ZORIN, Ljubljana

Časopisni svet
Izdavački svet
Publishing Council

Prof. dr. Leo Budin, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Zagreb
Prof. dr. Dimitrije Čajkovski, dipl. ing., PMF, Sarajevo
Prof. dr. Georgij Dimirovski, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Skopje
Prof. dr. Jože Furlan, dipl. ing., Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, Ljubljana
Franc Jan, dipl. ing., Iskra-HIPOT, Šentjernej
Prof. dr. Drago Kolar, dipl. ing., Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana
Ratko Krčmar, dipl. ing., Rudi Čajevec, Banja Luka
Prof. dr. Ninoslav Stojadinović, dipl. ing., Elektronski fakultet, Niš
Prof. dr. Dimitrije Tjapkin, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Beograd

Naslov uredništva
Adresa redakcije
Headquarters

Uredništvo Informacije MIDEM
Elektrotehniška zveza Slovenije
Titova 50, 61000 Ljubljana, Jugoslavija
tel.: (061) 316-886

Letna naročnina za delovne organizacije znaša 280.000 din., za zasebne naročnike 140.000 din., cena posamezne številke je 40.000 din.

Člani in sponzorji MIDEM prejema Informacije MIDEM brezplačno.

Godišnja pretplata za radne organizacije iznosi 280.000 din., za privatne naročnice 140.000 din., cijena pojedinog broja je 40.000 din.

Članovi i sponzori MIDEM primaju Informacije MIDEM besplatno.

Annual Subscription Rate is US\$ 40 for companies and US\$ 20 for individuals, separate issue is US\$ 6.
MIDEM members and Society sponsors receive Informacije MIDEM for free.

Znanstveni svet za tehnične vede I pri RSS je podal pozitivno mnenje o časopisu kot znanstveno strokovni reviji za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale.

Po mnenju Republiškega komiteja za informiranje št. 23 z dne 27. 9. 1988 je publikacija oproščena plačila davka od prometa proizvodov.

Mišljenjem Republičkog komiteta za informiranje br. 23 od 27. 9. 1988 publikacija je oslobođena plaćanja poreza na promet.

Oblikovanje besedila in tisk
Oblikovanje stavka i tisak
Printed by

BIRO M, Ljubljana

Tisk ovojnice
Tisak omota
Front page printed by

KOČEVSKI TISK, Kočevje

Naklada
Tiraž
Circulation

1000 izvodov
1000 primjeraka
1000 pcs

VSEBINA		CONTENT
R. Ročak: Jugoslovanska enotnost v društvu MIDEM	2	R. Ročak: Yugoslav Unity through MIDEM Society
ZNANSTVENO STROKOVNI PRISPEVKI		PROFESSIONAL SCIENTIFIC PAPERS
A. Valčič, S. Nikolić, T. Valčič: Istraživanje iz oblasti rasta kristala safira	3	A. Valčič, S. Nikolić, T. Valčič: Investigations of Sapphire Single Crystals Growth
M. Maček: Modeliranje precipitacije in outdifuzije kisika	8	M. Maček: Modelling of Oxygen Precipitation and Outdiffusion Phenomenon
J. Matovič, Z. Đurić, N. Simičić, D. Tanasković, M. Matić, M. Smiljanić, R. Petrović: Silicijumski piezootporni senzor pritiska sa dijafragmom	13	J. Matovič, Z. Đurić, N. Simičić, D. Tanasković, M. Matić, M. Smiljanić, R. Petrović: Silicon Piezoresistive Diaphragm Pressure Sensor
A. Dobnikar, V. Gustin, M. Trebar, D. Podbregar, P. Ilija, P. Stajdohar: Programska podpora za načrtovanje vezij v ULA tehnologiji	22	A. Dobnikar, V. Gustin, M. Trebar, D. Podbregar, P. Ilija, P. Stajdohar: Programming Support for IC Design in ULA Technology
D. Metelko, S. Pejovnik: Litijeve baterije	30	D. Metelko, S. Pejovnik: Lithium Batteries
Lj. Dragosavić: Elektrokemijsko ispitivanje kemijske depozicije bakra	35	Lj. Dragosavić: Electrochemical Study of the Electroless Copper Plating
V. Florjančič, M. Pernek: Programabilna mikroprocesorska varnostna elektronika	38	V. Florjančič, M. Pernek: Programmable Microcomputer Safety device
ŠOLANJE ZA MIKROELEKTRONIKO		SCHOOLING FOR MICROELECTRONICS
P. Biljanović: Visokoškolsko obrazovanje za mikroelektroniku	40	P. Biljanović: University Schooling for Microelectronics
PRIKAZI DOGODKOV, DEJAVNOSTI ČLANOV MIDEM IN DRUGIH INSTITUCIJ		REPRESENT OF EVENTS, ACTIVITIES OF MIDEM MEMBERS AND OTHER INSTITUTIONS
M. Kirschning: Varno vtekanje	41	M. Kirschning: Safe Burn-In
D. Koruga: Centar za molekularne mašine	45	D. Koruga: Center for Molecular Machines
M. Turina: Končar - Stručne informacije	47	M. Turina: Končar-Professional Informations.
D. Tjapkin: Prikaz doktorske disertacije Studija kvantnoelektronskih osobina kvazidvodimenzionihi mikrostruktura	48	D. Tjapkin: Represent of Doctor Thesis Study of quantumelectronics Properties of Quasitwodimensional Microstrcutres
R. Ramović: Prikaz magistarskog rada Dvodimenziona analiza električnih parametara u poluprovodničkim strukturama	50	R. Ramović: Represent of Masters Thesis Twodimensional Analysis of Electric Parameters in Semiconductor Structures
70. godina kemijsko-tehnološkog studija u Zagrebu	50	70th Anniversary of Technical Chemistry Study in Zagreb
KONFERENCE, POSVETOVANJA, SEMINARJI, POROČILA		CONFERENCES, COLLOQYUMS, SEMINARS, REPORTS
Obćni zbor strokovnega društva MIDEM	51	MIDEM Society Assembly
D.Lj. Mirjanić, J.P. Šetrajčić: Superprovodnost u okviru XI. jugoslovenskog simpozijuma o fizici kondenzovane materije	56	D.Lj. Mirjanić, J.P. Šetrajčić: Superconductivity within XI. Yugoslav Symposium on Physics of Condensed Matter
VESTI, OBVESTILA		NEWS, INFORMATIONS
Vijesti iz zemlje i inostranstva	57	Home News, News from Abroad
Informacione biotehnologije	58	Information Biotechnologies
Nova domaća knjiga o vakuumski tehniki	59	New Domestic Book on Vacuum Technology
Posvetovanje o uporabi moderne informacijske tehnologije	60	Colloquy on Application of Modern Information Technology
Koledar prireditev	61	Calendar of Events

Jugoslovanska enotnost v društvu MIDEM

V Ljubljani smo 22.2.1989 imeli občni zbor društva na katerem so prisotni člani izvolili nove organe društva za prihodnje triletno obdobje. O samem poteku občnega zbora in izbranih organih društva se lahko informirate v tej številki časopisa. Ker pa je takšen triletni občni zbor v življenju našega društva izredno pomemben, namenjam današnji uvodnik temu dogodku.

Celoten občni zbor je potekal v prijetnem in delovnem vzdušju, kar je običajno za vse manifestacije našega društva. Kot vedno doslej, tudi tokrat ni bilo nobenih jezikovnih, političnih ali kakršnihkoli drugih ovir, kar je v današnjem jugoslovanskem trenutku prava osvežitev, nas navdaja z optimizmom in nas utrjuje v prepričanju, da lahko z malo dobre volje in svobodnim združevanjem dosežemo v naši družbi jugoslovansko sintezo. Pri tem ni potrebno pozabiti, da so prisotni člani bili iz vseh delov dežele, iz tržno konkurenčnih podjetij, ki pa so v trenutku občnega zbora vso svojo energijo usmerili k skupnemu cilju- razvoju stroke, razvoju društvenih odnosov in s tem dokazali, da smo v MIDEM dosegli stopnjo stanovske zavesti.

Izkazala se je bojazen, ki jo vsi gojimo, ob odnosu jugoslovanskega gospodarstva in politike ob trenutnem stanju mikroelektronike in nasploh odnosu jugoslovanske družbe do visokih tehnologij. Čeprav se zavedamo, da je potrebno delati predvsem v lastnem okolju, ne moremo mimo dejstva, da okolje, v katerem delamo in ustvarjamo, vpliva na nas; na žalost velikokrat ne moremo vplivati niti na dogodke, ki se tičejo naše lastne kože.

Eden izmed pomembnih sklepov občnega zbora je bil, da se mora društvo močnejše uveljaviti v javnosti, postati bolj vplivno pri odločitvah, ki se tičejo stroke in prevzeti nase tudi vlogo „politične vesti“. Zato tudi sklep, da se pripravi proglas društva, ki naj se pošlje vodilnim ljudem in institucijam naše države.

Mogoče nam bo na ta način uspelo sprožiti vsebinsko razpravo na forumih, ki odločajo o naši prihodnosti, prej kot te bodočnosti sploh ne bomo več imeli.

Predsednik društva MIDEM
Rudi Ročak



ISTRAŽIVANJA IZ OBLASTI RASTA KRISTALA SAFIRA

A.Valčić, S.Nikolić, T.Valčić

KLJUČNE REČI: monokristali, safir, rast kristala, dislokacija

SADRŽAJ: U okviru ovog rada dobijeni su kristali safira i rubina i ispitan je uticaj uslova rasta na kvalitet dobijenih kristala. Monokristali su dobijeni rastom iz rastopa po metodi Verneuil i Czochralski a izvršeni su i eksperimenti dobijanja profilisanih kristala safira u obliku štapića.

INVESTIGATIONS OF SAPPHIRE SINGLE CRYSTALS GROWTH

KEY WORDS: single crystal, sapphire, crystals growth, dislocation

ABSTRACT: The sapphire and ruby single crystals were obtained by growing from the melt using Verneuil and Czochralski methods. The influence of growing conditions on single crystals quality was investigated. The experiments of pulling profiled sapphire single crystals were also carried out.

1. UVOD

Oksidni materijali su veoma interesantni i s obzirom na značaj nalaze sve veću primenu. Mogu da se koriste kao laserski materijal, u nelinearnoj optici, akustooptici za "pamćenje" optičkih podataka i magnetne memorije.

Safir je veoma tvrd i jak materijal, veoma otporan na abraziju i hemijski stabilan i na višim temperaturama. U vodi i većini kiselina je nerastvoran, ima dobru toplotnu provodljivost i mali koeficijent širenja, veoma dobre transimisione osobine u širokom opsegu talasnih dužina, bez apsorpcionih traka.

Još početkom ovog veka započeta je proizvodnja monokristala aluminijum oksida (safira) i monokristala aluminijum oksida dopingovanog hrom trioksidom (rubin). To je rađeno po metodi Verneuil /1/, odnosno tehnikom kod koje je izvor toplote kojom se topi aluminijum oksid i obezbeđuje lagani rast kristala, plamen vodonika i kiseonika.

Zbog velikog gradijenta temperature, koji je neophodan kod ove metode, dobijeni kristali su srednjeg kvaliteta. Ovi kristali su jako deformisani, imaju veliku koncentraciju dislokacija i malougaonih granica, pa je neophodno pažljivo odgrevanje na visokim temperaturama.

Za primenu kod optičkih lasera ove greške su dovodile do velikih gubitaka, povećanja širine emisione linije i do krivljenja svetlosnog talasnog fronta.

Sa pojavom čvrstih lasera započelo je ispitivanje drugih metoda za dobijanje optički kvalitetnih kristala safira, odnosno rubina.

Za dobijanje kvalitetnih kristala probane su sledeće metode: hidrotermalna metoda i rast iz rastvora u isopljenim solima. Dobijeni su kvalitetni kristali ali malih dimenzija.

Zbog toga se krenulo na metodu rasta po Czochralskom /2,3,4,5,6/ koja je složenija i skuplja, ali je kod drugih materijala pokazala da daje veoma kvalitetan kristal.

Postupci dobijanja kristala po metodi Czochralski, koji su korišćeni za safir, uglavnom se razlikuju u nekoliko glavnih stvari, a to su: materijal koji je korišćen za sud u kome je topljen Al_2O_3 , način zagrevanja i atmosfera u kojoj je rađeno.

Kao materijal za sud korišćen je ili iridijum, ili volfram odnosno molibden. Iridijum je znatno skuplji ali omogućava rad i u slabo oksidacionoj atmosferi, dok volfram i molibden mogu da se koriste samo u neutralnoj, slabo redukcionoj atmosferi ili u vakuumu.

Ako se koriste sudovi od volframa ili molibdena rastop se više prlja a kristal može da sadrži mnogo metalnih inkluzija.

Zagrevanje može da se vrši indukciono ili otporno sa grejačima izrađenim od grafita ili volframa.

Ovom metodom dobijeni su kristali safira velike optičke savršenosti prečnika do 85 mm i težine do 2,2 kg.

Brzina rasta iznosila je 50-75 g/h.

Metode koje su korišćene za rast kristala safira do 1970.godine nisu bile pogodne za ekonomičnu proizvodnju safira većih dimenzija ($D > 50$ mm) i u većim količinama, što je bilo potrebno za proizvodnju prozora.

Zbog toga su razrađeni novi postupci za dobijanje safira koji bi to omogućili.

Postupak kod koga se rastop nalazi u sudu a njegova kristalizacija se vrši usmereno i kontrolisano u tom istom sudu (varijanta Bridgeman) bi to mogao da omogućiti.

Zbog toga su izvršena istraživanja i dobijena je metoda rasta kristala sa izmenjivačem toplote (HEM) /9,10,11,12/ odnosno sa hladnjakom, po kojoj su prvo dobijani kristali safira velikih dimenzija a zatim i kristali drugih materijala.

Ova metoda je relativno jednostavna, vrlo je fleksibilna jer omogućava rast kristala različitog oblika i dimenzija, što zavisi od oblika i dimenzije suda u kome se rastop nalazi.

Ovom metodom su dobijeni najkрупniji kristali safira visokog kvaliteta.

Prednosti ove metode su sledeće:

Uređaj nema pokretnih dijelova, niti specijalan temperaturni gradijent u peći. Proces rasta kristala postiže se povećavanjem temperaturnog gradijenta u tačnoj fazi smanjivanjem temperature peći.

Međupovršina čvrsto-tečno se nalazi u tečnosti i potpuno je opkoljena sa njom. To ublažava mehanički potres i variranja temperature, pogotovo kada je u pitanju veća masa rastopa.

Pored toga, površina rasta je zaštićena od čestica koje plivaju po površini rastopa. Kristal raste od dna suda prema gore, a koristi se mali temperaturni gradijent pa je konvekcija mala. Mali i ravnomerni temperaturni gradijent na međupovršini omogućava ravnomerni rast kristala a time i dobijanje homogenih i savršenih kristala.

Za specijalne oblike kristala, štapiće, ploče, cevčice i vlakna, razvijene su nove metode, Stepanov /7/ i EFG /8/. Kod ovih metoda koristi se kapilarni efekat, tako da je moguće uticati na oblik izvučenih kristala preko oblika kapilare. Ove metode se veoma mnogo koriste i za silicijum i neke druge materijale.

2. PREGLED IZVRŠENIH RADOVA

Šesdesetih godina su u našoj laboratoriji započeti radovi na dobijanju monokristala safira i rubina.

Prve kristale safira i rubina dobili smo rastom iz rastopa po metodi Verneuil, na uređaju koji smo sami konstruisali. Eksperimenti su vršeni u plamenu dobijenom sagorevanjem kiseonika i vodonika. Aparatura je imala potpuno miran rad bez potresa tokom rasta a ravnomerno doziranje praha Al_2O_3 vršili smo elektromagnetnim vibratorom.

Brzina rasta je na početku iznosila 5 mm/h do prečnika 6-8 mm a zatim je povećavana na 10 mm/h. Klica je za vreme rasta rotirala brzinom od 30 o/min.

Dobijeni kristali bili su potpuno prozračni. Prečnik kristala iznosio je od 6-8 mm a dužina oko 30 mm. Za dobijanje monokristala rubina aluminijum oksidu je dodavano od 0,1% do 0,5% težinskih hrom trioksida.

Kristale safira i rubina većih dimenzija, dužine od 40-110 mm i prečnika od 5-27 mm, dobijali smo rastom po metodi Czochralski.

Prvi eksperimenti /13,14/ vršeni su na uređaju koji je izrađen u našoj laboratoriji na automatskom MSR-2 uređaju. Poslednji eksperimenti, kada su dobijeni kristali safira većeg prečnika od 24-27 mm, vršeni su na automatskom MSR-2 uređaju. Umesto kvarcne cevi, koja je brzo propadala zbog visoke temperature na kojoj je radeno, napravljen je metalni omotač.

Svi eksperimenti su vršeni sa tiglom od iridijuma dimenzija 40 x 40 mm, debljine zidova 2,5 mm, u atmosferi argona čistoće 99,99%. Kao šarža korišćen je Al_2O_3 čistoće 99,99% a ZrO_2 je korišćen kao izolacija.

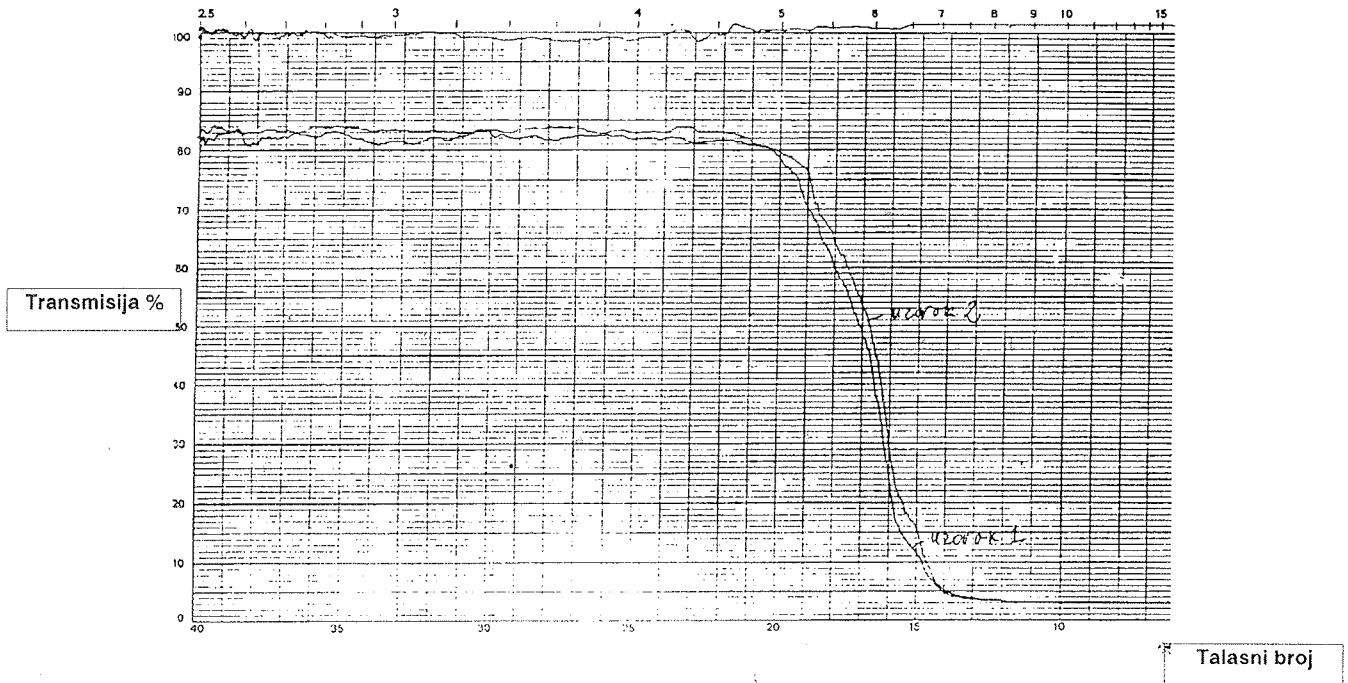
Prilikom rada na uređaju koji je izrađen u našoj laboratoriji dobijani su kristali prečnika od 5-20 mm i dužine od 50-110 mm. Brzina rasta iznosila je 3-12 mm/h a brzina rotacije od 5-25 o/min.

Eksperimenti na automatskom MSR-2 uređaju vršeni su tako što se brzina rasta kretala od 3,5 do 12 mm/h a brzina rotacije od 20-50 o/min.

Dobijeni su kristali prečnika od 19-20 mm i dužine od 62-80 mm.

Ovako dobijeni kristali safira i rubina ispitivani su u polarizovanom svetlu radi detekcije unutrašnjih naprezanja a određivane su i dislokacije. Prosečan broj dislokacija u kristalu iznosio je 15-20. $10^3 cm^{-2}$.

Merenje optičkih osobina vršeno je na dva uzorka debljine 1mm. Rezultati merenja transmisije oba uzorka dati su na dijagramu br.1 i pokazuju da kvalitet kristala odgovara kvalitetu koji se navodi u literaturi.



Dijagram 1: Optičke osobine dva uzorka kristala

Kod kristala poluprečnika 9-9,5 mm koji su rasli brzinom od $f=5,1$ mm/h a rotacija je iznosila $\omega=20$ o/min nije dolazilo do inverzije fronta kristalizacije tokom rasta.

Inverzija fronta kristalizacije pojavila se kod kristala rubina koji je rastao brzinom 5,1 mm/h i kod kristala safira prečnika 24-27 mm koji su izvlačeni na automatskom MSR-2 uređaju sa metalnim omotačem.

Eksperimenti su pokazali da prilikom dobijanja kristala YAG-a /15/, i safira u toku rasta dolazi do promene oblika međupovršine kristal-rastop, što dovodi do pojave zamućenja i mehurića.

Oblik fronta kristalizacije, kod rasta kristala, može da ima izuzetno veliki uticaj na osobine kristala. Od njega u mnogome zavisi ravnomernost ugrađivanja primesa, naprezanje i koncentracija dislokacija.

Kod rasta kristala po metodi Czochralski moguće je uticati na oblik fronta kristalizacije preko parametara rasta, kao što su brzina rasta, brzina rotacije kristala i temperaturni gradijent. Treba svakako napomenuti da dok brzinu rasta i rotacije možemo da držimo konstantnim, raspored temperature u rastopu tokom rasta kristala se menja zbog spuštavanja nivoa rastopa. To dovodi do smanjenja dubine rastopa što sa svoje strane može kod manjih dubina da menja uslove mešanja a na taj način da menja i raspored temperature.

Do nagle promene oblika fronta kristalizacije, odnosno inverzije, dolazi kada prečnik kristala dostigne kritičnu vrednost za određenu rotaciju.

To je posledica promene načina kretanja rastopa. Pri tome dolazi i do topljenja dela kristala i na taj način front

koji je do tada bio konveksan prema rastopu postaje približno ravan.

Inverzija se dešava kada kretanje tečnosti usled rotacije kristala nadvlada prirodnu konvekciju. To je kritičan uslov za inverziju i to se dešava kada se pređe kritična vrednost Reynoldsovog broja. Pošto je Reynolds-ov broj:

$$Re = \frac{\bar{h}\rho D^2\omega}{2\eta} \quad (1)$$

gde je:

η -viskozitet, h - gustina, ω -broj obrtaja kristala i D - prečnik kristala.

K.Takagi je izrazio prečnik inverzije D_c i on iznosi:

$$D_c = (2\bar{h})^{\frac{1}{2}} (Re\eta/\rho)^{\frac{1}{2}} \omega^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ili

$$D_c \sim \frac{K}{\sqrt{\omega}} \quad (3)$$

Ova uprošćena jednačina važi samo ako su svi ostali parametri rasta kristala nepromenjeni. Eksperimentalni rezultati su pokazali da D_c zavisi od temperaturnog gradijenta, brzine rasta kristala, dubine rastopa, odnosa prečnika tigla i visine meniska između kristala i rastopa.

D_c raste sa porastom temperaturnog gradijenta a opada sa brzinom rasta i rotacije kristala.

Jednačine koje autori u literaturi daju za Grashov broj, Taylorov broj, i Rossbyjev broj /16, 17, 18, 19, 20/ ne mogu da se primene na naše eksperimentalne rezultate, jer ni jedna od njih ne uzima u obzir sve bitne parametre niti je predviđena za proces rasta od početka do kraja.

Kod kristala safira MKSI, koji je rastao brzinom 4 mm/h, do inverzije je došlo kod prečnika 22-22,5 mm. Kristal je rotirao brzinom $\omega = 20$ o/min.

Na mestu inverzije došlo je do pojave velikog broja mehurića. Vrednost $Re = \omega R_k^2$ u tom trenutku bila je jednaka $(Re)_c = Re = \omega R_k^2 = 25,3$. Posle inverzije kroz centralni kristal se prostire tanka nit od malog broja mehurića, što ukazuje da je kristal u tom delu rastao u uslovima bliskim $(Re)_c$. Zbog blagog porasta prečnika kristala rastao je i Reynoldsov broj Re ali je rastao i kritičan $(Re)_c$ zbog sve jačeg uticaja zidova suda.

Sledeći eksperiment smo izveli tako da do inverzije dođe na početku kristala dok se on širi i time izbegnemo inverziju u delu kristala većeg prečnika. Pošto smo odredili da je za naše uslove $(Re)_c = 25,3$ poluprečnik inverzije kod kristala koji je rotirao brzinom $\omega = 50$ o/min bio bi

$$R_c = \frac{\sqrt{(Re)_c}}{\omega} = 0.61 \text{ cm}$$

Brzina rasta f , bila je na početku rasta 5 mm/h, a na kraju rasta 13,5 mm/h. zbog povećanja prečnika kristala.

Mehurići koji su se pojavili, praktično na samom početku, gde je $R_k = 0,7$ cm, pokazuju da je pri tom poluprečniku počela inverzija, kao što se pretpostavilo. Međutim, nestabilan rast i inverzija trajao je do poluprečnika $R_k = 0,8$ cm, kada kristal počinje da raste bez mehurića.

Smatramo da za poluprečnik inverzije ne smemo da uzmemo $R_k = 0,7$ cm jer se kristal u tom delu veoma naglo širi pa je visina meniska mala. Zbog toga je kristal znatno jače mešao rastop. Kod $R_k = 0,8$ cm kristal se postepeno širio, što je uobičajeno kod rasta kristala, pa smatramo da je $(Re)_c = 0,8^2 \cdot 50 = 32$. Stabilan rast, bez pojave mehurića, se zatim nastavio sve dok kristal ne dostigne poluprečnik od 1,1 cm. U tom trenutku, usled viskoznog kočenja zidova suda i dna dolazi do porasta $(Re)_c$ i do $(Re)_c = Re$. To dovodi do nestabilnog rasta, odnosno do prelaza od ravne međupovršine prema

konusnoj. Konusna međupovršina intenzivnije meša tečnost, pored toga poluprečnik postepeno raste, pa dolazi do porasta Re u odnosu na $(Re)_c$ i do nove inverzije.

Naši rezultati na YAG-u /15/ pokazuju da ako se dovoljno pređu uslovi za inverziju moguć je stabilan rast i dobijanje monokristala bez grešaka. Treba napomenuti da je prečnik naših kristala (D_k) bio mali u odnosu na prečnik suda (D_s), pa je uticaj zidova i dna suda na povećanje $(Re)_c$ bio mali.

S obzirom na značaj profilisanih kristala /7,8/, tj. kristala koji već tokom rasta dobijaju željeni oblik (štapići, cevi, ploče i slično), mi smo započeli eksperimente na dobijanju safira u obliku štapića (slika 1).

Za te početne eksperimente prilagodili smo uređaj po Czochralskom MSR-2. Glavne izmene bile su na sudu od iridijuma iz koga smo izvlačili štapiće safira.

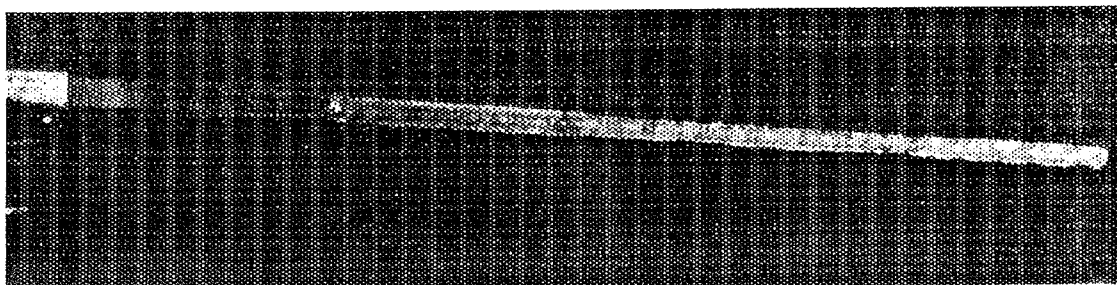
U centar suda stavljena je cevčica od iridijuma spoljašnjeg prečnika 5 mm i unutrašnjeg prečnika 4 mm. Unutrašnjost cevčice popunjena je parčićima iridijumske žice tako da je na taj način kapilarni efekat bio izražen.

Eksperimenti su vršeni u atmosferi N_2 .

Kada se istopi šarža Al_2O_3 , usled kapilarnog efekta tečnost se penje do vrha cevčice. Tada se spuštanjem klice dodiruje vrh cevčice. Pošto je klica relativno hladna dolazi do očvršćavanja rastopa u cevčici i na klici. Zbog toga je potrebno da se poveća snaga generatora i sačeka dok se Al_2O_3 u cevčici ne istopi i dok se ne uspostavi dobar kontakt sa klicom. Za utvrđivanje tog trenutka korisno nam je poslužio uređaj za merenje težine sistema. Zatim se pristupa izvlačenju štapića. Oblik i dimenzija kristala zavisi od oblika i dimenzija kapilarne cevčice. Brzina izvlačenja u dosta širokim granicama nema bitan uticaj na prečnik kristala.

Jedan štapić smo izvlačili različitim brzinama 10, 20 i 30 mm/h a prečnik je bio približno 4,2 mm.

Kvalitet štapića kod ovih početnih eksperimenata nije bio optički, oni su sadržavali mehuriće i zamućenja na pojedinim mestima.



Slika 1: Kristal safira u obliku štapića.

ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izvršeni su eksperimenti na dobijanju monokristala safira rastom iz rastopa po metodi Verneuil i Czochralski a započeti su i eksperimenti na dobijanju profilisanih monokristala safira u obliku štapića. Izvršena su i ispitivanja uticaja uslova rasta na kvalitet dobijenih kristala.

Eksperimenti su pokazali da prilikom rasta kristala safira može da dođe do promene oblika fronta kristalizacije što može bitno da utiče na kvalitet dobijenih kristala jer dovodi do pojave mehurića i zamućenja.

Na promenu oblika fronta kristalizacije može da utiče više faktora: brzina rasta, brzina rotacije, dubina rastopa, odnos prečnika i kristala i visina meniska između kristala i rastopa.

Dobijeni su kristali safira prečnika od 5-27 mm i dužine od 40 - 110 mm.

Započeti su eksperimenti na dobijanju profilisanih kristala u obliku štapića.

LITERATURA

1. A.Verneuil, Production Articielle du rubis par fusion , Paris Acad.Sci., Comptes Rendus 135 (1902) 791-794
2. F.R.Charvat, J.C.Smith, O.H.Nestor, Crystal Growth, Proceeding of an International Conference on Crystal Growth, London, H.Steffen Peiser (1976) 45-50
3. A.E.Paladiono, B.D.Roiter, Czochralski Growth of Sapphire , J.Am.Ceram. Soc.sept. (1964) 465
4. S.O'Hara, Some Interface Growth Features of Czochralski Sapphire Crystals , J.Crystal Growth 2 (1968) 145 - 148
5. J.J.Rubin, L.G.Van Vitert, Growth of Sapphire and Ruby by the Czochralski Technique , Mat.Res.Bull. Pergamon Press, Inc Printed in the United States. 1 (1966) 211 - 214
6. M.P.Musatov, Krupnie Monokristali Leikosafira, Vrašćenije metodom Czochralski , Neograničeski materijali Tom IX,3 (1973)
7. Stepanov, A.V. New Method of Producing Articles (Sheets, Tubes, Rods, Various Sections, Etc.) Directly From Liquid Metal , Soviet Phys. - JETP 29. (1959) 339
8. La belle.H.E., Jr.and A.I.Mlavsky Growth of Controlled Profile Crystals from the Melt: Part I - Sapphire Filaments , Mat.Res.Bull.6 (1971) 571 - 580

9. F.Schmid, D.Viechnicki, Growth of Sapphire Disks from the Melt by a gradient Furnace Technique , J.Am.Ceram.Soc.53(9) (1970) 528 - 529
10. D.Viechnicki, F.Schmid, Growth of Large Monocrystals of Al_2O_3 by Gradient Furnace Technique , J.Crystal Growth, 11 (1971) 345 - 347
11. D.Viechnicki, F.Schmid, Crystal Growth using the Heat Exchanger Method (Hem) , J.Crystal Growth 26 (1974) 162 - 164
12. F.Schmid, The Production of Large Scatter free Sapphire by the Heat Exchanger Method , Elektro-Optics/Laser 78. Conf.Boston, (1978) 2:- 6
13. A.Valčić, R.Roknić, S.Nikolić Uticaj uslova rasta na rast kristala safira i rubina , 22 ETAN u pomorstvu, Zbornik radova (1980) 354 - 358
14. A.Valčić, S.Nikolić, R.Roknić Rast kristala oksidnih materijala SHD i Jugoslovenski Simpozijum o keramici, 23. Savetovanje hemičara SRS, Beograd, Zbornik Radova (1981) 627 -634
15. A.Valčić, R.Roknić, S.Nikolić Uticaj uslova rasta na naprežanju u kristalima YAG-a , 20 ETAN u pomorstvu, Zbornik radova (1978) 617 - 621
16. J.C.Brice, T.M.Bruton, O.F.Hill, P.A.C. Whiffin, „The Czochralski Growth of $Bi_{12}SiO_{20}$ Crystals”, J.Crystal Growth 24/25 (1974) 429 - 431
17. J.C.Brice, P.A.C.Whiffin, Changes in fluid Flow During Czochralski Growth , J.Crystal Growth 38 (1977) 245 - 248
18. C.D.Brandle, Flow Transitions in Czochralski Oxide Melts , J.Crystal Growth 57 (1982) 65 - 70
19. B.Perner, J.Kvapil, Jos.Kvapil, Liquid/Solid Interface Profile of Melt Growth Oxide Crystals , Czech. J.Phys. B 23 (1973) 1091-1096
20. P.A.C. Whiffin, T.M.Bruton, J.C.Brice, Simulated Rotational Instabilities in Molten Bismuth Silicon Oxide , J.Crystal Growth 32 (1976) 205 - 210

ni član
ni član
poslan
4
15.5.89

Dr Andreja Valčić, red.prof., *
 Dr Slobodanka Nikolić, nauč. saradnik
 Toma Valčić, dipl.ing.

TEHNOLOŠKO METALURŠKI FAKULTET,
 Beograd, Karnegijeva 4 *
 IHTM, INSTITUT ZA MIKROELEKTRONSKE
 TEHNOLOGIJE I MONOKRISTALE,
 Beograd, Njegoševa 12

Prispelo: 09.09.1988 Sprejeto: 26.02.1989

MODELLING OF OXYGEN PRECIPITATION AND OUTDIFFUSION PHENOMENON

Accepted and presented at STEP EUROPE-Defect Control and Related Yield Management Conference, October 27 - 28, Brussels, Belgium

Marijan Maček

KEY WORDS: diffusion, oxygen precipitation, oxygen nucleation, critical radius, numerical simulation

ABSTRACT: On the basis of the diffusion-controlled precipitation of spherically growing particle, homogenous nucleation and classical diffusion theory and simplified expression for the critical radius, which takes into account only temperature dependence, a PASCAL program to run on IBM PC was written to simulate nucleation, precipitation and outdiffusion phenomenon. The parameters we need for simulation were deduced from already published two step annealing experiments. Diffusion constant, $D = 0.07 \exp(-2.44/kT)$ /7/, was found to be adequate for the temperatures above 1073 K. For the lower ones enhanced diffusivity should be assumed. The results of the numerical simulation of various IME's and other published processes are in good agreement with the experimental ones, not only for the amount of precipitated oxygen at various steps, but for the depth of the denuded zone and the defect/precipitate density as well.

MODELIRANJE PRECIPITACIJE IN OUTDIFUZIJE KISIKA

KLJUČNE BESEDE: difuzija, precipitacija kisika, nukleacija kisika, kritični radij, numerična simulacija

POVZETEK: Na osnovi teorije difuzijsko omejene precipitacije sferično rastočega izločka, teorije homogene nukleacije, klasične difuzijske teorije in poenostavljenega izraza za kritični radij, ki upošteva le temperaturno odvisnost, je bil napisan program, ki simulira pojav nukleacije, precipitacije in difuzije kisika s površine rezine. Za simulacijo potrebni parametri so bili določeni na osnovi objavljenih 2 stopenjskih poskusov. Na temperaturah nad 1073 K je difuzijska konstanta $0.07 \exp(-2.44 \text{ eV}/kT)$ ustrezna, za nižje pa je potrebno upoštevati ojačeno difuzijo. Rezultati simulacije precipitacije kisika za IME procese, kakor tudi za v literaturi objavljene se dobro ujemajo z izračunanimi.

INTRODUCTION

VLSI devices are mostly processed on CZ Si wafers with oxygen concentration ranging from $5 \times 10^{17} - 10^{18} \text{ at/cm}^3$. Precipitation of SiO phase occurs /1/ as a result of exceeded solid solubility limit at almost all process temperatures. Secondary defects like stacking faults etc. which are more or less electrically active are generated at the oxygen precipitates. Especially defects decorated by heavy metals located in the device active area /2/ can be harmful for the functionality of the IC. On the other side those ones located in the bulk act as gettering centers and have very beneficial effect on the device yield.

To assure the maximum yield for the certain process the intrinsic gettering (IG) should be optimised. To avoid an extensive number of costly experiments, one should be

able to model the precipitation and outdiffusion of oxygen for various heat treatments.

In this paper a simple PASCAL program to run on IBM PC is presented in which the diffusion-controlled precipitation of growing spherical particle /3/, homogenous nucleation theory /4, 5/ classical diffusion theory /6/ and simplified expression for the critical radius /7/, taking into account only temperature dependence are combined. Calculated results are compared with the published ones for two step precipitation experiments as well as for the different in /8/ and out of house processes and show a good agreement not only for the amount of precipitated oxygen, but for the depth of the denuded zone (DZ) and precipitate density as well.

2. THEORY

The formation of the denuded zone depends on the diffusion and precipitation (which depends on diffusion) of interstitial oxygen (O_i). Diffusion can be described by classical equation

$$\frac{dO_i(x,t)}{dt} = D(T) \frac{d^2 O_i(x,t)}{dx^2} \quad (1)$$

where the diffusion constant defined by Mikkelsen /9/ is (21)

$$D(T) = 0.07 \text{ (cm}^2/\text{s)} \exp(-2.44 \text{ eV}/kT) \quad (2)$$

To solve the equation (1) the boundary conditions should be known. As the mass transport coefficient h at the surface is not known, we kept the same conditions as in the originally written program /6/. Diffusion controlled precipitation can be, in a very accurate way, described with Ham's theory /3/, which in the simplest form takes into account the growth of a spherical particle. Relation between precipitated oxygen fraction $Sp(t)$ and cinetic constant $K(x,t)$ is quite complicated:

$$K(x,t) = H (Sp)^{1/3} \quad (3)$$

$$Sp(t) = (O_i(x,0) - O_i(x,t)) / (O_i(x,0) - O_i^*(T)) \quad (4)$$

$$H(u) = \frac{(1/2) \ln((u^2 + u + 1)/(u^2 - 2u + 1)) - 3^{1/2} \operatorname{artg}((2u + 1)/3^{1/2}) + 0.9068}{(2u + 1)/3^{1/2}} \quad (5)$$

Cinetic constant in our program is defined by the following expression:

$$K(x,t=0) = D(T) (4\pi N_o)^{2/3} 3^{1/3} ((O_i(x,0) - O_i^*(T)) / C_o)^{1/3} \quad (6)$$

where C_o denotes oxygen concentration in a precipitate ($C_o = 4.65 \times 10^{22} \text{ at/cm}^3$ for amorphous SiO_x). For the solubility of oxygen $O_i^*(T)$ we used Craven's data /10/.

We applied homogeneous nucleation theory /4,5/ in which the nucleus density N_o is described by the following equation:

$$N_o(x,t) = J_s(x,T) (t-t_i) (1 - \exp(-t/t_i)) \quad (7)$$

$$J_s(x,T) = J_o D(T) O_i(x,0) T^{-1/2} \exp(-E_o / (T - T_s)^2) \quad (8)$$

$J_o = 7.94 \times 10^{-11} \text{ cmK}^{1/2}$ and $E_o = 1082 \text{ K}$ are material constants estimated in /5/, while t_i denotes incubation time in which the nucleus grows during the low temperature nucleation step up to the critical radius R_c defined by high temperature precipitation step and T_s the solubility temperature when $O_i(x,)$ equals solubility $O_i^*(T)$.

Expression for the critical radius R_c originally obtained by C. Claeys /7/ is rather complicated. We used simplified

expression, where the elastic, interstitial and vacancy energy term were neglected. From the literature /11/ it is known that the concentration of the point defects at the typical process temperatures and the amount of precipitated oxygen is close to the equilibrium ones. Furthermore during the low temperature ($T = 1073 \text{ K}$) formation of platelike precipitates no interstitials are emitted. On the other side during the high temperature annealing ($T > 1373 \text{ K}$) the precipitation of octahedral precipitates is accompanied by strong emission (0.69l int./at) of interstitials and successive growth of stacking faults. We were satisfied to incorporate neglected energy terms in "effective" interface energy σ_{eff} , determined from the two step experiments. The simplified expression for R_c is:

$$R_c = \frac{2 \sigma_{\text{eff}}}{3 C_p k T \ln(O_i / O_i^*(T))} \quad (9)$$

C_p is silicon concentration in SiO_2 precipitate and equals $2.1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$.

The output of the complete calculation is therefore:

- * the profile of the interstitial oxygen O_i
- * the profile of the precipitated oxygen
- * the amount of the precipitated and outdiffused oxygen
- * the density of the precipitates and its average size.

3. RESULTS

As the first step the σ_{eff} was determined on the basis of published two step experiments /12/. (2h @ 1073 K + 16h @ 1323 K, N_2 + 5% O_2). The best fit of the experimental results for the amount of precipitated oxygen versus initial concentration O_i presented in fig. 1 is obtained assuming $R_c = 7.5 \text{ nm}$ at 1323 K and for $O_i = 7 \times 10^{17} \text{ at/cm}^3$. It follows from (9), that in this case σ_{eff} equals 5.60 J/m², which is for one order of magnitude higher than the published data for σ /14/. Obviously very crude assumption is made neglecting elastic energy term. Regardless of the assumption, the results for simulated CMOS process /12/, (5h @ 1198 K, O_2 + 45 min @ 1073 K, N_2 + 20h @ 1423 K, N_2 + 14h @ 1198 K, steam), shown on the same fig. 1 are in a very good agreement with the calculated ones.

Nucleation simulation at the temperatures less than 1073 K is not satisfactory, unless the enhanced diffusivity is assumed. Results for amount of precipitated oxygen at two step experiment /13/ with nucleation step performed at 1023 K for 4h (second step is the same as in the first case) are shown in fig. 2. Obviously one can get a good fit assuming 1.5 times higher oxygen diffusivity when the calculated results lie within the statistical limits of the experiment. From some papers (eg. /14/ it follows that at the low temperatures oxygen diffuse in molecular form, so the Mikkelsen data /9/ are too low. Otherwise oxygen precipitates at low temperatures in platelike form, while we supposed the simple spherical form.

The depth of the denuded zone in simulations is set to be where the concentration of precipitated oxygen is 0.25×10^{17} at/cm³, that guarantees the best correspon-

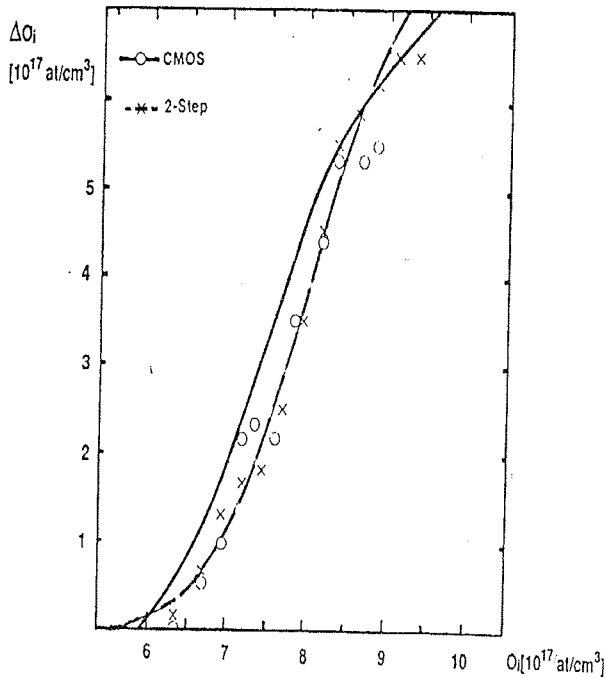


Figure 1: The average amount of precipitated O_p vs. initial oxygen concentration O_i @ for the two step (x) and CMOS (o) simulation. Solid lines are calculated.

dence of the results of other simulations [6] and experiments. Comparison with the results of three step experiment [6] (1373 K + @1023 K + 1273 K for different times) is shown in fig. 3, while an example of calculated oxygen profile is shown in fig. 4.

4. SIMULATION OF ISKRA - ME'S PROCESS

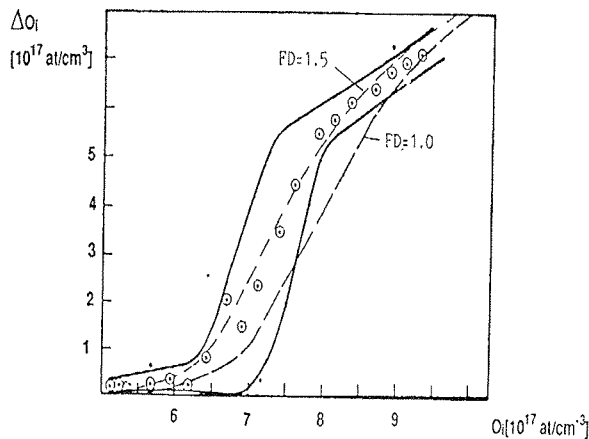


Figure 2: The average amount of precipitated O_p vs. initial oxygen concentration O_i @ for the two step experiment. Dotted lines are calculated, while the solid ones represent statistical limits.

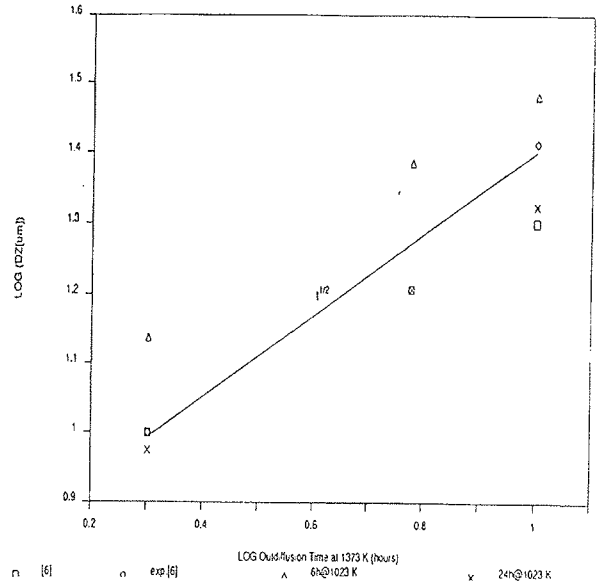


Figure 3: DZ width depending on outdiffusion time for the three step test. (1373 K + 1023 K + 8 h @1273 K, $O_i = 8 \times 10^{17}$ at/cm³).

Typical ISKRA-ME'S process is run on 100 mm CZ silicon wafers with interstitial oxygen concentration $O_i = (6-8) \times 10^{17}$ at/cm³, which sometimes ($O_i < 7 \times 10^{17}$ at/cm³) shows a lack of intrinsic getterin during the first steps, which results in high density of OSF, and consequently soft p-n junctions. Due to the shortage of wafers with wide oxygen interval we were forced to perform simulations using described program.

Experimental results (IR measurement of O_i , etched cleavage planes for depth of DZ and calculations are shown in fig. 5 and 6. In fig. 5 which represents the concentration of O_i during process steps up to gate oxydation one can see quite good correlation between experiment and calculation for wafers with medium concentration. One can also see, that for low oxygen concentration there is almost no visible precipitation (only outdiffusion) what results in lack of IG. For high oxygen

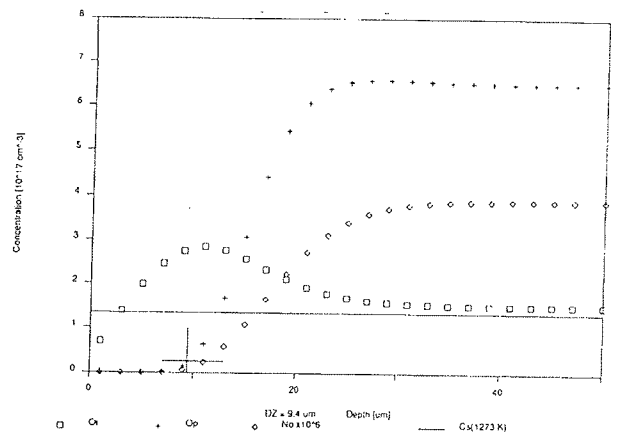


Figure 4: Calculated profiles of interstitial (O_i) precipitated (O_p) oxygen and of precipitate density N_o for the three step test. (2h @ 1373 K + 24 h @1023 K + 8 h @ 1273 K, $O_i = 8 \times 10^{17}$ at/cm³).

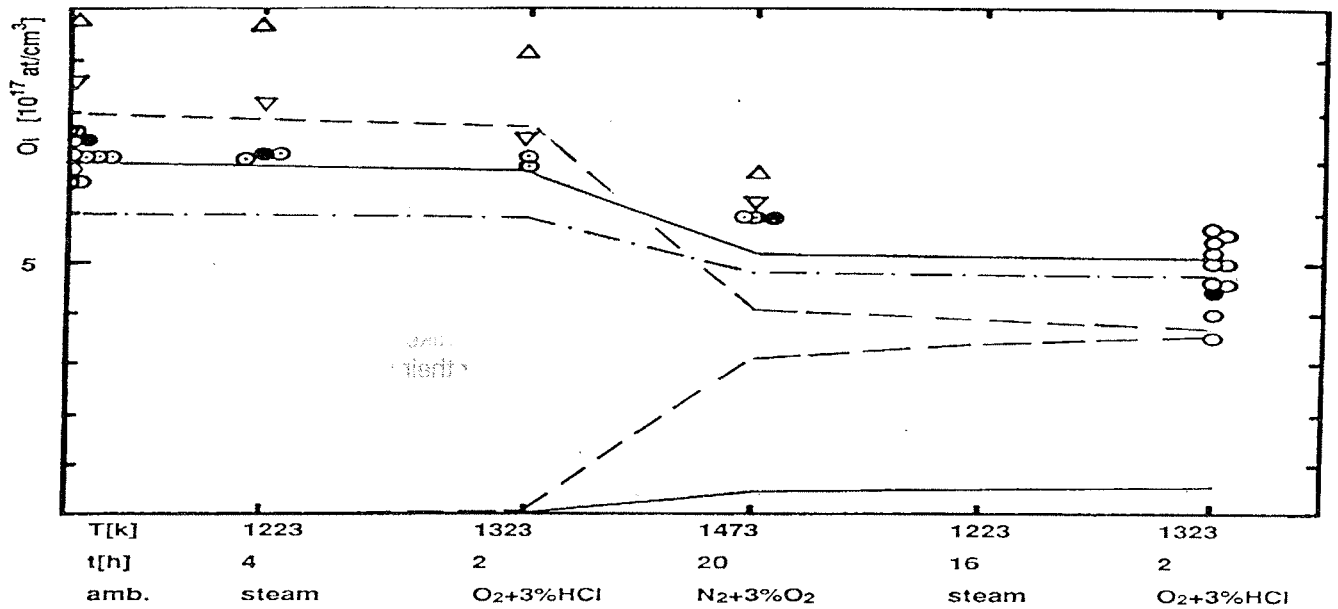


Figure 5: Measured and calculated interstitial and precipitated oxygen concentration during ISKRA-ME's CMOS process.

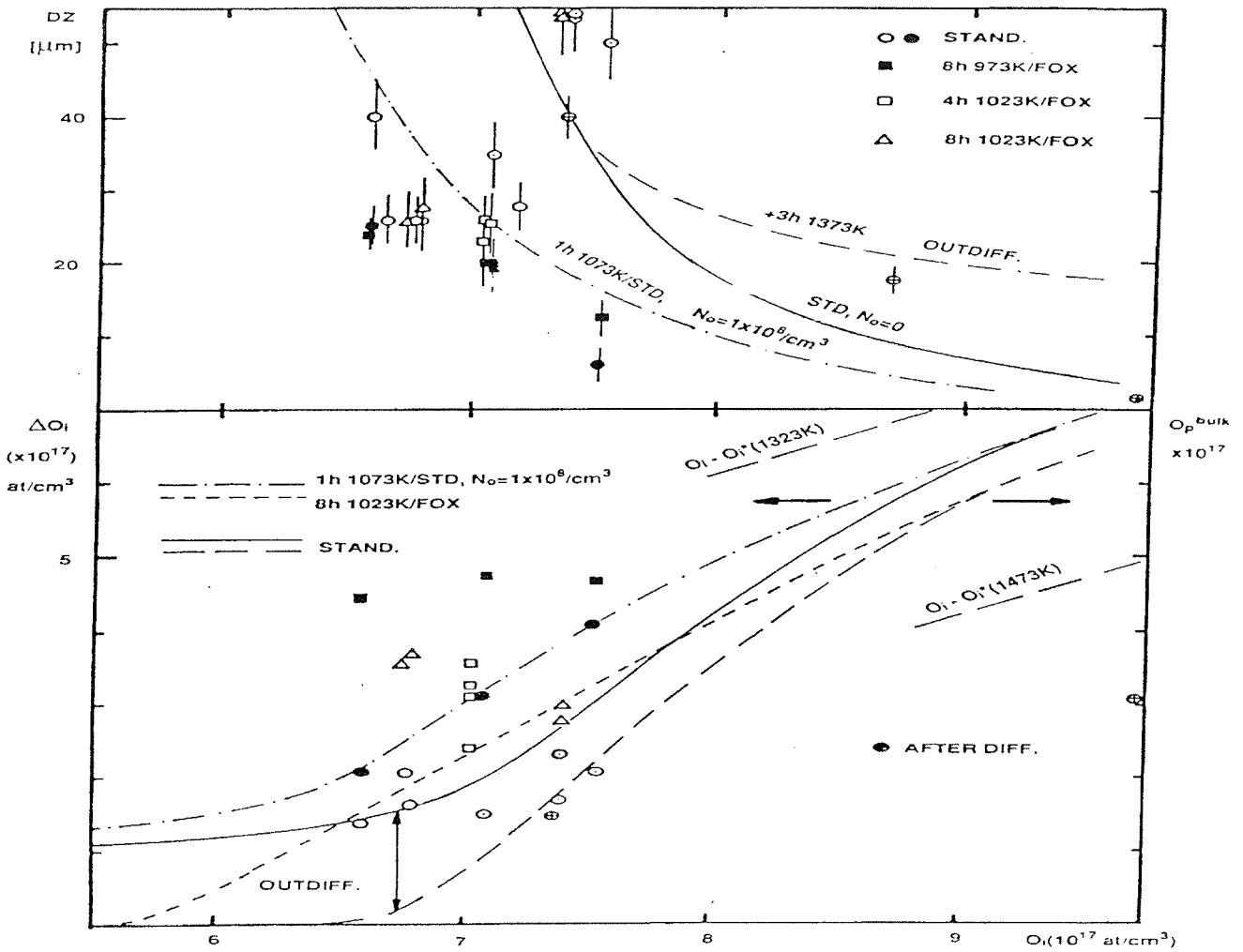


Figure 6: Final experimental and calculated results for ISKRA-ME's CMOS process.
 a) DZ width vs. initial interstitial oxygen (O_i) concentration.
 b) Change of the interstitial oxygen O_i and precipitated oxygen (O_p) concentration vs. initial concentration.

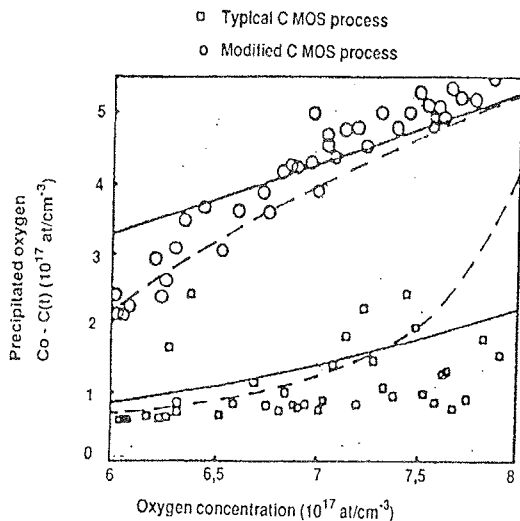


Figure 7: Precipitation of oxygen in CMOS process /5/. Our calculations are represented by dotted lines. Modified process was treated for 4h at 973 K before processing.

concentration one can see that the main change in O_i is during diffusion step. But most probably the amount of precipitated oxygen is overestimated at 1473 K.

The depth of DZ and change in O_i concentration after the last step is shown in fig. 6. for the standard and modified process (an extra nucleation after diffusion step). It is clear that the calculated results for precipitation are somewhat overestimated, most probably at the diffusion step, meaning that the R_c at 1473 K is higher than our assumption which is more realistic because the density of precipitates is lower than calculated one at diffusion step for very high oxygen content, or that the solubility at this temperature is higher than Craven's data /10/. With black dots are also shown the results for the fast precipitated material presented by black dots in Fig.6, which could be simulated assuming one hour nucleation step at 1073 K before the first process step. On the other side the outdiffusion step, before processing, increases DZ depth, what can be important for material with very high oxygen content.

On the same way we simulated same other in and out of house processes. Our calculations were always within experimental statistical limits for the final oxygen concentration for the certain process. An example for experimental data in /5/ is shown in fig. 7.

5. CONCLUSION

A quite simple program for IBM PC which simulates outdiffusion, precipitation, and nucleation of interstitial oxygen in CZ silicon was written. Regardless of the crude

assumption for the critical radius and limitation to spherical geometry the results are realistic. Dissolution of precipitates and diffusion of self interstitials from the surface should be incorporated in future, as well as implementation of the formulas for growth of platelike precipitates during low temperature nucleation steps.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank dr. D. Huber and C. Weigel from Wacker for their program for outdiffusion and constant rate precipitation, which was the starting point of his work. He also wishes to thank B. Aleksandrov for the IR measurements and D. Žurman for programming. The author wishes to express his gratitude to dr. R. Ročak for the support and encouragement in work.

7. LITERATURE

1. S.M. Hu, J. Appl. Phys., 51, 5945 (1980)
2. L. Jasztrebski, R. Soydsan, B. Goldsmith, and J.T. McGinn, J. Electrochem. Soc., 131, 2945 (1984)
3. F.S. Ham, J. Phys. Chem. Solids, 6, 335 (1958)
4. J. Osaka, N. Inoue, K. Wada, Appl. Phys. Lett., 36(4), 288 (1980)
5. M. Pagani, W. Huber, Proceedings ESSDERC 87, 339 Bologna, Italy 1987
6. C. Weigel, J. Reffle, D. Huber, Seminar Dataa for Wackers Tutorial Program, Ed. by D. Huber, Burghausen, BRD, p B 20, 1986
7. C. Claeys, J. Vanhellefont, Proceedings GADEST 87, 3 Garzau, DDR, 1987
8. M. Maček, Proceedings of 16th Yugoslav conference on Microelectronics, MIEL-88, Zagreb, May 1988
9. J.C. Mikkelsen, Appl. Phys. Lett., 40, 336 (1982)
10. R.A. Craven, Semiconductor Silicon 1981, ed. by H.R. Huff, R.J. Kriegler, Y. Takeishi (Electroch. Society Pennington, N.J., 1981), p. 254
11. K. Yasutake, M. Umeno, H. Kawabe, phys. stat. sol., (a) 83, p 207, (1984)
12. H.D. Chou, Solid State Technology, 30(3), 77 (1987)
13. R. Swaroop, N. Kim, W. Lin, M. Bullis, L. Shive, A. Rice, E. Castel, M. Christ, Solid State Technology, 30(3), 85 (1987)
14. U. Goesel, D.Y. Tan, Appl. Phys., A 28, 79 (1982)

mag. Marijan Maček, dipl.ing.
Iskra Mikroelektronika,
Stegne 15 d, Ljubljana

Prispelo: 09.09.1988

Sprejeto 4. 02. 1989

SILICIJUMSKI PIEZOOTPORNI SENZOR PRITISKA SA DIJAFRAGMOM

Jovan Matović, Zoran Djurić, Nevenka Simičić, Dragan Tanasković,
Milan Matić, Miloljub Smiljanić, Radomir Petrović

KLJUČNE REČI: senzori pritiska, senzori sa dijafragmom, silicijumski senzori, piezootpornost, napon dijafragme, planarna tehnologija, anizotropno nagrivanje, električne performanse

SADRŽAJ: Za svoju funkciju, poluprovodnički piezootporni senzor pritiska sa dijafragmom koristi poznatu pojavu promene otpornosti poluprovodnika, kada se ovaj podvrgne mehaničkom naponu. Specifičnosti senzora ovog tipa (njegove visoke performanse i minijaturnost) proističu iz činjenice, da se za njegovu izradu koriste tehnologije intergriranih kola i hemijsko "mikromašinstvo". Na taj način se kvalitet i pouzdanost senzora dovodi na nivo standardnih integriranih kola. U radu su dati osnovni parametri senzora pritiska sa dijafragmom, kao i elementi filozofije projektovanja i tehnologije izrade ovih senzora.

SILICON PIEZORESISTIVE DIAPHRAGM PRESSURE SENSOR

KEY WORDS: pressure sensors, diaphragm sensors, silicon sensors, piezoresistance, stress diaphragm, planar technology, anisotropic etching, electrical performances

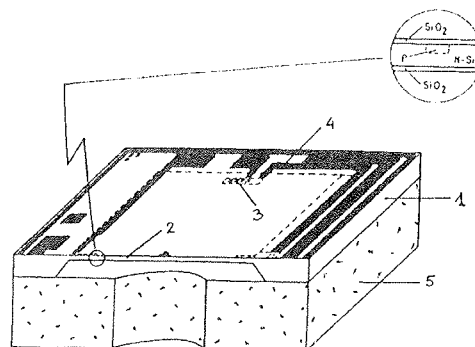
ABSTRACT: Semiconductor piezoresistive diaphragm pressure sensor utilizes well known effect of change of semiconductor resistance caused by mechanical stress. Unique features of this type of sensor (its high performances and miniature dimensions) are the result of the fact that the integrated circuits technologies and chemical "micromachining" are used for their manufacturing. Thus the sensor quality and reliability are upgraded to the level of standard integrated circuits. In this work basic parameters of diaphragm pressure sensors are given, as well as the elements of philosophy of design and manufacture technology of these sensors.

UVOD

Piezorezistivni efekat u silicijumu otkriven je 1954 g. (C.S.Smit) /1/ i prvo je korišćen kod poluprovodničkih mernih traka. Prvi senzor pritiska sa silicijumskom dijafragmom opisan je 1962. (O.N.Tufte sa sar.) /2/. Savremeni senzori, rađeni u planarnoj tehnologiji, minijaturnih dimenzija i visokih karakteristika pojavljuju se od 70-tih godina. U osamdesetim godinama proizvodnja se meri milionima komada, sa porastom od 20-30 % godišnje. Vodeći proizvođači su Delco, Motorola, Selsyn koji pokrivaju 60 % tržišta. Pored njih, više manjih firmi ravnopravno opstaju na tržištu sa programom specijalizovanih senzora za vazduhoplovnu i kosmičku tehnologiju, mernu opremu i sl. Danas su razvijeni senzori za merenje apsolutnog, relativnog i diferencijalnog pritiska u opsegu od 1 kPa do 100 MPa.

I pored velikih serija, senzori pritiska su za sada relativno skupe komponente. Ovo je posledica složene tehnologije montaže samog senzorskog čipa na kućište i neophodna individualna karakterizacija senzora prema temperaturnim promenama. Izuzetak su senzori koji se koriste u automobilske industriji (za podešavanje smeše) i u medicinskom inženjerstvu.

Sl.1 prikazuje osnovnu konstrukciju silicijumskog senzora pritiska. Sastoji se od senzorskog čipa 1. sa dijafragmom 2, na kojoj su postavljeni piezootpornici 3. vezani metalizacijom 4. u Wheatston-ov most. Senzorski čip je kruto povezan sa podložnom pločicom 5. koja ima ulogu da izoluje čip od temperaturnih uticaja kućišta i spreči vitoperenje tanke dijafragme pod dejstvom pritiska fluida. Kod senzora apsolutnog pritiska podložna pločica formira referentnu komoru sa vakuumom.



Slika 1: osnovni izgled senzora

1. Dijafragma

Dijafragma ima ulogu da pretvori pritisak fluida koji deluje na nju u mehanički napon i prenese ga na piezootpornike. Dijafragma se tako projektuje da obezbedi u najvećoj mogućoj meri linearnu zavisnost meh. napona od pritiska, uz istovremeno postizanje dovoljnog nivoa mehaničkih napona. Kako su ovo protivurečni uslovi, konačno rešenje predstavlja kompromis nelinearnosti napona i njihovog intenziteta.

Anizotropna svojstva silicijuma

Za razliku od uobičajenih materijala, kao što su metali, stakla i sl. veza napona i deformacije u anizotropnom materijalu (Hukov zakon u opštem obliku) kod anizotropnih materijala je tenzor i može se napisati u obliku:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{km} \quad (1)$$

gde su σ i ε tenzori napona i deformacije. C_{ijkl} su koeficijenti elastičnosti i u opštem slučaju njihov broj je $3^4 = 81$. Iz uslova $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ broj ovih koeficijenata svodi se na 36. Kod kristala sa kubnom kristalnom rešetkom, dijamantskog tipa, kakva je rešetka Si, broj nezavisno promenivih koeficijenata svodi se na 3. U ovom slučaju jednačina (1) se može napisati u matricnom obliku:

σ_x		C_{11}	C_{12}	C_{12}	0	0	0	ε_x
σ_y		C_{12}	C_{11}	C_{12}	0	0	0	ε_{xy}
σ_z		C_{12}	C_{12}	C_{11}	0	0	0	ε_z
τ_{xy}	$=$	0	0	0	C_{44}	0	0	γ_{xy}
τ_{zx}		0	0	0	0	C_{44}	0	γ_{zx}
τ_{yy}		0	0	0	0	0	C_{44}	γ_{xy}

(2)

Čime je određena veza napona i deformacije u monokristalnom Si.

Prilikom proizvodnje monokristali Si se izvlači i seče duž kristalnih ravni sa orijentacijom /111/, /110/ i /100/. Sve ove tri ravni ravnopravno se koriste za proizvodnju senzora pritiska. Kao mehanički materijal Si se u ravni /111/ ponaša kao izotropni, u ravni /100/ kao ortotropni i u ravni /110/ kao anizotropni materijal.

Naponi u dijafragmi

U suštini dijafragma predstavlja, prema teoriji elastičnosti, ploču, koja je kruto uklještena po obodu i izložena

ravnomerno raspedeljenom pritisku po površini. Osnovne pretpostavke za proračun su /5/:

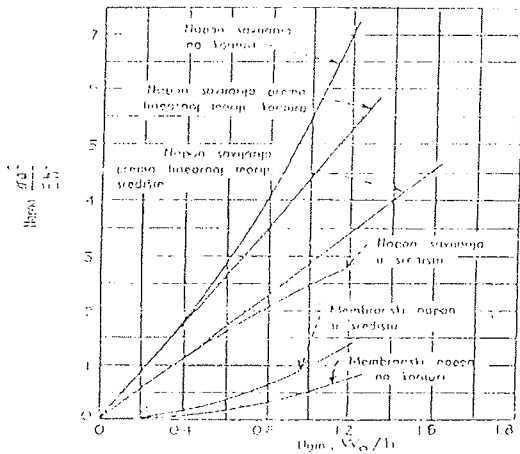
- * ploča je idealno elastična
- * u srednjoj ravni ploče nema deformacija. Ta ravan ostaje neutralna pri savijanju i naziva se neutralna ravan.
- * tačke ploče, koje su prvobitno bile normalne na tu srednju ravan ostaju normalne na srednju ravan svijene ploče

Uz ove pretpostavke, mogu se izraziti sve komponente napona preko ugiba ploče w , koji je funkcija dvaju koordinata u ravni ploče. Ova funkcija mora zadovoljiti izvesnu linearnu parcijalnu diferencijalnu jednačinu, koja uz granične uslove određuje w i raspodelu napona u ploči. Razmotrimo granice važnosti osvojenih pretpostavki:

- * monokristalni Si od koga je dijafragma sačinjena je mehanički idealno elastičan materijal. Kada se pri opterećenju prekorači granična čvrstoća, silicijum puca bez primetne plastične deformacije. Prema tome, prva pretpostavka umnogome odgovara stvarnom stanju.
- * evidentno je da se pod dejstvom pritiska dijafragma ugiba, tzv. balon efekat. Spoljašnje opterećenje od pritiska uravnotežuju ne samo momenti savijanja već i naponi istezanja u neutralnoj ravni (membranski naponi). Može se pokazati /4/ da su momenti savijanja grubo proporcionalni $p^*(a/h)^2$ i membranski naponi sa $p^{2*}(a/h)^6$, p je pritisak, a/h odnos prečnika dijafragme prema debljini. Ugib u centru dijafragme proporcionalan je sa $p^*(a^4/h^3)$. Znak napona momenata savijanja zavisi od smera pritiska fluida, dok su membranski naponi uvek pozitivni (izduženje). Rezultantni naponi u dijafragmi jednaki su zbiru napona od momenata savijanja i membranskih napona i stoga nisu isti kada pritisak deluje sa gornje ili donje strane dijafragme. Gornje zavisnosti strogo određuju nelinearne zavisnosti napona dijafragme, kao i gornju granicu ocnosa a/h , bez obzira na njen oblik ili materijal. Pretpostavka o neutralnoj ravni uslovno važi samo za ugibe manje od 0.2 debljine dijafragme. Pri tome dobija se nelinearnost napona od 0.1 - 0.2 %. Signal koji se može dobiti iz senzora uz uslov da je ugib dijafragme manji od 0.2 h proporcionalan je $\sqrt{p_{max}}$. Stoga za $a/h > 75$, kome po teoriji malih ugiba odgovara merni opseg $p_{max} = 10 - 20$ kPa, dijafragma prelazi u membranu (sl 2) /4/ i nelinearnost naglo raste.

Primer: izlazni napon preciznih senzora proizvodnje Druck /15/ u zavisnosti od opsega i za nelinearnost manju od 0.06 %.

Za prevazilaženje ovog ograničenja, kod novijih konstrukcija senzora namenjenih merenju niskih pritisaka, redukcija membranskih napona postiže se primenom "profilisane" cirkularne ili pravougaone dijafragme (SP -6, slika u prilogu) kod kojih su membranski naponi manji za red veličine /6/.



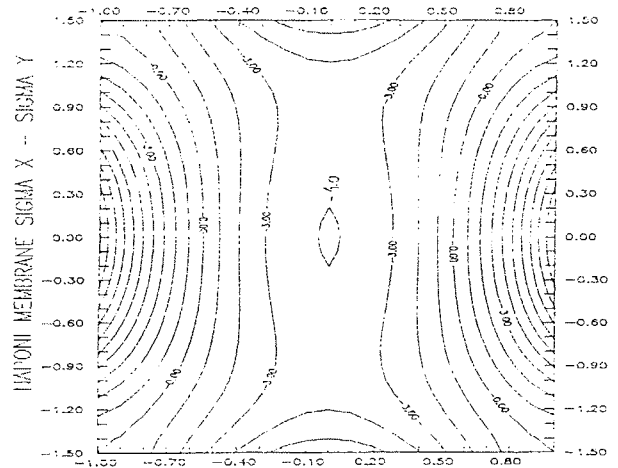
Slika 2: nelinearnost napona dijafragme u funkciji ugiba w

opseg (mBar)	izlazni napon (mV)
75	17
175	25
350	50
1000	75

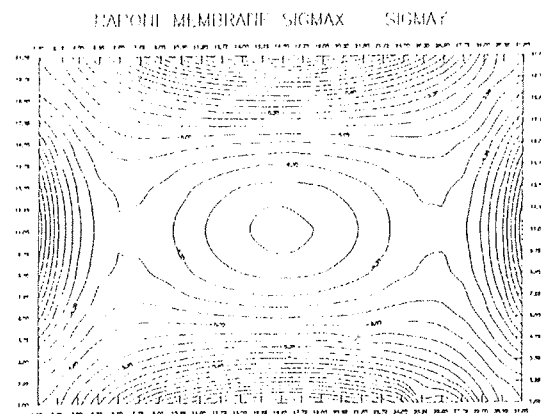
* predpostavka o kruto uključenoj dijafragmi predstavlja aproksimaciju stvarnog stanja. Naponi sa dijafragme se prenose na oslonac, posebno kod senzora za pritiske preko 10 MPa, kod kojih je debljina dijafragme približna debljini oslonca.

Sledi, da je pri definisanju graničnih uslova učinjeno nekoliko idealizacija, posebno kod dijafragmi za niske i visoke pritiske. Izrazi za izračunavanje raspodele napona izvedeni na osnovu gornjih predpostavki daju samo približna rešenja /5/. Za tačnije određivanje naponskog stanja, koje uzima u obzir konačnu krutost oslonca i pojavu membranskih napona koristi se metoda konačnih elemenata (MKE metoda).

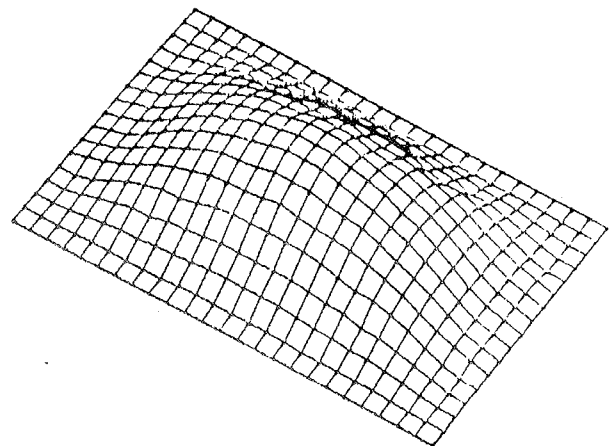
Kao primer na sl.3 prikazana je raspodela napona u pravougaonoj dijafragmi senzora SP - 5 izračunata analitički, a na sl. 4 MKE metodom. Na oba dijaograma linija nultog napona prolazi kroz približno iste koordinate, dok neposredno uz oslonce dijafragme MKE metode daje za 40 % veće napone. Eksperimentalna provera raspodele napona prema sl. 3 i 4 ugradnjom piezootpornika pokazuje da se rezultati MKE metode bolje slažu sa stvarnim stanjem. Na sl. 5 prikazan je ugib te dijafragme (dimenzije 1500 x 2400 μm, debljina 24 μm, p = 35 kPa, max.ugib 7 μm).



Slika 3: raspodela napona $\sigma_x - \sigma_y$ prema analitičkom rešenju dijafragma senzora SP - 5



Slika 4: raspodela napona $\sigma_x - \sigma_y$ izračunata MKE metodom dijafragma senzora SP - 5



Slika 5: ugib dijafragme SP - 5 prema MKE metodi

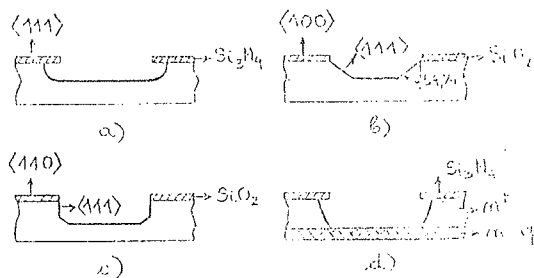
Tehnologija izrade dijafragme

Dijafragma se formira procesom selektivnog nagrizanja silicijuma. Pri uobičajenim mokrim postupcima koriste se brojna sredstva za nagrizanje Si. Ona mogu biti izotropna i anizotropna, zavisna ili nezavisna od koncentracije primesa, manje ili više selektivna u odnosu na materijal za maskiranje.

Izotropna sredstva nagrizaju Si jednakom brzinom u svim kristalografskim pravcima: $R(111) = R(110) = R(100)$, dok za anizotropna važi sledeći odnos: $R(100) \approx R(110) \gg R(111)$. U donjoj tabeli dati su najčešće korišćeni sistemi za hemijsko nagrizanje silicijuma:

sredstvo za nagrizanje	tipičan sastav	karakteristike	brzina nagrizanja	maska
(111) Si izotropno	HF HNO ₃ CH ₃ COOH	$R(100) = R(110) = R(111)$	1-7 μm/min na 22°	Si ₃ N ₄
(100) Si anizotropno	KOH n-propanol voda	$R(100) \sim 100$ $R(111)$	1 μm/min na 80°C	SiO ₂
(100) Si anizotropno	etilamin pirokatehol voda	$R(100) \sim 35$ $R(111)$	1.1 μm/min na 100°C	SiO ₂
(110) Si anizotropno	KOH voda	$R(110) \sim 600$ $R(111)$	8 μm/min na 80°C	Si ₃ N ₄

Pored ovih rastvora koji nagrizaju Si hemijski, često se primenjuje metod elektrohemijskog nagrizanja epitaksijalnih pločica Si /7/. Tom prilikom se Si anodno rastvara različitim brzinama, u zavisnosti od tipa i koncentracije primesa. Brzina anodnog rastvaranja Si supstrata sa velikom koncentracijom primesa (u elektrolitu HF/H₂O) je 10-20 puta veća nego kod epilojeva sa manjom koncentracijom primesa. Moguće su sve konfiguracije primesa (p⁺/p⁻ epi, n⁺/n⁻ epi, p⁺/n⁻ epi i n⁺/p⁻ epi) /8/. Ovim metodom mogu se dobiti veoma tanke i ravne dijafragme određene kvalitetom epi-sloja.



Slika 6: a) izotropno nagrizanje (111) Si, b) anizotropno nagrizanje (100) Si, c) anizotropno nagrizanje (110) Si i d) elektrohemijsko izotropno nagrizanje Si.

Na sl. (6) prikazana je geometrija dijafragmi dobijenih navedenim metodama:

Precizan mehanizam koji objašnjava prirodu anizotropnog nagrizanja još nije dovoljno razjašnjen. Osnovna karakteristika takvog ponašanja monokristala Si je da ravan (111) pri nagrizanju daleko sporije reaguje od svih ostalih kristalografskih ravni (odnos brzina nagrizanja po nekim autorima dostiže 1000 /8/. Jedan od razloga tome je broj atoma po cm² koji je u ravni (111) veći nego u ostalim /9/. Veća gustina atoma na površini objašnjava i pojavu pasivirajućeg dejstva priljubljenih molekula vode koji sprečavaju interakciju površine sa aktivnim molekulima rastvarača. Drugi razlog pojave anizotropije je razlika u gustinama veza među atomima na površini, tj. energijama potrebnim za uklanjanje atoma sa površine (koje su veće za ravan (111)). Navedene činjenice donekle rasvetljavaju uticaj orijentacije kristalografskih ravni Si na brzinu nagrizanja, ali potpuno objašnjenje prirode ove pojave možemo tek očekivati.

Imajući u vidu da proces nagrizanja u suštini predstavlja proces prenosa naelektrisanja /8/, prirodno je da brzine nagrizanja zavise od tipa i koncentracije primesa. Može se pretpostaviti da su kod Si bogatog primesama brzine nagrizanja veće nego kod slabo dopiranog Si, zbog većeg broja pokretnih nosilaca. Ovo je dokazano za sistem HF/HNO₃/CH₃COOH (1/3/8). Za p i n Si koncentracije > 10¹⁸ cm⁻³, R_{Si} = 1-3 μm/min, a za koncentracije < 10¹⁷ cm⁻³ brzina opada do nule. Anizotropna sredstva pokazuju drugačije ponašanje pri nagrizanju. Brzina nagrizanja drastično opada u slojevima sa velikom koncentracijom bora (10²⁰ cm⁻³), što još uvek nije adekvatno objašnjeno.

2. Piezootpornici

Piezorezistivni efekat

Funkcionalna zavisnost promene električne otpornosti poluprovodnika pod uticajem mehaničkih napona data je izrezom (2):

$$(\Delta p/p)_{ij} = \Pi_{ijkl} \sigma_{kl} \tag{3}$$

gde je $\Delta p/p$ relativna promena otpornosti, Π_{ijkl} tenzor piezorezistivnog koeficijenta i σ_{kl} tenzor napona. Analogno konstanti elastičnosti c, piezokoeficijent koji u opštem slučaju ima 81 nezavisnu promenljivu svodi se, za specijalni slučaj kubne kristalne rešetke, na tri nezavisne promenjive Π_{11}, Π_{12} i Π_{44} koje se nazivaju glavnim piezootpornim koeficijentima. Relativna promena piezootpornika jednaka je tada:

$$\Delta R/R = \Pi_{11} \sigma_{11} + \Pi_{12} \sigma_{22} + \Pi_{44} \sigma_{33} \tag{4}$$

Π_{11} označava longitudinalni piezokoeficijent, kod koga je tok struje kroz poluprovodnik paralelan sa pravcem mehaničkih napona i Π_{12} transferzalni piezokoeficijent,

kod koga je tok struje normalan na pravac mehaničkog napona.

Može se pokazati /10/ da u ravni /100/ silicijuma piezokoefficienti iznose:

$$\begin{aligned} \pi_{11}' &= \pi_{11} - (\pi_{A/4}) (1 - \cos 4\varphi), \\ \pi_{12}' &= \pi_{12} - (\pi_{A/4}) (1 + \cos 4\varphi), \\ \pi_{s'} &= -(\pi_{A/2}) \sin 4\varphi, \end{aligned} \quad (5)$$

φ je ugao koordinatnog sistema u odnosu na pravce osa kristalografskih ravni, $\Pi_A = \Pi_{11} - \Pi_{12} - \Pi_{44}$.

U ravni /110/ piezokoefficienti su:

$$\begin{aligned} \pi_{11}' &= \pi_{11} - (\pi_{A/16})(7 - 4 \cos 2\varphi - 3 \cos 4\varphi), \\ \pi_{12}' &= \pi_{12} - (3\pi_{A/16})(1 - \cos 4\varphi), \\ \pi_{s'} &= -(\pi_{A/8})(2 \sin 2\varphi + 3 \sin 4\varphi), \end{aligned} \quad (6)$$

u ravni /111/,

$$\begin{aligned} \Pi_{e'} &= \pi_{11} - \pi_{A/2}, \\ \pi_{t'} &= \pi_{12} - \pi_{A/6}, \\ \pi_{s'} &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Jednačine (5), (6) i (7), uz poznavanje raspodele mehaničkog napona daju niz mogućih položaja piezootpornika na dijafragmi. Samo u ravni /111/, zbog izotropije mehaničkog napona i piezokoefficienta, položaj piezootpornika mora biti istovetan sa klasičnim senzorima sa mernim trakama (par otpornika po obodu dijafragme i par na sredini).

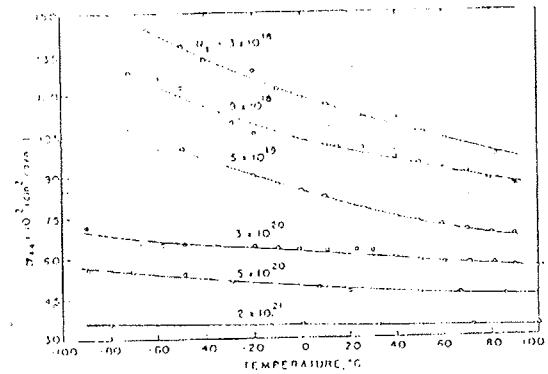
Pokazalo se /11/ da su piezootpornici na p-tipu Si pogodniji za primenu od n-tipa i da se gotovo isključivo koriste. Kod p otpornika dominantan je Π_{44} , dok su vrednosti Π_{11} i Π_{12} manje za dva reda veličine. U daljem tekstu pod piezokoefficientom podrazumeva se Π_{44} . Jednačina (4) prelazi u:

$$\Delta R/R = \Pi_{44} (\sigma_{11} - \sigma_{t})/2 \quad (8)$$

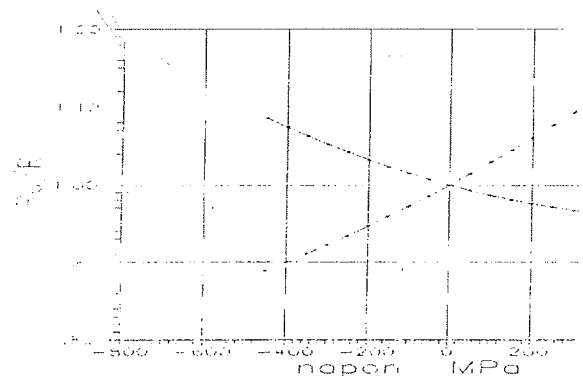
Izraz (8) u stvari predstavlja prilično grubu aproksimaciju. Prvo, uzeti su u obzir samo lateralni meh. naponi. Drugo, vrednost piezokoefficienta Π nije konstantna, već zavisi od koncentracije primesa, temperature i mehaničkih napona. Ove zavisnosti prikazane su na sl. (7) i (8) i određene su eksperimentalno /11/, /12/. Do sada nije razvijena opšta teorija piezoeffekta.

Piezootpornici

Za izradu piezootpornika koristi se tehnologija difuzije ili jonske implantacije. Ovo je kritična operacija za kvalitet



Slika 7: zavisnost piezokoefficienta od koncentracije primesa i temperature.



Slika 8: zavisnost piezoeffekta od mehaničkih napona

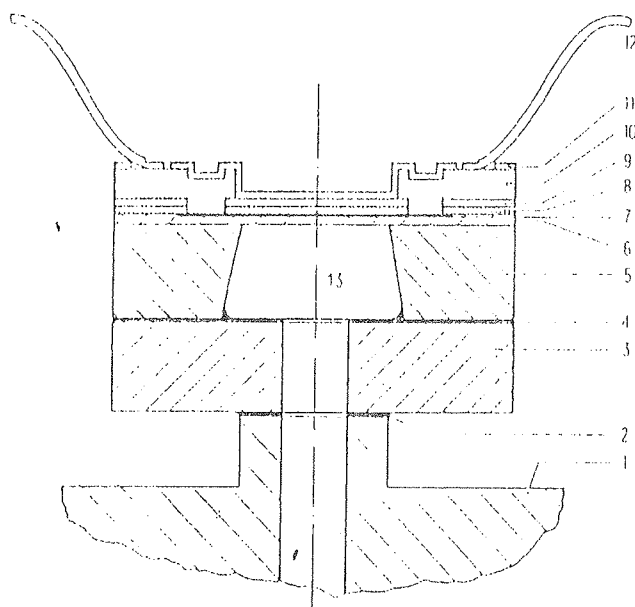
senzora. Istovremeno se mora obezbediti željena raspodela koncentracija primesa po dubini piezootpornika i njihova uparenost u Wheatstone-ovom mostu bolje od 0.2 %. Polazi se od Si pločice, pogodne orijentacije. Obe površine, donja i gornja, rigorozno su polirane, sa neravninama manjim od 0.01 μ m. Tehnološke operacije su:

- * termička oksidacija Si
- * otvaranje prozora za duboku difuziju za kontakte
- * difuzija ili implantacija primesa
- * otvaranje prozora za piezootpornike
- * difuzija ili implantacija bora (p-dopant) za piezootpornike
- * zaštita piezootpornika slojem SiO₂ i Si₃N₄ od spoljnih uticaja
- * otvaranje prozora za kontakte
- * nanošenje provodnika od AlSi legure ili Cr+Au

Umesto Wheatston-ovog mosta sa 4 diskretna otpornika, može se načiniti i most sa raspodeljenim parametrima /13/, po konfiguraciji analogan sa Holovom napravom. Ovaj tip mosta pod nazivom X-ducer usvojila je Motorola.

3. Konstrukcija senzora

Peleti sa formiranom dijafragmom spajaju se sa podložnom pločom od Si ili specijalnog Pyrex stakla. Si-Si spoj, koji mora biti hermetički, radi se lemljenjem legurom AuSn ili eutektičkim legiranjem sa Al na temperaturi od 450°C. Sa Pyrex staklom Si se spaja elektrostatičkim zavarivanjem, na povišenoj temperaturi i pod visokim naponom. Ovaj sklop montira se na različite načine, zavisno od primene: u plastično ili metalno kućište, hibrid zajedno sa pojačavačem ili kateter. Presek tipične konstrukcije prikazan je na sl. (9) /14/.



Slika 9: presek senzora 1 metalno kućište, 2 AuSn lem, 3 podnožna ploča, 4 spoj, 5 Si supstrat, 6 dijafragma, 7 otpornici, 8 SiO₂, 9 Si₃N₄, 10 metalizacija, 11 CVD nitrid, 12 Au žica, 13 referentna komora

4. Performanse senzora

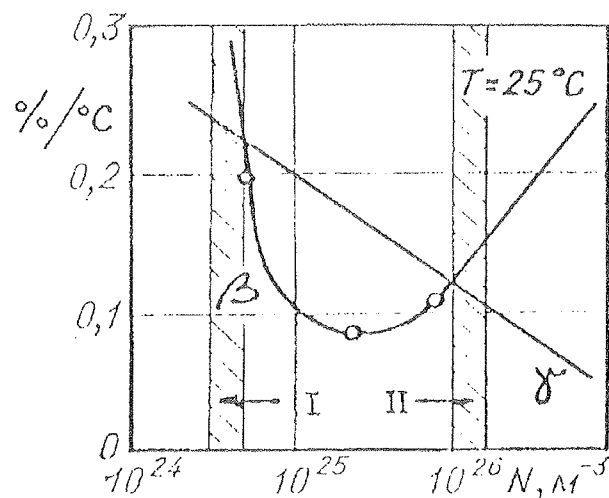
Osobine senzora: iz ranijeg izlaganja sledi, da su karakteristike senzora, (osetljivost, linearnost, temperaturske promene), međusobno usko zavisne. Pri projektovanju senzora i izboru tehnoloških parametara za njegovu izradu potrebno je optimalno uskladiti niz protivurečnih zahteva u zavisnosti od namene.

Osetljivost i izlazni napon: osetljivost senzora ograničena je maksimalnim meh. naponima u dijafragmi i vrednošću piezokoeficijenta. Silicijum, kao monokristalni, bezdislokacioni materijal, može se opteretiti do izduženja od 0,05 %. Međutim, kod vitkih dijafragmi nelinearni membranski naponi, pojavljuju se znatno pre maksimalnog dozvoljenog napona ograničavajući osetljivost /5/.

Sa sl. 7 vidi se da vrednost piezokoeficijenta logaritamski opada sa koncentracijom bora. Kako je temperaturski koeficijent otpornosti piezootpornika zavisno od koncentracije, ali po složenoj zavisnosti (sl. 10), nije moguć

proizvoljan izbor koncentracije primesa. Postoje dve uske oblasti koncentracije bora kod kojih se može postići temperaturska kompenzacija senzora, oblast I i II sl. (10). U oblasti I, Π_{44} iznosi $110 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$, a u oblasti II, $40 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$.

Piezootpornici izvedeni sa koncentracijom primesa prema oblasti I imaju osetljivost 2,5 puta veću nego otpornici u oblasti II. Samim tim, moguće je dobiti isti izlazni napon senzora sa debljom, linearnijom dijafragmom. Sa druge strane temperaturska promena piezokoeficijenta u oblasti II je mala i gotovo linearna, pa je temperaturska greška ovakvog senzora manja. U praksi se ravnopravno koriste obe oblasti. Institut se opredelio za oblast II, koju koristi firma Kullite. Izlazni napon proporcionalan je naponu na otpornicima mosta i njegovoj osetljivosti. Maksimalni napon napajanja mosta ograničen je dozvoljenom disipacijom otpornika i reda je 5 - 10 V. Za izabrane vrednosti otpornosti mosta od 2 k Ω izlazni napon treba da bude 50 - 80 mV, zavisno od opsega.



Slika 10: Zavisnost temperaturskog koeficijenta piezokoeficijenta Π_{44} , γ i temperaturskog koeficijenta otpornika β od koncentracije primesa

Temperaturska promena osetljivosti: mehaničke osobine Si dijafragme mogu se smatrati stalnim u oblastima u kojima se senzori koriste. Opadanje izlaznog napona sa temperaturom je posledica negativnog temperaturskog koeficijenta piezokoeficijenta Π_{44} , γ , koji u oblasti I sl. (10) iznosi $\gamma = -0.22\% / ^\circ\text{C}$, a u oblasti II, $\gamma = -0.13\% / ^\circ\text{C}$. Svojstvo da je u oblastima I i II temperaturski koeficijent otpornika β nešto veći i suprotnog znaka od γ , koristi se za temperatursku kompenzaciju senzora. Kada se most napaja izvorom konstantne struje, ukoliko je $\beta = -\gamma$, opadanje osetljivosti piezokoeficijenta se kompenzuje porastom napona napajanja mosta, usled porasta omske otpornosti otpornika. Obično se parametri pri izradi otpornika biraju tako, da je $\beta > |\gamma|$. Fino doterivanje se izvodi dodavanjem temperaturski nezavisnog otpornika R_{par} koji zadovoljava relaciju:

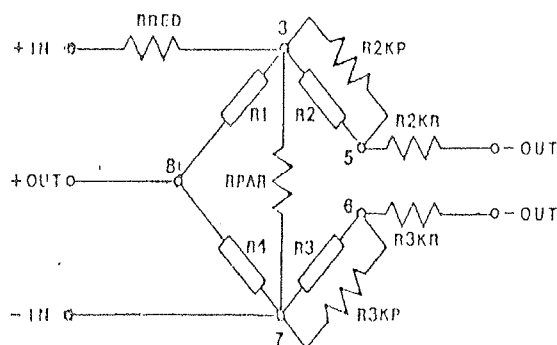
$$R_{par} = -\frac{\gamma}{\gamma + \beta} R_{mosta} \quad (9)$$

Sa ovakvim načinom kompenzacije senzori razvijeni u Institutu imaju temperatursku zavisnost osetljivosti manju od 0.005% PS/°C u opsegu -30 / +70°C.

Za kompenzaciju se koriste i druge metode: na čipu se izvode diode i tranzistori koji imaju negativni temperaturski koeficijent, ili se spolja dodaju NTC i PTC otpornici. Nedostatak ovih metoda je u tome, da dodatni elementi moraju imati temperaturu kao sam piezootpornik, koji je zbog disipacije uvek na višoj temperaturi od dijafragme.

Nelinearnosti: definiše se kao odstupanje stvarne karakteristike senzora od prave dobijene metodom najmanjih kvadrata i izražava se u % pune skale. Nelinearnosti mehaničkih napona sl. (7) i piezokoeeficijenta sl. (8) su suprotnog znaka i mogu se, pogodnim izborom tehnoloških parametara i geometrijskog rasporeda piezootpornika delimično poništiti. Preostala nelinearnost može biti +/- 0.04% /15/ pri opterećenju dijafragme sa strane piezootpornika, mada su uobičajene vrednosti 0,1% PS. Kada pritisak deluje sa donje strane dijafragme, nelinearnost je približno dvostruko veća. Izlazni napon ima parabolichnu zavisnost od pritiska i može se dobro aproksimirati polinomom drugog reda nelinearnim pojačivačima ili računaram.

Ofset: izlazni napon senzora obično nije nula pri nultom pritisku. Glavni uzrok tome su nesavršenosti tehnoloških procesa pri izradi otpornika. Greška u uparenosti od 1% izaziva ofset od 5 mV/V, bez obzira na osetljivost senzora. Rasporeda napona ofseta tokom izrade je slučajna. Druga, sistematska grupa uzroka pojave ofseta su unutrašnji naponi u dijafragmi prouzrokovani procesima nanošenja SiO₂ na visokoj temperaturi i naponi od podložne ploče i kućišta. Ovi naponi deluju u ravni dijafragme. Senzori na Si orijentacije (100), kod kojih su otpornici raspoređeni po ivici dijafragme manje su osetljivi na ove napone. Ofset prouzrokovan unutrašnjim naponima iznosi 0.5 - 1 mV/V.



Slika 11: šema kompenzacije senzora proizvodnje IMTM

Temperaturska promena ofseta: uzrok ove greške senzora pretežno su mehanički naponi u piezootpornicima izazvani razlikama u temperaturskim koeficijentima kućišta i senzorskog čipa i manjim delom uticajem zaštitnog sloja SiO₂. Uopšte, uzroci koji izazivaju ofset i njegovu temperatursku promenu su usko povezani i kompenzuju se na isti način. Wheatstone-ov most se radi otvoren sl. (11) i zatvara se kombinacijom rednih i paralelnih nepromenljivih otpornika. Posle montaže senzora snima se ofset i njegova promena sa temperaturom. Vrednosti dodatnih otpornika određuju se iz uslova da promena bude minimalna. Za senzor je potreban jedan par otpornika, redni i paralelni. Ovakvom kompenzacijom ofset se smanjuje na tip. 0.2 mV, a temperaturska promena 1 mV za opseg od 100°C.

Histerezis: zahvaljujući idealnim mehaničkim osobinama Si histerezis senzora je veoma mali. Dobrim rešenjem montaže čipa na kućište, ova greška se može svesti na zanemarivu vrednost.

Drift i dugovremenska stabilnost: zaštitni sloj SiO₂ preko otpornika sadrži pokretne jone (Na⁺), koji pod dejstvom električnog polja u otpornicima i na povišenoj temperaturi sporo migriraju, izazivajući modulaciju struje u njima. Izvesni uticaj imaju i joni koji naknadno dospevaju na površinu oksida. Pokrivanjem SiO₂ slojem nitrida debljine 0,1 μm uz obezbeđenje čistoće oksida ovaj efekat se znatno umanjuje. Tipična greška od drifta, koju proizvođači deklarišu, je 1% PS godišnje, mada su vrednosti u praksi znatno manje.

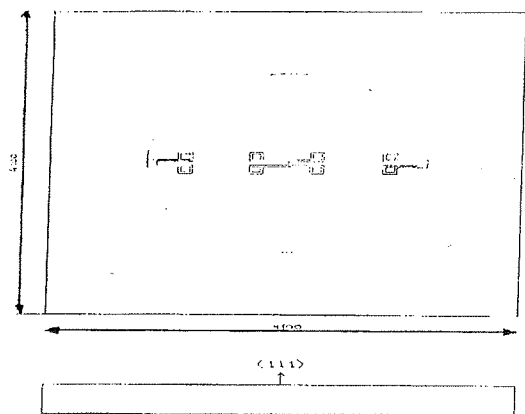
5. ZAKLJUČAK

Poluprovodnički silicijumski senzori pritiska prikazani u radu pripadaju drugoj generaciji i predstavljaju preciznu i široku upotrebljavanu komponentu. Trenutni trend razvoja su senzori treće generacije, koja podrazumeva integraciju senzora sa kolima za obradu signala na jednom čipu, tzv. smart senzors . Pored mogućnosti direktne komunikacije sa računarima, smart senzori poseduju mogućnost korekcije grešaka. Time bi se smanjio jaz koji danas postoji između usavršenih mikroprocesora sa pratećim sklopovima i senzora fizičkih veličina.

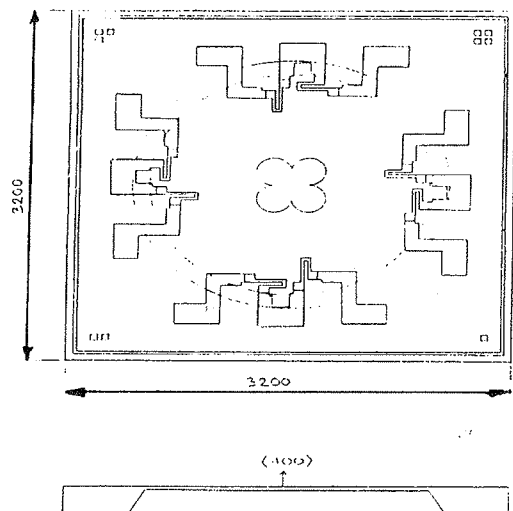
Zahvalnost: autori se zahvaljuju Mr. Milošu Motoku sa Mašinskog Fakulteta u Beogradu oko pomoći u radu sa MKE metodom.

PRILOG: SENZORI RAZVIJENI U IMTM

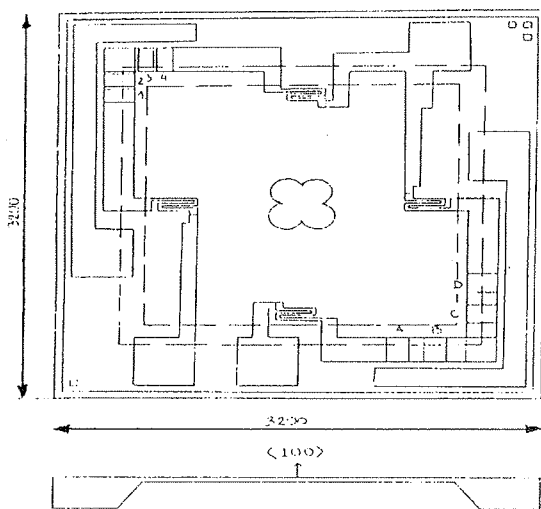
SP - 1, uraden 1983 na /111/ Si, ne proizvodi se



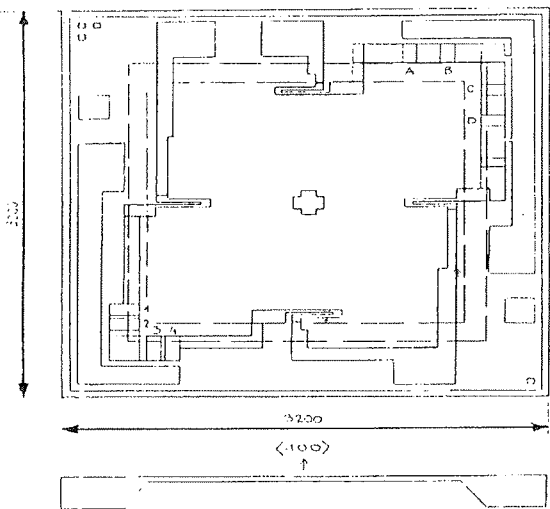
SP - 2, 1985, Si /100/, ne proizvodi se



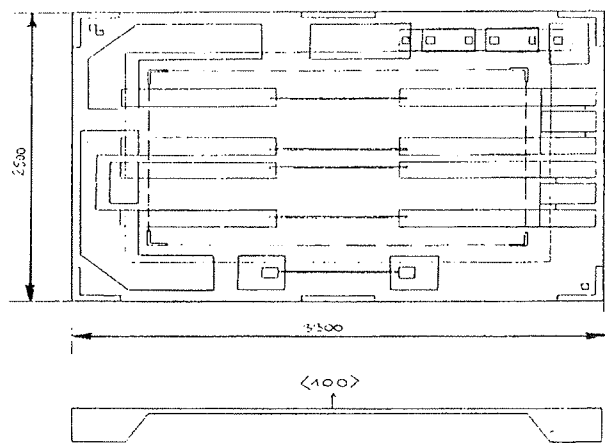
SP - 3, 1986, Si /100/, ne proizvodi se



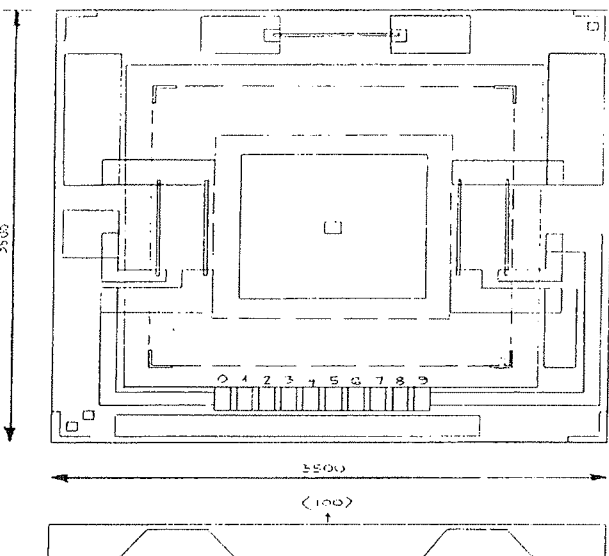
SP - 4, 1986, Si /100/, za pritiske od 0.3 do 20 bara proizvodi se u usavršenoj verziji SP-4 A



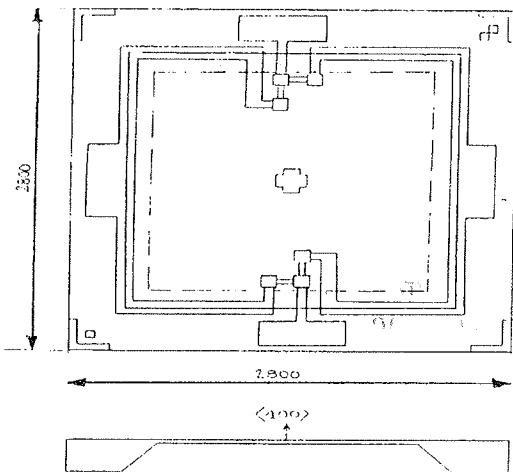
SP - 5, 1988, u ispitivanju



SP - 6, 1988, u razvoju, namenjen za tačno merenje u oblasti pritiska 50 - 500 mBara.



SP: 7, 1988, u ispitivanju i probnoj proizvodnji



- (6) M.Shimazoe et al., „A special silicon diaphragm pressure sensor with high output and high accuracy,, Sensors and Actuators, 2 (1982)
- (7) M.Esashi, H.Komatsu et al, Fabrication of cateter-tip and sidewall miniature pressure sensors ,IEEE Transaction on Electron Devices, vol ED-29, No.1, Jan. 1982
- (8) K.E. Petersen, Silicon as a Mechanical Material ,Proceedings of the IEEE, vol. 70, No.5, May 1982
- (9) E.D.Palik, et al, Ellipsometric study of orientation dependent etching of silicon in aqueous KOH ,J.Electrochem.Soc, April 1985
- (10) V.I Vaganov, Integralnie tenzopreobazovateli ,Energoatomizdat, 1983
- (11) O.N Tufte, Piezoresistive properties of silicon difused layers ,J. of App.Phys., vol 34, No.2, 1963
- (12) J.Matović, et al, Nelinearnosti piezorezistivnog efekta kod visokodopiranog silicijuma ,XI Simp. O fizici kondenzovane materije, 1988
- (13) R.Allan, X-shaped sensor simplifies transducer . Electronics. Sept. 25, 1980
- (14) K.Becker, et al, Silicon pressure sensors for the range 2 kPa to the 40 MPa , Simens components, XX, 1985
- (15) prospektni materijal Druck LTD.

LITERATURA:

- (1) C.S.Smit, Piezorezistance effect in germanium and silicon , Phys.Rev.vol.94, No 1, 2954
- (2) O.N.Tufte et al., „Silicon diffused-element piezoresistive diaphragms,,J.Appl.Phys.vol.33, No 11, 1962
- (3) S.P.Timoshenko, Theory of Elasticity 1951
- (4) M.Poppinger, Silicon diaphragm pressure sensors ,Solid State Devices, 1985
- (5) S.P.Timošenko et al, Teorija ploča i ljuski Građevinska knjiga. 1962

15.5.89
16.5.89
17.5.89
18.5.89
19.5.89
20.5.89
21.5.89
22.5.89
23.5.89
24.5.89
25.5.89
26.5.89
27.5.89
28.5.89
29.5.89
30.5.89
31.5.89
1.6.89
2.6.89
3.6.89
4.6.89
5.6.89
6.6.89
7.6.89
8.6.89
9.6.89
10.6.89
11.6.89
12.6.89
13.6.89
14.6.89
15.6.89
16.6.89
17.6.89
18.6.89
19.6.89
20.6.89
21.6.89
22.6.89
23.6.89
24.6.89
25.6.89
26.6.89
27.6.89
28.6.89
29.6.89
30.6.89
1.7.89
2.7.89
3.7.89
4.7.89
5.7.89
6.7.89
7.7.89
8.7.89
9.7.89
10.7.89
11.7.89
12.7.89
13.7.89
14.7.89
15.7.89
16.7.89
17.7.89
18.7.89
19.7.89
20.7.89
21.7.89
22.7.89
23.7.89
24.7.89
25.7.89
26.7.89
27.7.89
28.7.89
29.7.89
30.7.89
31.7.89
1.8.89
2.8.89
3.8.89
4.8.89
5.8.89
6.8.89
7.8.89
8.8.89
9.8.89
10.8.89
11.8.89
12.8.89
13.8.89
14.8.89
15.8.89
16.8.89
17.8.89
18.8.89
19.8.89
20.8.89
21.8.89
22.8.89
23.8.89
24.8.89
25.8.89
26.8.89
27.8.89
28.8.89
29.8.89
30.8.89
31.8.89
1.9.89
2.9.89
3.9.89
4.9.89
5.9.89
6.9.89
7.9.89
8.9.89
9.9.89
10.9.89
11.9.89
12.9.89
13.9.89
14.9.89
15.9.89
16.9.89
17.9.89
18.9.89
19.9.89
20.9.89
21.9.89
22.9.89
23.9.89
24.9.89
25.9.89
26.9.89
27.9.89
28.9.89
29.9.89
30.9.89
1.10.89
2.10.89
3.10.89
4.10.89
5.10.89
6.10.89
7.10.89
8.10.89
9.10.89
10.10.89
11.10.89
12.10.89
13.10.89
14.10.89
15.10.89
16.10.89
17.10.89
18.10.89
19.10.89
20.10.89
21.10.89
22.10.89
23.10.89
24.10.89
25.10.89
26.10.89
27.10.89
28.10.89
29.10.89
30.10.89
31.10.89
1.11.89
2.11.89
3.11.89
4.11.89
5.11.89
6.11.89
7.11.89
8.11.89
9.11.89
10.11.89
11.11.89
12.11.89
13.11.89
14.11.89
15.11.89
16.11.89
17.11.89
18.11.89
19.11.89
20.11.89
21.11.89
22.11.89
23.11.89
24.11.89
25.11.89
26.11.89
27.11.89
28.11.89
29.11.89
30.11.89
1.12.89
2.12.89
3.12.89
4.12.89
5.12.89
6.12.89
7.12.89
8.12.89
9.12.89
10.12.89
11.12.89
12.12.89
13.12.89
14.12.89
15.12.89
16.12.89
17.12.89
18.12.89
19.12.89
20.12.89
21.12.89
22.12.89
23.12.89
24.12.89
25.12.89
26.12.89
27.12.89
28.12.89
29.12.89
30.12.89
31.12.89

Jovan Matović, dipl.ing.
 Dr Zoran Djurić, dipl.ing.
 Nevenka Simičić, dipl.ing.
 Dragan Tanasković, dipl.ing.
 Dr Milan Matić, dipl.ing.
 Dr Miloljub Smiljanić, dipl.ing.
 Mr Radomir Petrović, dipl.ing.
 IHTM - Institut za Mikroelektronske
 Tehnologije i Monokristale,
 Beograd, Njegoševa 12

Prispelo: 06.02.1989

Sprejeto: 06.03.1989

2

PROGRAMSKA PODPORA ZA NAČRTOVANJE VEZIJ V ULA TEHNOLOGIJI

Andrej Dobnikar, Veselko Gustin, Mira Trebar, Damjan Podbregar, Pavle Ilija, Pavle Stajdohar

KLJUČNE BESEDE: logično vezje, integrirano vezje, ULA tehnologija, računalniško načrtovanje vezij, osebni računalnik IBM, programski sistem, grupiranje, razmeščanje, povezovanje.

POVZETEK: v prispevku smo opisali programsko podporo za načrtovanje integriranih komponent v ULA tehnologiji. Pokazali smo pomembnost podpore za zmanjšanje časa načrtovanja in povečanje zanesljivosti izdelka. Natančneje smo opisali osnovne procedure sistema, kot so grupiranje, razmeščanje in povezovanje. Poudarili smo prednost sistema, možnost vračanja in ponavljanja programa z novimi vrednostmi parametrov, kakor tudi interaktivno delo s sistemom. Programski sistem smo napisali za osebne računalnike IBM in kompatibilne, kar bo nedvomno razširilo krog uporabnikov na raziskovalce v digitalnih laboratorijih pa tudi drugod.

PROGRAMMING SUPPORT FOR IC DESIGN IN ULA TECHNOLOGY

KEY WORDS: logic circuits, integrated circuits, ULA technology, circuits CAD, personal computer IBM, programming tools, grouping, placement, routing

ABSTRACT: The Programming tool for IC in ULA technology is described. It is shown that it represents a great support by significant decreasing the time to develop IC element and by increasing the reliability of product. Basic produres of the system, namely grouping, placement and routing are detailed. Its important feature lies in possibilities for backtracking and interactive handling of the system. As it is written for PC - IBM compatible users, we expect its wide usage by researsers in digital laboratories and by other PC users.

UVOD

Logična vezja ULA (Uncommitted Logic Array) so poseben primer polja vrat (Gate Array, GA) z v naprej določenim področjem za logične sklope in povezave med njimi. Potrebujemo le dodaten sloj metalizacije za dokončno obliko integriranega vezja (IC). S tem, ko naneseemo metalizacijo na osnovno univerzalno polprevodniško plast, smo določili logično celico in njene ustrezne povezave. Prav ta preprostost nas privlači pri vezjih v tehnologiji ULA, saj za načrtovanje potrebujemo manj časa pa tudi manj denarja. Računalniško načrtovanje brez dvoma ne pripomore samo k hitrejši poti do integriranega vezja, pač pa tudi k večji zanesljivosti proizvoda.

V prispevku nameravamo opisati programsko podporo, ki predstavlja pomembno orodje za načrtovanje vezij v ULA tehnologiji in podkrepiti slednje z nekaj primeri. Poglavje 1 vsebuje nekaj značilnosti tehnologije ULA. Opisali smo programski sistem, poudarili funkcionalne zmožnosti in prilagodljivost sistema. V poglavju 2 smo natančneje opisali posamezne module, nanizanih je tudi nekaj ilustrativnih primerov. V poglavje 3 smo uvrstili statistični prikaz zmogljivosti sistema, kjer smo uporabili različne možne parametre znotraj programskega sistema. V zaključku so navedeni nekateri tehnični podatki o uporabnosti programskega sistema.

V zaključku so navedeni nekateri tehnični podatki o uporabnosti programskega sistema.

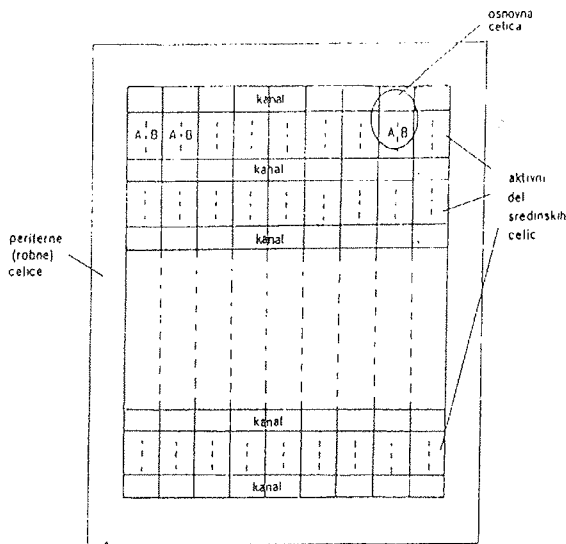
1. PREGLED PROGRAMSKEGA SISTEMA ZA NAČRTOVANJE INTEGRIRANIH VEZIJ V TEHNOLOGIJI ULA (PS ULA)

1.1 Tehnologija ULA

Slika 1 prikazuje arhitekturo integriranega vezja ULA. Vsaka osnovna celica je sestavljena iz 10 tranzistorjev, ki jih lahko povežemo v tri - (A) ali dvo-(B) vhodna vrata.

Integrirano vezje ULA je sestavljeno iz dveh delov. Prvi, obrobni del je namenjen perifernim celicam, le-te povezujejo notranjost vezja ULA z zunajim svetom. Drugi, sredinski del sestavljajo kanali in aktivni deli celic. Sredino obravnavamo kot polje osnovnih (globalnih) celic, kjer je vsaka celica sestavljena iz A,B parov. Vsakemu paru pripada ustrezni del aktivnega in kanalnega dela celice.

Na razpolago imamo knjižnico nekaterih logičnih vrat, kot na primer: AND, OR, NAND, NOR, NOT, EX_OR pa do različnih flip-flopov, kot na primer: D, RS, T, JK, ipd.



Slika 1: Arhitektura IC ULA

Za vsako logično celico dobimo vse potrebne natančne podatke o povezavah znotraj ene ali več osnovnih celic v knjižnici. Prav tako dobimo tudi podatke o različnih perifernih celicah, kot so vhodni/izhodni krmilnik, oscilator ipd. Vseh različnih celic v knjižnici, ki smo jo uporabljali, je okoli 150.

Poleg standardnih celic je možno v knjižnico vgraditi tudi makro celice, ki so sestavljene iz nabora osnovnih celic (ali pa tudi ne). V tem primeru makro obravnavamo kot novo celico.

1.2. Diagram PS ULA

PS ULA je sestavljen iz naslednjih glavnih komponent, ki jih lahko vidimo na sliki 2, le-te so:

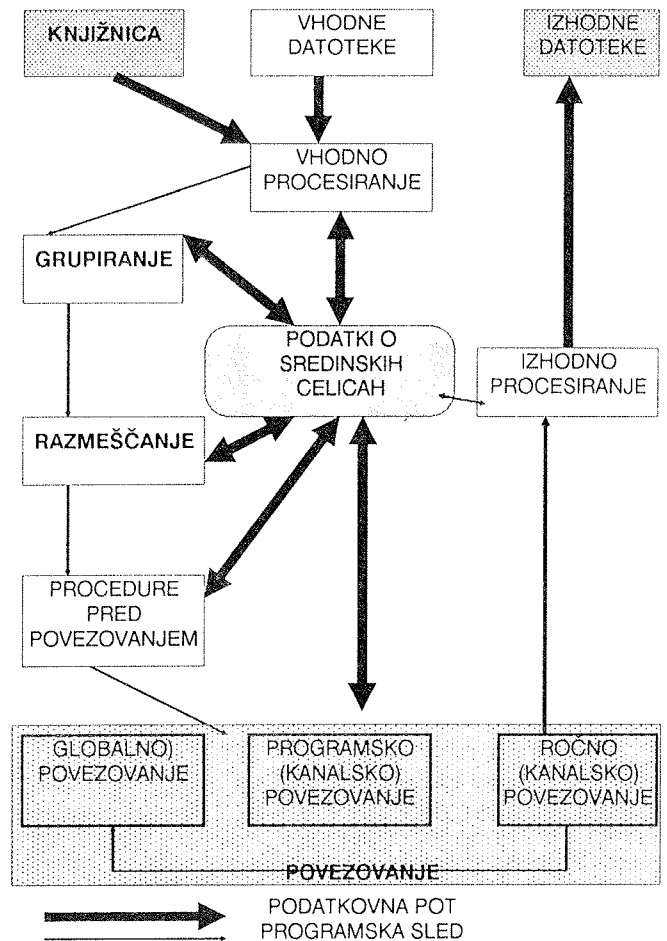
1. Vhodno procesiranje
2. Grupiranje
3. Avtomatsko razmeščanje
4. Predpovezovanje
5. Globalno povezovanje
6. Povezovanje v kanalu (avtomatsko in interaktivno)
7. Izhodno procesiranje

PS ULA smo zasnovali tako, da smo si za cilj izbrali blizu 100% povezavo signalov in to samo s pomočjo programskega povezovanja. Za nepovezane dele signalov smo predvideli interaktivno povezovanje s programskim paketom zunaj PS ULA.

Vhodne podatke za PS ULA predstavlja vhodna datoteka, ki jo lahko uporabimo tudi za simulacijo. Izhodišče za ULA vezje je lista povezav logičnih funkcij. Z modulom vhodnega procesiranja je formirana notranja baza podatkov, ki jo predstavlja lista povezav skupaj s knjižnico samo tistih logičnih celic, ki so uporabljene v listi povezav.

Logične celice združujemo v skupine, glede na medsebojne povezave. Makro celice lahko uporabimo kot kriterij za združevanje namesto, da jih damo v knjižnico. Podobno uporabimo tudi posebnosti, kot so stikanje, oz. natikanje ali dodatne zahteve operaterja.

Razmeščanje v okviru PS ULA opravi polaganje grup v jedru glede na njihovo velikost, odvisno od vnaprej določenih robnih (perifernih) celic in medsebojne povezanosti. Vnovično razmeščanje celic znotraj posamezne skupine omogoča krajše povezave, tako v sami grupi (notranje povezave), kot tudi med grupami (zunanje povezave). Sledi procedura globalnega povezovanja in sicer priprava signalov za povezovanje. Signale lahko razvrstimo na več načinov, po najkrajši, po najdaljši ali po naključni dolžini povezav signala. Za vsako povezavo poiščemo najbližji vozlišči, ki ju skušamo povezati na optimalni način z uporabo Steinerjevega ali modificiranega Leejevega algoritma. Kriterij optimalne povezave pomeni enakomerno zasedenost osnovnih sredinskih celic. Po vsaki izračunani poti pokličemo program za povezovanje v kanalu, ki po uspešnem zaključku povezovanja, ustrezno zmanjša kapaciteto pravkar uporabljenega kanala ter označi sled povezave. Če neke povezave ne moremo realizirati, si pomagamo z novo globalno potjo ali z ročnim premeščanjem povezav.

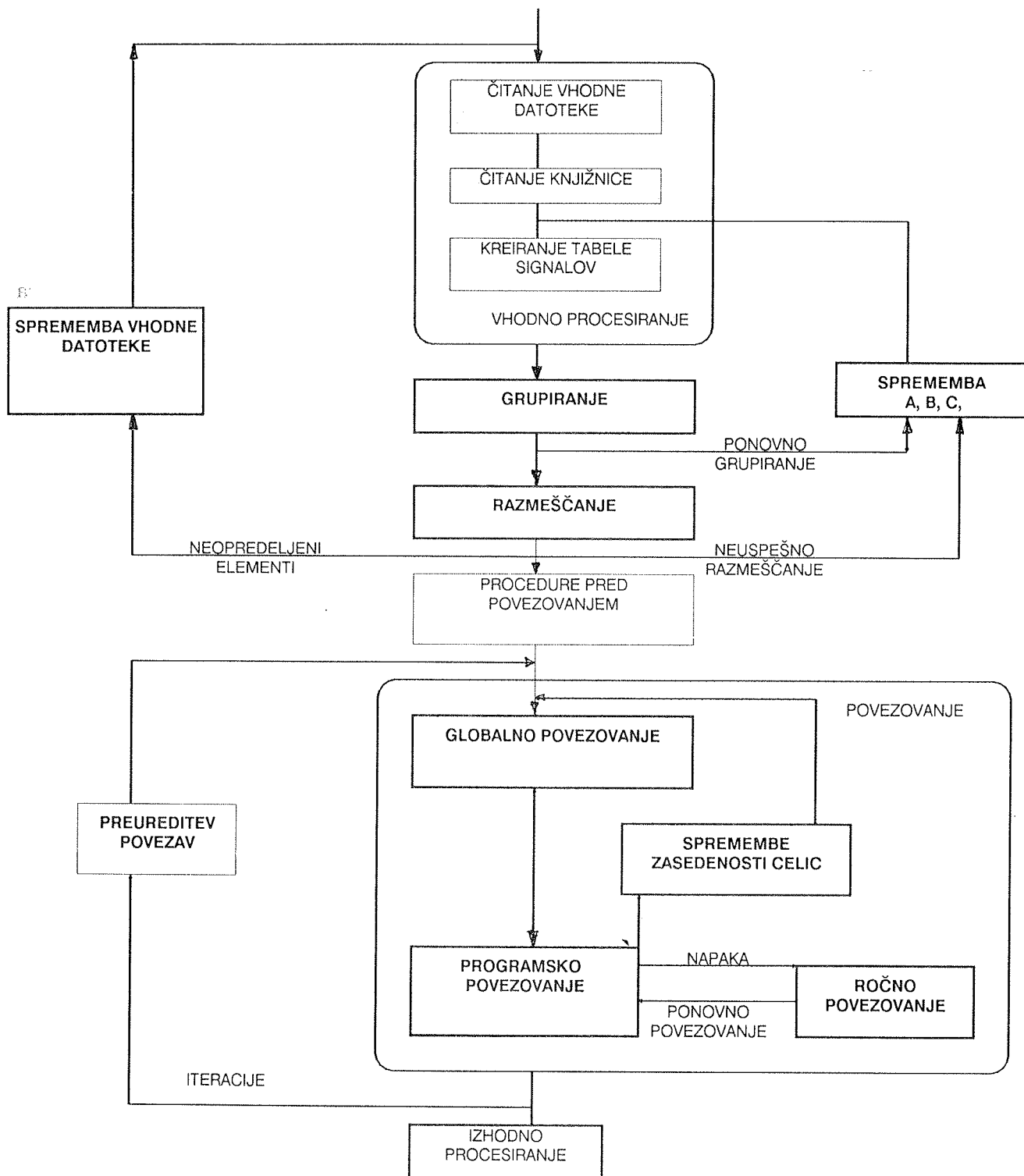


Slika 2: Arhitektura sistema PS ULA

Z modulom izhodnega procesiranja pripravimo podatke o razmeščenih in povezanih elementih za izdelavo vezja ULA in za preizkušanje. V primeru, ko nismo povezali vseh signalov, tedaj izhodne podatke uporabimo s programom za grafični prikaz vezja ULA ter ročno povezovanje. Tako poskušamo doseči 100% povezanost signalov. Načelno lahko poženemo program brez vračanja nazaj, imamo pa možnost vnovičnega procesiranja, če z rezultati nismo zadovoljni. To opravi-

vimo s testiranjem podatkov v različnih programskih točkah. Možnost vnovičnega procesiranja nam dopušča programsko spreminjanje nekaterih parametrov. Slika 3. nam prikazuje vse možne povratne programske poti in ustrezno spreminjanje parametrov.

V celotnem postopku načrtovanja vezij v tehnologiji ULA je potrebnih nekaj dodatnih programskih paketov. Slika 4 kaže mesto PS ULA in ostale programske module.

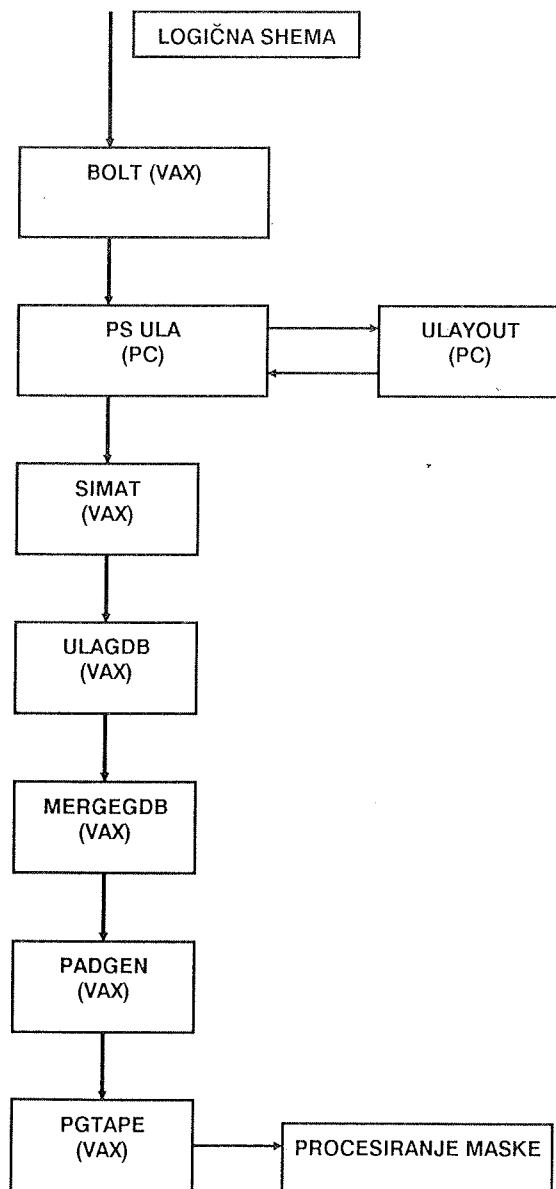


Slika 3: Programske povratne zanke in parametri v PS ULA.

Logično shemo opišemo s pomočjo programskega paketa BOLD, ki pripravi ustrezno listo povezav, vhodno datoteko za PS ULA.

ULAYOUT izvede vse tiste povezave, ki jih nismo uspeli povezati s PS ULA. To se odvija interaktivno, ročno z uporabo posebnih semigrafičnih procedur.

Sledi niz programskih paketov, ki tečejo na računalniku VAX 11/780. SIMAT opravi logično simulacijo izhodne datoteke PS ULA, ULAGDB metalno masko povezav, MERGEGDB doda preostale nivoje v strukturi ULA, medtem ko PADGEN in PGTAPE razdelita ULA vezje na pravokotnike ter pripravita trak za procesiranje maske.



Slika 4: Programska okolica PS ULA

2. OPIS PROGRAMSKIH MODULOV

2.1. Vhodno procesiranje

Poleg čitanja vhodne datoteke in knjižnice, izdelave interne knjižnice in tabele signalov, opravlja modul še testiranje vhodnih elementov, če so v knjižnici ali ne. Pri neopredeljenih elementih poznamo samo logično funkcijo, medtem ko strukturo določimo med procesiranjem. V primeru neopredeljenih imen elementov v vhodni datoteki znova kličemo modul za razmeščanje elementov in struktur, da se formirata knjižnica in vhodna datoteka. Slednje je potrebno pred postopkom povezovanja, ker je sicer interna knjižnica dvakrat večja pri neopredeljenih elementih, kot pa pri opredeljenih.

Pojavi se nam lahko še ena programska zanka v primeru, ko ne moremo razmestiti elementov na površino vezaj ULA. V tem primeru poskušamo z novimi parametri v grupiranju, kar pomeni novo tabelo signalov. Če tudi po tretjem poskusu ne uspemo, tedaj je potreben poseg operaterja (večja ULA).

2.2. Grupiranje

Procedura grupiranja izvaja združevanje logičnih elementov iz tabele povezav (vhodne datoteke) v grupe. Namen grupiranja je pripraviti podatke programu za razmeščanje tako, da se združujejo tesno povezani elementi, povezovanje med njimi pa zasede kar se da malo kanalskega protora. Z nekaterimi parametri imamo možnost vplivati na potek izvajanja programa grupiranja. Parameter A ločuje načine, kako razbijamo grupe. Če je $A=1$, tedaj ostanejo skupni elementi v večji grupi, sicer ($A=2$) postanejo del manjše grupe. Prva možnost v splošnem pomeni večje grupe medtem ko nam druga možnost daje več grup z manj elementi. Parameter B določa največje število elementov v grupi. Najboljše rezultate smo dosegli, ko smo izbrali B okrog 3/4 vrednosti širine izbrane ULA celice. Parameter C omogoča dodatno združevanje podobnih grup ali grup, ki so povezane največ s C signali. S povečanjem parametra C onemogočimo dodatno grupiranje, kar se odraža v povečanju števila grup.

2.3. Razmeščanje

Procedura razmeščanja ima dve fazi. Prva faza nam izvede razmeščanje skupin, naslednja faza pa razmeščanje posameznih elementov znotraj skupine. Obsežnost skupine je odvisna od velikosti elementov v knjižnici, ki je del vhodnih podatkov. Samo sredinske celice uporabimo za izvedbo posamezne grupe. Položaj perifernih celic je definiran v fazi priprave vhodnih podatkov.

V programu za računalniško razmeščanje v glavnem uporabljamo metode začetnega razmeščanja, ki sta jih

podala N. Hanan in J. Kurtzberg v /10/. Metoda je zasnovana na združevanju grup elementov, ki ga določa število povezav med posameznimi grupami. Nameščanje začnemo s skupino, ki ima največ povezav z drugimi skupinami. Postavimo jo v središče vezja ULA, k njej pa dodajamo grupe, ki so z njo najtesneje povezane.

Prvo fazo smo zaključili, ko smo programsko namestili vse skupine, nakar sledi druga faza razmeščanja znotraj grupe. Najprej razvrstimo elemente glede na število povezav, ki jih združujejo in upoštevamo natikanje elementov, kadar je to možno. To pomeni, da se elementi povezujejo iz izhoda na vhod le z dotikanjem (natikanjem). Vse ostale elemente razmeščamo optimalno glede na najmanjšo dolžino metalizacije v povezovalnem kanalu.

2.4 Postopki pred povezovanjem.

Modul aktiviramo po uspešni razmestitvi in pred postopkom povezovanja. Poskrbi za:

- * dopolnitev tabele signalov z dejanskimi koordinatami elementov (iz modula razmeščanja),
- * izračune globalnih koordinat vozlišč, ki se dajo povezati z natikanjem in ne uporabljajo kanala za povezovanje,
- * razvrščanje povezav glede na naraščajoči x ali y,
- * inicializacijo začetnih zmogljivosti kanalov, ki so zasedeni zaradi razmeščenih elementov v osredju,
- * nekaj manjših poslov.

2.5. Globalno iskanje povezav

- * Algoritmi za globalno povezovanje so največkrat definirani za dvo-dimenzionalni problem, torej za povezovanje v eni ravnini, ki jo obravnavamo kot pravokotno mrežo. Navedimo nekaj značilnosti kanalskega povezovanja pri ULA tehnologiji:
- * elemente moramo povezovati s horizontalnimi in vertikalnimi deli, zato da zagotovimo enakomerno zasedenost v obeh smereh,
- * povezovanje po polprevodniški plasti naj bo najmanjše,
- * dolžina poti bodi minimalna.

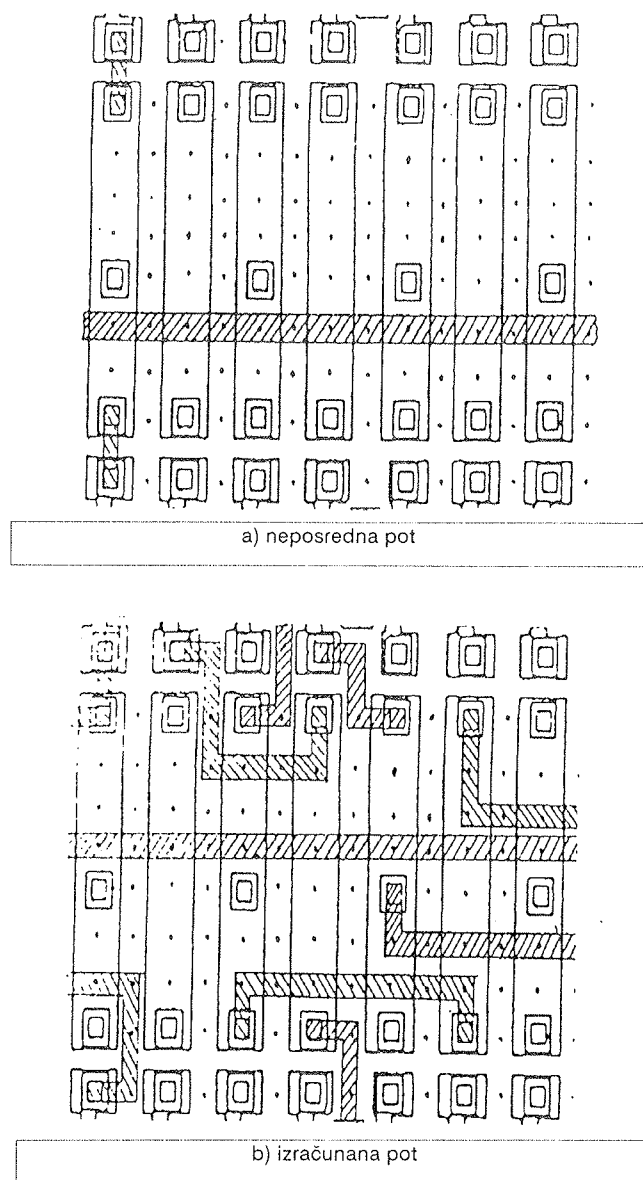
Da bi zadostili omenjenim zahtevam, smo uporabili dva algoritma: Steinerjevo drevo /1/ in modificiran Leejev algoritem /4/.

Steinerjevo drevo je zelo ustrezno za povezovanje dveh točk po enem od možnih robov ustrežajočega pravokotnika. Metoda nas hitro vodi k cilju in zahteva malo računalniškega časa.

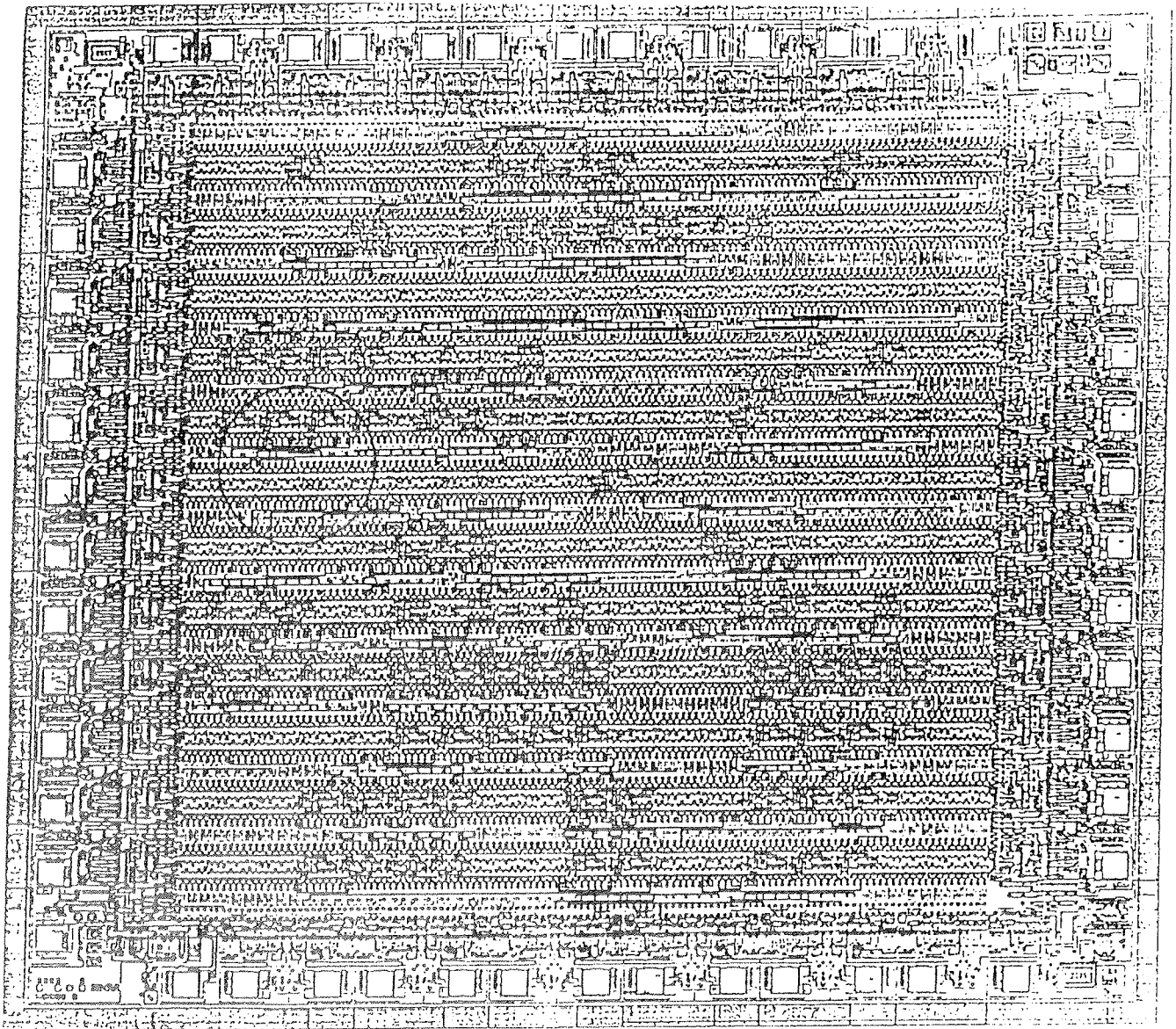
Leejev algoritem se uporablja v primeru, ko povezovanje dveh točk s Steinerjevo metodo ne gre. Z uporabo algoritma si vselej zagotovimo minimalno povezovalno pot.

2.6. Povezovanje v kanalu

Kanalsko povezovanje nam služi za iskanje povezav v kanalskem delu globalne celice. S programom upoštevamo podatke, ki mu jih o signalni poti da globalno povezovanje. Po uspešnem povezovanju določimo nove zasedenosti kanalov. Če poti ne najdemo neposredno skozi kanale, tedaj uporabimo Lee-Moorov algoritem /7/ za tiste globalne celice, kjer je to potrebno. Osnova strategije je v tem, da poskušamo vertikalne povezave peljati kar se da po polprevodniški plasti ter dodajamo horizontalne povezave v drugem nivoju. Le to nam omogoča križanje linij, stikanje in zavijanje poti (slika 5). Poleg teh povezav so možne tudi povezave v aktivnem delu globalnih celic. V takem primeru je potrebno upoštevati neuporabljene vertikale, saj ima vsaka logična celica svoje proste vertikale in horizontale znotraj aktivnega dela.



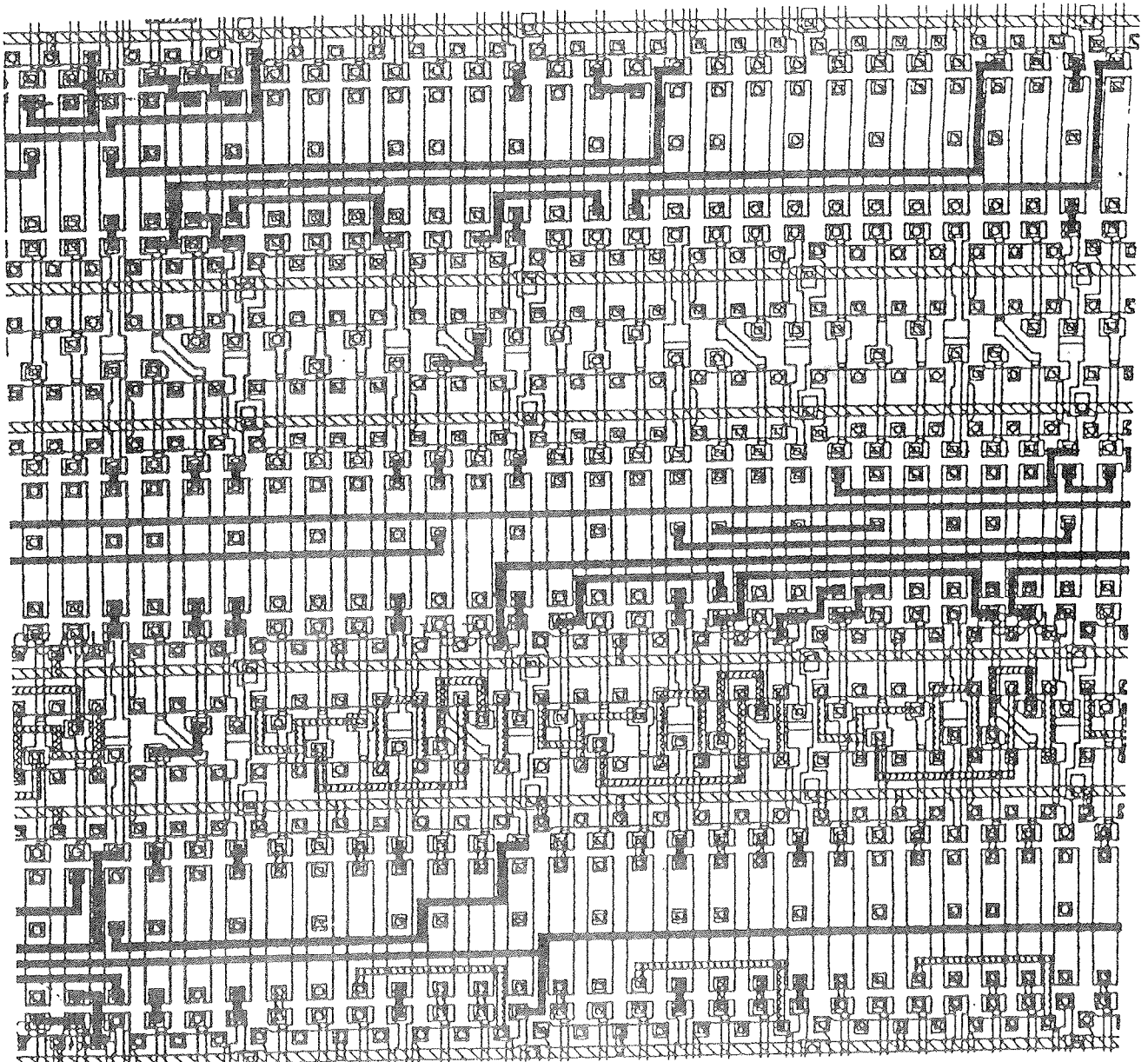
Slika 5: Primer določene poti skozi kanal:



Slika 6: a) Integrirano vezje Test 3

Tabela 1: Rezultati testiranja PS ULA.

primer	ULA tip	Št.signalov	Št. povezav	Št. elementov	Zased.	Nepov.
Test1	ULA 1	35	51	36	22%	0(0%)
Test2	ULA 3	187	293	129	92%	30(10%)
Test2	ULA 4	187	293	129	70%	14(5%)
Test3	ULA 2	133	216	108	82%	31(14%)
Test3	ULA 3	133	216	108	61%	36(12%)
Test4	ULA 3	231	347	216	93%	56(16%)
Test4	ULA 4	231	347	216	67%	37(11%)
Test4	ULA 5	231	347	216	51%	31 (9%)
Test4	ULA 6	231	347	216	40%	24(7%)



Slika 6: b) Obkroženi detalj za Test 3

2.7. Izhodno procesiranje

Izhodno procesiranje je zadnji modul, s katerim shranimo rezultate v takoimenovano datoteko DO. Le-ta vsebuje koordinate vseh razmeščenih elementov iz vhodne datoteke, (x,y) koordinate vozlišč izhodnih signalov in vmesnih povezav pripravljenih za metalizacijo.

3. STATISTIČNI REZULTATI

Tabela 1. prikazuje rezultate testiranja PS ULA na štirih različnih primerih. Ugotovili smo, da so rezultati v tolerančnih mejah, če zasedenost ne presega 70% celotne sredinske površine ULA. Število povezanih signalov se poveča, če vzamemo večje vezje ULA.

Primer izrisane integrirane komponente za Test3 vidimo na sliki 6.a in obkrožen detail na sliki 6.b:

Rezultati testiranja s tabele 1 so zadovoljivi za Test 1 in 3. V obeh primerih je nataknenih signalov med 30 in 50%, kar pomeni manj zahtev po povezovanju v kanalu. Nasprotno vidimo pri Testu 4, kjer je samo 20% nataknenih signalov, kar se pozna pri končnih 11% nepovezanih signalov. To vrednost lahko še vedno zmanjšamo, vendar na račun večjega vezja ULA.

ZAKLJUČEK

Opisali smo računalniško programsko podporo za načrtovanje integriranih komponent v tehnologiji ULA. Natančneje so opisani programski moduli razmeščanja in povezovanja v PS ULA. S primeri smo potrdili uporabnost programskega paketa za avtomatizirano načrtovanje integriranih komponent. PS ULA smo priredili za osebne računalnike IBM ali kompatibilne, kar bo nedvomno pripomoglo k široki uporabnosti programa, tako

med načrtovalci digitalnih vezij, kot drugimi koristniki programskega sistema.

PS ULA smo napisali v programskem jeziku Turbo Pascal 3.3 in teče pod operacijskim sistemom MS DOS 3.2. Zanj potrebujemo 1M zlogov pomnilnika (RAM), EGA grafični vmesnik in trdi disk z vsaj 1,5 M zlogov prostora.

LITERATURA

1. AD Friedman: Theory & Design of Switching Circuits, Computer Science Press, 1975.
2. A.A. Szepienice, R.H.S.M. Otten: The genealogical Approach to the Layout Problem, ACM IEEE 21th Design Automation Conference, June 1984, Albuquerque, New Mexico.
3. C.F. Shupe: Automatic Component Placement in an Interactive Minicomputer Environment, ACM IEEE 18th Design Automation Conference, 1981.
4. S.B. Akers: A Modification of Lee's Path Connection Algorithm, IEEE trans. on. Comp., Feb. 1967.
5. T. Yoshimura, E.S. Kuh: Efficient Algorithms for Channel Routing, IEEE Trans. on Comp. Aided Design of IC Aids, Vol. CAD- 1, No. 1, Jan. 1982.
6. R.L. Rivest, CM. Fiduccia: A Greedy Channel Router, 19th Design Automation Conference, Las Vegas, 1982.
7. F. Rubin: The Lee Path Connection Algorithm, IEEE Trans. on Comp., Vol. C-23, No. 9, Sept. 1974.
8. L.I. Corrigan: A Placement Capability Based on Partitioning, ACM IEEE 16th Design Automation Conference, 1979.
9. E.P. Stabler, V.N. Kureichik: Placement Algorithm by Partitioning for Optimum Rectangular Placement, ACM IEEE 16 th Design Automation Conference, 1979.
10. M.Hanan, J.M. Kurtzberg: A Review of the Placement and Quadratic Assignment Problems, SIAM Review, vol. 14, No. 2, April, 1972.

podan
carapis
+ prijma
2000

mi Dr. Andrej Dobnikar, dipl. ing.
mi Dr. Veselko Gustin, dipl. ing.
mi Mira Trebar, dipl. ing.
mi Damjan Podbregar
mi Pavle Ilija
Univerza E. Kardelja, Ljubljana
Fakulteta za elektrotehniko
Tržaška 25
61000 Ljubljana
ANA mag. Pavle Stajdohar, dipl. ing.
Iskra Elektrooptika
Stegne 17
61000 Ljubljana

Prispelo: 25.01.1989

Sprejeto: 26.02.1989

LITIJEVE BATERIJE

Damir Metelko, Stane Pejovnik

KLJUČNE BESEDE: litijeve baterije, elektrokemijski izvori energije, konstrukcija, lastnosti

POVZETEK: Podane so osnovne značilnosti baterij z anodo iz kovinskega litija. Opisani so različni elektrokemijski sistemi ter na osnovi karakteristik prikazane prednosti teh sistemov pred klasičnimi. V prispevku so opisane tudi specifičnosti litijevih baterij, ki zahtevajo dobro poznavanje sistema in dogovor med proizvajalcem in uporabnikom pri uporabi v profesionalni elektroniki.

LITHIUM BATTERIES

KEY WORDS: lithium batteries, electrochemical power sources, design, characteristics

ABSTRACT: Basic characteristics of batteries with lithium as anodic material are given. Different electrochemical systems are described whereupon the advantages of lithium systems over the classical ones are shown. Also, the specific properties of lithium batteries which demand profound knowledge of the system as well as intensive discussions between the producer and different consumers are shown.

1. UVOD

Litijeva baterija je naprava, ki je namenjena profesionalni uporabi. Zato je najpomembnejši parameter zanesljivost takšne naprave, šele na drugem mestu je njena cena. Baterija mora zagotavljati zanesljivo delovanje tudi v ekstremnih pogojih. Opisani trendi so proizvajalce baterije soočili z zahtevo po lahkih, kompaktnih virih električne energije, ki imajo:

- * dolgo življenjsko dobo
- * veliko količino energije na težo, oz. volumen
- * visoko delovno napetost (nad 3V - CMOS vezja)
- * široko temperaturno območje delovanja
- * dolgo dobo skladiščenja brez izgube kapacitete

To so lastnosti, ki jih imajo litijeve baterije, vendar moramo pri njihovi uporabi poznati vse karakteristike takšnih baterij, saj se njihove lastnosti v mnogočem razlikujejo od klasičnih baterijskih sistemov.

Posamezni proizvajalci elektronskih komponent so začeli vgrajevati (spajkati) Li baterije kar v samo ohišje integriranih vezij. Spominska vezja Zeropower RAM imajo garantirano delovanje do deset let. Vse to uvršča litijeve baterije med elektrokemijske sisteme bodočnosti, zato bomo v članku predstavili osnovne konstrukcije, sisteme in nekatere tipične aplikacije, kajti pri projektiranju novih naprav, v katere nameravamo vgraditi litijeve baterije, moramo določiti čas delovanja, uporabo naprave in upoštevati značilnosti baterije.

Med vsemi elementi, ki jih lahko uporabimo kot anodni material, omenjenim zahtevam najbolj ustreza litij. Ta element ima izredno visok elektrokemijski ekvivalent ($2\text{Ah}/\text{cm}^3$, oz. $3861\text{Ah}/\text{kg}$). Kombinacija te kovine z različnimi katodnimi materiali nudi širok spekter elek-

trokemijskih izvorov električne energije, katerih lastnosti so prilagojene različnim specialnim zahtevam sodobne elektronike. Ker pa je litij izredno reaktivna kovina in močno oksidira že ob minimalni prisotnosti vlage, mora potekati proizvodnja litijevih baterij v posebnih suhih sobah, v katerih je relativna vlažnost pod 1% pri 25°C . Pri teh vlažnostih je namreč reagiranje litija s kisikom in dušikom iz zraka zanemarljivo.

Najznačilnejša prednost vseh litijevih členov pred klasičnimi viri, kot je razvidno iz sheme na sliki 1, je visoka energijska gostota, ki je lahko tudi petkrat višja od energijske gostote Lechlanchevega člana. V okviru vojaških in vesoljskih programov so razvili litijeve baterije, ki delujejo pri ekstremnih temperaturah: pri -55°C , oz. $+175^\circ\text{C}$. Zaradi učinkovite zaščitne plasti, ki na litiju nastane v nevodnih sistemih, je samopraznjenje litijevih baterij zanemarljivo in znaša njihova življenjska doba do 15 let. Zelo ugodne so tudi praznitvene krivulje litijevih baterij, kar z drugimi besedami pomeni, da je njihova napetost ves čas delovanja takorekoč konstantna.

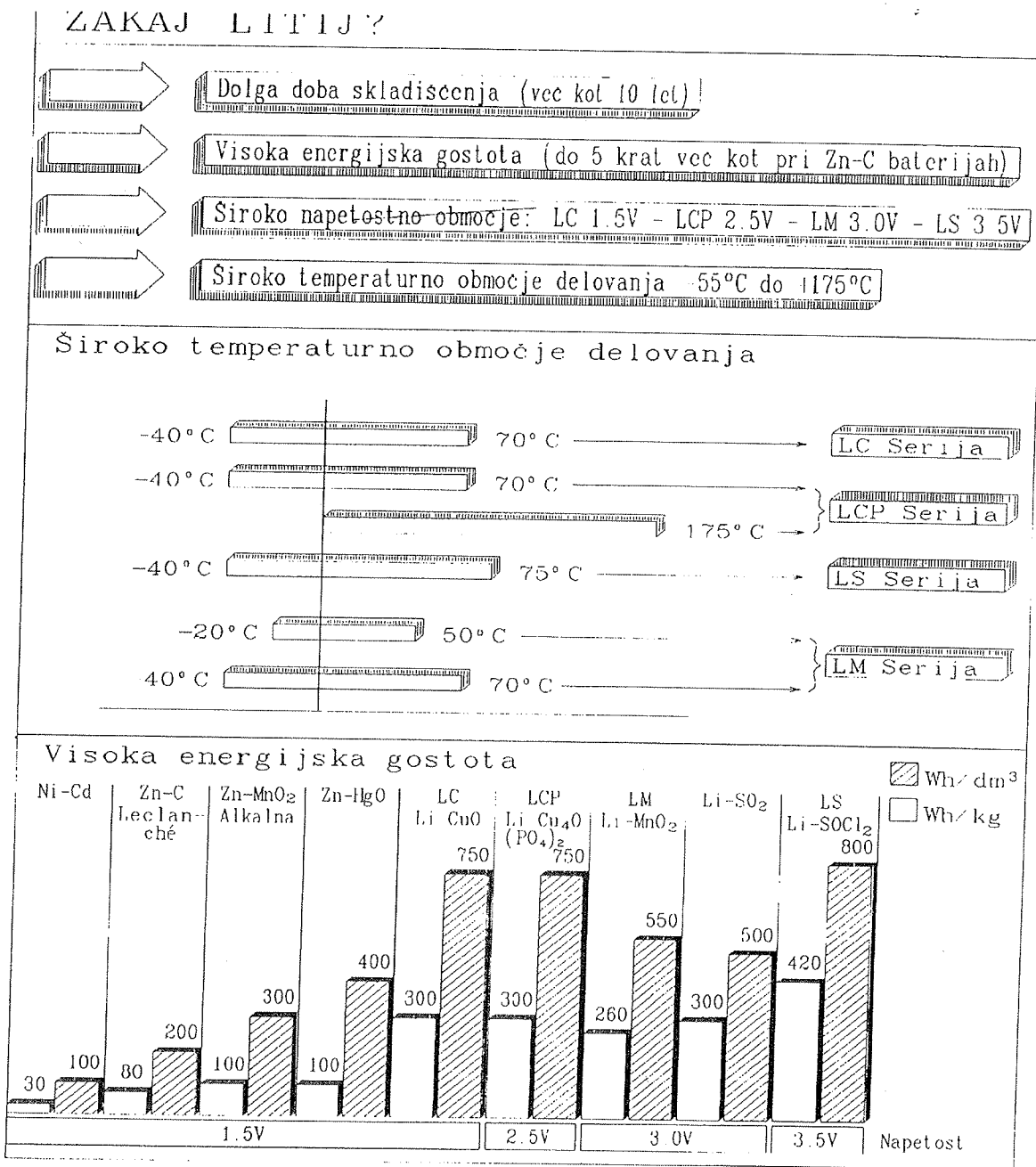
2. ZNAČILNOSTI NEKATERIH TIPOV LI - BATERIJ

2.1 Tokovna obremenitev

Glede na elektrodno konstrukcijo ločimo pri litijevih baterijah dva osnovna tipa /1/:

2.1.1 Nizkotokovni tip baterije

Nizkotokovni tip baterije je namenjen nizkim tokovnim obremenitvam, tja do 100mA pri celici dimenzij R20. Konstrukcija tega tipa je relativno enostavna. Prikazana



Slika 1: Prednosti litijevih členov pred drugimi

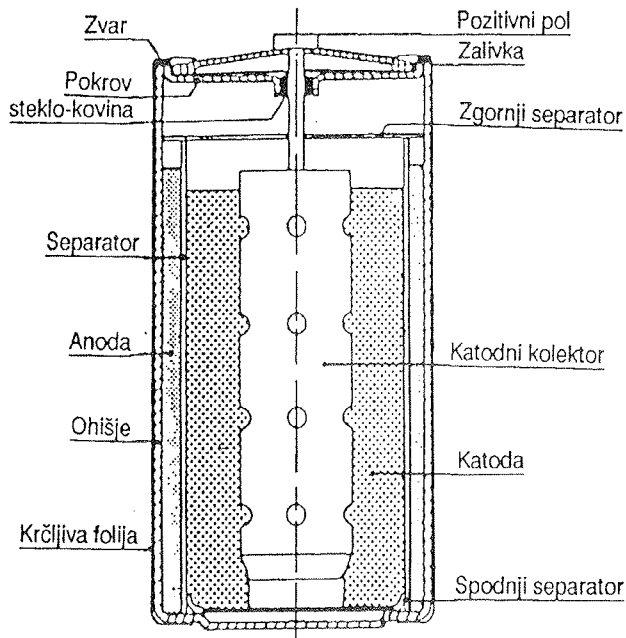
je na sliki 2. Na stene kovinske čaše je vtisnjena litijeva anoda. Na litij je vstavljen separator in v tako pripravljen polizdelek še katodni nosilec, izdelan največkrat iz acetilenskih saj s primesjo teflona. V katodnem nosilcu je vstavljen tokovni kolektor, ki je kontaktiran na pozitivni pol baterije. Ta je iz baterije izpeljan ponavadi prek spoja steklo-kovina, celotna konstrukcija pa je hermetično zavarjena. Pri nekaterih sistemih z organskim elektrolitom spoj steklo-kovina ni potreben in je konstrukcija podobna alkalni bateriji.

2.1.2 Visokotokovni tip baterije

Visokotokovni tip baterije je namenjen ekstremnim tokovnim obremenitvam, ki lahko, odvisno od tipa baterije, dosežejo tudi nekaj ali celo nekaj deset amperov pri

celici dimenzij R20. Shematsko je konstrukcija baterije prikazana na sliki 3. Od nizkotokovne se razlikuje po tem, da je pri njej močno povečana aktivna površina med litijem in katodnim nosilcem. To dosežemo na ta način, da se na kovinsko mrežico vtisne katodni nosilec, ki je tudi tukaj, sestavljen iz zmesi acetilenskih saj z nekaj procenti teflona. Na tako dobljeni katodni nosilec je položen separator in nanj kovinski litij. Takšna elektrodena konstrukcija, ki ima lahko dolžino pri nekaterih tipih baterij tudi 700 mm, je nato v več ovojih zvita v spiralo in vstavljena v kovinsko čašo. Kontaktiranje je izvedeno iz litijeve elektrode na negativni pol in iz kovinske mrežice na pozitivni pol baterije. Aktivna površina takih baterij je tudi do 20 krat večja od površine pri nizkotokovni konstrukciji. Pri taki konstrukciji je treba poskrbeti za varno delovanje, saj je baterija sposobna dati tako velik kratkostični tok, da jo lahko zaradi pregretja raznese.

Varovanje je ponavadi narejeno na dva načina: na ohišju baterije je ventil, ki pri povečanem tlaku v bateriji izpusti elektrolit v okolico, v sami bateriji pa je ponavadi dodana še mehanska tokovna varovalka. Baterije z visokotokovno konstrukcijo ne smemo polniti, saj že majhna prenapetost na sponkah baterije požene vanjo visok polnilni tok, ki lahko povzroči eksplozijo baterije. Na željo naročnika vgrajujejo proizvajalci v visokotokovne baterije shottky diode s posebno nizkim napetostnim padcem, ki preprečujejo polnjenje baterije.



Slika 2: Konstrukcija nizekotovnega tipa baterije

2.2 Elektrokemijski sistem

Glede na elektrokemijski sistem je običajna delitev Li baterij na baterije z organskim in baterije z anorganskim elektrolitom/1/:

2.2.1 Li baterije z organskim elektrolitom

2.2.1.2 Sistem Li-MnO₂

Sistem Li/MnO₂ šele danes doživlja pravo afirmacijo. Najdemo ga v baterijah vseh dimenzij, tako gumbov, kot vseh standardnih gabaritov. Tehnologija izdelave tega sistema je relativno enostavna, baterija, ko je prazna, ne onesnažuje okolja, njena vsebina pa ni niti strupena niti jedka. Baterije z manganovim dioksidom kot katodnim materialom se uporabljajo kot rezervni izvori v primeru izpada glavnega napajanja, v urah, telefonih, televizorjih, hi-fi napravah, žepnih računalnikih, merilnih inštrumentih itd.

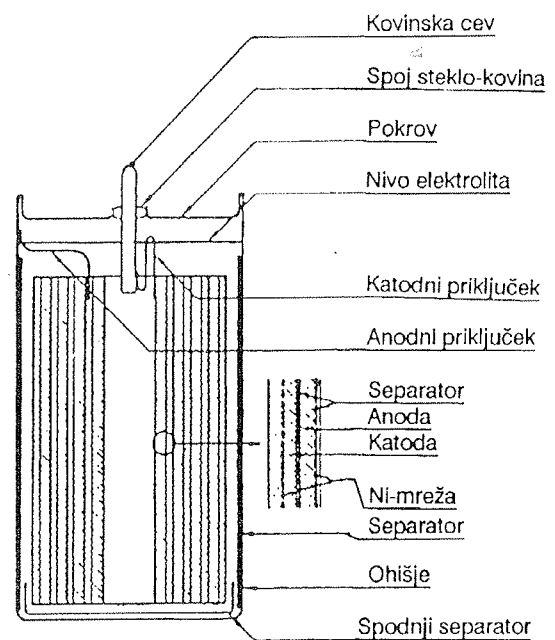
Delovna napetost teh baterij je 3V, temperaturno področje delovanja pa -40 do +70°C.

2.2.1.3 Sistem Li/Cu₄O(PO₄)₂

Ta sistem (litij-bakrov fosfat) omenjamo predvsem zaradi ekstremno visoke zgornje temperaturne meje uporabe, ki se nahaja pri 175°C (tališče litija), medtem, ko je spodnja temperaturna meja manj impresivna in se giblje okoli 0°C. Zaradi tega je sistem našel uporabo predvsem v naftni industriji, vesoljski in vojaški tehniki in raznih temperaturnih merilcih. Njegova delovna napetost je 2.5V, energijska gostota na enoto volumna pa je le malo manjša kot pri sistemu litij-tionilklorid (750Wh/dm³).

2.2.1.4 Sistem Li/CuO

Sistem litij-bakrov oksid ima delovno napetost 1.5 V in zato predstavlja direktno zamenjavo za klasične celice (lechlance in alkalna) ob znatno višji kapaciteti. Temperaturno območje delovanja je med -55 in +125°C. Opisani sistem je zelo odporen na vibracije in udarce. Po podatkih nekaterih proizvajalcev je relativno neobčutljiv na polnjenje in pregrevanje. Ima zelo visoko volumetrično gostoto energije. Na trgu so na voljo tako visoko kot nizkotokovne izvedbe sistema litij-bakrov oksid.



Slika 3: Konstrukcija visokotokovnega tipa baterije

2.2.1.5 Sistem Li/CF_x

Baterije, izdelane v sistemu, kjer je kot katoda uporabljen fluorirani ogljik se danes zelo široko uporabljajo. Najpogosteje srečamo ta sistem v tako imenovanih gumbastih baterijah, ki se izdelujejo v širokem spektru dimenzij. Uporabljamo jih v široki potrošnji za napajanje ročnih ur, kalkulatorjev, fotoaparatorov itd, zelo pogoste pa so tudi v uporabi za memory backup. Tehnologijo proizvodnje najbolje obvladajo japonski proizvajalci, ki so tudi nosilci večine patentov o tehnologiji tega sistema. Delovna napetost teh baterij je 3V, temperaturno področje uporabe pa je med -40 in +70°C, odlikuje pa

jih predvsem velika gostota energije na utežno enoto. Baterije v tem sistemu imajo majhno izgubo kapacitete med skladiščenjem (tipično 0.5% na leto). Vsebinska baterije ni niti strupena niti jedka.

Tipični primer uporabe take baterije je vgradnja v CMOS RAM pomnilnik, kjer nam zagotavlja ohranjanje podatkov v vsej življenski dobi pomnilnika. Zanj ne rabimo nobenega rezervnega vira električne energije.

2.2.2 Baterije z anorganskim elektrolitom

Danes najpogosteje uporabljana litijeva sistema z anorganskim elektrolitom sta:

2.2.2.1 Sistem Li/SOCl₂

Baterije s katodnim materialom tionil-kloridom so danes najbolj razširjene, srečamo pa jih praktično povsod, kjer se zahteva visoka delovna napetost, visoka volumska energijska gostota, visoka delovna napetost in dolga življenska doba. Najdemo jih v vseh dimenzijah, visoko in nizkotokovne konstrukcije. Tehnologija izdelave je zapletena, predvsem zaradi tega, ker je katodni material (tionil klorid) ob morebitnem kontaktu z vodo izjemno agresivna snov. Kljub temu je tehnična izvedba mogoča s takšno varnostjo, da so več stotisoč teh baterij implantirali v človeško telo kot izvor energije za vzpodbujevalce srčnega utripa („pacemaker“).

Področje uporabe je najširše: vesoljska tehnika, vojaške aplikacije, letalstvo, medicina...

Delovna napetost sistema je 3.5V, temperaturno področje uporabe pa od -40 do +75°C. Baterije v tem sistemu imajo zelo izražen zakasnitveni pojav (gl. 3.2). Sistem litij-tionilklorid ima med vsemi litijevimi sistemi največjo gostoto energije na enoto prostornine in najvišjo delovno napetost (napetost odprtih sponk znaša celo 3.67V).

2.2.2.2 Sistem Li/SO₂

Sistem litij-žveplov dioksid je bil prvi komercialni sistem litijevih baterij (prvi patenti na tej tehnologiji segajo v zgodnja šestdeseta leta). Tehnološko je zelo zahteven za izdelavo, saj je v njem katodni material utekočinjen žveplov dioksid pod pritiskom okoli štirih atmosfer. Vsebinska baterije je strupena. Acetonitril, v katerem je raztopljen SO₂, na zraku reagira z litijem, pri čemer nastajajo metan in cianidi. Sam SO₂ močno draži sluznico oči in dihal. Zaradi tega opisani sistem ni našel široke uporabe, je pa najbolj uporabljan sistem v vojaške namene (tako na zahodu, kot na vzhodu). Zaradi nevarnosti eksplozije proizvajalci teh baterij prepovedujejo segrevanje nad 75°C, vezavo priključnih sponk v kratki stik in praznenje celic pod 2V. ZDA so celo predpisale način transporta Li/SO₂ baterij, saj je bilo z njimi že nekaj

neprijetnih nesreč (predvsem z visokotokovnimi baterijami velikih dimenzij 1m x 0.5m x 2m).

Baterije v tem sistemu najdemo v glavnem v standardnih dimenzijah od R6 do R20, tako nizko kot visokotokovne izvedbe. Delovna napetost tega sistema je 3V. Posebej pri nizkih delovnih temperaturah lahko pride pri teh baterijah do zakasnitvenega pojava (gl. 3.2.). Temperaturno področje uporabe je od -40 do +75°C.

3. SPECIFIČNOSTI LITIJEVIH BATERIJ

3.1 Varnost

Posebej je treba pri litijevih baterijah opozoriti na varnost pri delu. Praviloma so komponente iz katerih je sestavljena baterija strupene ali jedke (kar pa velja tudi za klasične baterije, npr. lug, HgO itd). Zato je ohišje litijeve baterije hermetično zavarjeno in ga v nobenem primeru ne smemo mehansko obremenjevati. Še posebno je občutljiv na mehanske preobremenitve pozitivni pol baterije, ki je pri baterijah z anorganskim elektrolitom praviloma izpeljan iz baterije prek spoja steklo- kovina, medtem ko je konstrukcijska izvedba baterij z organskim elektrolitom podobna alkalni bateriji. Litijevih baterij pod nobenim pogojem ne smemo polniti, saj se pri polnjenju razvijajo v bateriji plinasti produkti, ki povečajo pritisk v bateriji in lahko povzročijo, da baterijo raznese. V 2.1.2 so opisani postopki, ki jih proizvajalci baterij uporabljajo za preprečitev polnjenja.

Litijeve baterije tudi ni dovoljeno pregrevati nad zgornjo temperaturno mejo, ki jo določen sistem dopušča. Pri pregrevanju lahko zavre elektrolit, ali pa se stopi litijeva anoda, kar v obeh primerih pripelje do eksplozije baterije. V tem primeru se lahko litij vžge, pogasiti pa ga je mogoče samo z apnenčevim peskom. Zato proizvajalci priporočajo, naj bo v skladišču, kjer je večja količina litijevih baterij, vedno na razpolago tudi apnenčev pesek za gašenje litijevega ognja.

Poseben faktor pri litijevih baterijah je ekologija. Nekateri elektroliti v baterijah so močno strupeni in jedki, zato je treba biti pozoren, kam spravljamo odpadne baterije. Proizvajalci zato ponavadi preračunajo količino elektrolita v bateriji tako, da elektrolita zmanjka, ko je baterija prazna.

V splošnem pa velja: če se držimo navodil proizvajalca pri uporabi Li baterij, niso te nič bolj nevarne od klasičnih baterij ali Ni-Cd akumulatorjev.

3.2 Zakasnitveni pojav

Pri sistemih Li/SOCl₂ in Li/SO₂ nastopa poseben pojav/2/, ki ga imenujemo delay effect ali zakasnitveni pojav. Litijeva anoda se namreč prevleče s pasivno plastjo, kar močno poveča notranjo upornost baterije.

Po daljši dobi skladiščenja (leto ali več) baterija ob določeni tokovni obremenitvi šele po nekem času doseže zahtevano delovno napetost. Na ta pojav je treba biti pri uporabi pozoren, saj nam lahko povzroči precej preglavic. Posebej je ta pojav izražen po skladiščenju na visokih temperaturah. Enostavna metoda za njegovo odpravo je ta, da baterijo za kratek čas pred uporabo obremenimo in na ta način razgradimo pasivno plast na litiju, kar pa žal pri montaži večjih serij ali pri montaži v avtomatih ni vedno mogoče. Proizvajalci baterij zakasnitveni pojav rešujejo več ali manj uspešno z različnimi dodatki v elektrolit in s pulznimi obremenitvami /3/, /4/.

3.3 Razmerje cena/kvaliteta

Že v uvodu smo našli glavne prednosti litijevih baterij. Največja slabost opisanih sistemov pa je relativno visoka cena. Pojavlja se predvsem vprašanje, kdaj klasična rezervna napajanja (Ni-Cd akumulator, alkalna celica) zamenjati z litijevo baterijo. Ta zamenjava je smiselna vedno in povsod tam, kjer nam kapaciteta baterije zadostuje za vso življenjsko dobo aparata pri normalnem obratovanju ali tam, kjer naprava deluje v ekstremnih pogojih.

Danes se litijeve baterije najširše uporabljajo v civilnih aplikacijah predvsem v nizkotokovnih izvedbah. V široki potrošnji jih srečamo povsod, kjer se za napajanje izdelka uporabljajo zelo nizki praznilni tokovi, hkrati pa se zahteva dolga življenjska doba. Tako najdemo litijeve baterije v izdelkih od ročnih ur pa do svetlečih ribiških plovcev. Na profesionalnem področju so našle litijeve baterije uporabo predvsem v spominskih vezjih za ohranjanje podatkov ob izpadu napajanja (memory backup). Tipična poraba statičnega CMOS RAM pomnilnika se giblje okoli $10\mu\text{A}$ in litijeva baterija je brez problemov sposobna napajati več takih pomnilnih vezij vrsto let. Večina svetovnih proizvajalcev v prav tej aplikaciji nadoomešča do sedaj uporabljane nikel-kadmijeve akumulacije z litijevimi baterijami. Ob tej zamenjavi moramo biti pozorni le na pravilo, da je litijevo baterijo prepovedano polniti. Večkrat zahtevamo od rezervnega napetostnega

vira relativno visoke napetosti. Te zahteve lahko izpolnimo na dva načina: več baterij vezemo zaporedno, ali pa uporabimo za konverzijo napetosti DC-DC pretvornik. Na komercialnem tržišču so na voljo integrirana vezja namenjena za DC - DC step-up pretvornike, ki se napajajo z napetostmi okoli 3V, lastno porabo pa imajo zelo majhno ($200\mu\text{A}$). Za negacijo napetosti se pogosto uporablja tudi napetostna črpalka (oscilator in usmernik v vezavi za inverzijo napetosti).

4. ZAKLJUČEK

Iz vsega napisanega sledi, da so Li baterije nedvomno izredno uporaben vir energije za profesionalno elektroniko, vendar se mora konstruktor naprave pred uporabo litijeve baterije posvetovati s proizvajalcem. Ta mu bo svetoval glede na aplikacijo pravi tip in dimenzijo baterije, po potrebi pa mu bo izdelal baterijo v določenem elektrokemijskem sistemu v želenih dimenzijah. V Sloveniji se na proizvodnjo Li baterij pripravlja Iskra - Industrija baterij in svetilk Zmaj.

5. LITERATURA

1. Lithium Batteries, Ed. J.P. Gabano, Academic Press London, (1983)
2. J. Bressan, G. Feuillade, R. Wait, J. Electrochem. Soc., 2649, 129 (1982)
3. N.A. Fleischer, S.M. Manske, Lithium Batteries, ed. A. N. Dey, Chap. 3, Electrochem. Society Inc. (1984)
4. S.D. James, Lithium Batteries, ed. A.N. Dey, Chap. 2, Electrochem. Society Inc. (1984)

Damir Metelko, dipl. ing.
prof. dr. Stane Pejovnik, dipl. ing.
Kemijski inštitut Boris Kidrič
Hajdrihova 19
Ljubljana

Prispelo: 06.02.1989

Sprejeto: 26.02.1989

ELEKTROKEMIJSKO ISPITIVANJE KEMIJSKE DEPOZICIJE BAKRA

Ljubica Dragosavić

KLJUČNE REČI: kemijska depozicija bakra, štampana ploča, metalizacija rupa, rotirajuće elektrode, granična struja, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ EDTA - kompleks, ispitivanje elektrokemijsko, ABS plastika

SAŽETAK: Kemijska depozicija bakra je kemijski postupak, koji se masovno primenjuje u proizvodnji štampanih ploča i metalizaciji ABS-plastike. Postupak omogućuje nanošenje bakra na izolacionu podlogu, a zanimljiv je također za druga područja elektronike. Primjena elektrokemijskih metoda omogućuje promatranje mehanizma procesa "in situ".

Ovaj članak prikazuje redukciju bakra, kojoj prethodi dekompozicija $\text{Cu}(\text{OH})_2$ EDTA - kompleksa.

ELECTROCHEMICAL STUDY OF THE ELECTROLESS COPPER PLATING

KEY WORDS: electroless copper plating, printed boards, plated through hole, ring disc electrodes, limiting current, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ EDTA - complex, electrochemical testing, ABS plastics

ABSTRACT: Electroless copper deposition is a chemical process widely used in the printed circuits production and plating of ABS. This process enables deposition of copper on the insulating substrate and is attractive for other fields of electronics. Introduction of the electrochemical methods enables in situ observation of the process mechanisms.

This article demonstrates cathodic reduction of copper, preceded by $\text{Cu}(\text{OH})_2$ EDTA complex decomposition.

UVOD

Primjena kemijske depozicije bakra u elektronskoj industriji datira dva desetljeća i u stalnom je porastu. Primjenjuje se masovno kod metalizacije rupa na štampanim pločama, metalizaciji ABS plastike, a također i za nanošenje bakra na silicij u tehnologiji poluvodiča.

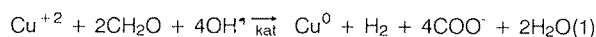
Kemijska depozicija bakra omogućuje nanošenje bakra bez vanjskog izvora struje, kako na metalnu, tako i na izolacionu podlogu. Radi se o redukciji bakra iz vodene otopine bakrene soli uz primjenu kemijskog agensa, koji daje elektrone, neobnodne za redukciju i izlučivanje bakra u metalnom obliku. Izlučeni sloj je finostrukturne, posjeduje duktilnost i električnu vodljivost, te visok stupanj čistoće.

Kod primjene na štampanim pločama bakar se najčešće nanosi u debljinama od $0,5/\mu\text{m}$, ali je isto tako moguće nanositi slojeve od $25 \mu\text{m}$. Postignuta debljina metalizacije ovisi o sastavu otopine i o vremenu izlučivanja.

Budući da je postupak kemijske depozicije bakra relativno skup u odnosu na galvanski proces, za nanošenje debljih slojeva primjenjuje se kemijski postupak zajedno s galvanskim.

Promatrano s kemijskog stanovišta kemijska depozicija bakra je redoks proces, u kojem dolazi do redukcije bakra iz stanja $\text{Cu}(\text{II}) \rightarrow \text{Cu}(\text{0})$ pod utjecajem reducensa,

uglavnom formaldehida, kao što je prikazano jednadžbom:

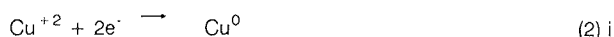


Iz jednadžbe (1) su vidljivi i stehiometrijski odnosi: za redukciju jednog mola bakra potrebna su dva mola formaldehida i četiri mola lužine. Stvarni odnosi su nešto izmijenjeni i potrošak formaldehida je nešto veći zbog sporednih reakcija.

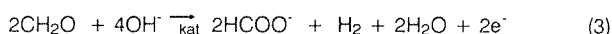
Budući da se redukcija bakra događa uz prijelaz naboja, proces je zapravo elektrokemijske prirode.

Gledano s elektrokemijskog stanovišta kemijska depozicija se sastoji od katodičkog i anodičkog procesa, koji se odvijaju istovremeno:

1. Katodički proces redukcije bakra:



2. Anodički proces oksidacije formaldehida:



Kao katalizator za odvijanje reakcije (3) odnosno sumarne reakcije (1) služi u početnoj fazi uglavnom paladij, a kasnije se proces odvija autokatalitički na bakru.

Otopina za kemijsko depoziciju sadrži:

- Bakrenu sol ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Kompleksant (EDTA)
- Lužinu (NaOH)
- Reducens (formaldehid)
- Stabilizator (organski spoj, koji u svojoj strukturi ima π elektrone)

Mehanizam izlučivanja bakra pomoću formaldehida mnogo je složeniji, nego što pokazuje jednačba (1) i odvija se u više stupnjeva, što dokazuju i novija istraživanja primjenom elektrokemijskih metoda.

Teoretske osnove za primjenu elektrokemijskih metoda dao je dr. Milan Paunović, član istraživačkog tima u Kollmorgen Corporation, N.Y. USA.

Elektronske kompozicije u SAD i na dalekom Istoku, pri čemu vodeće mesto zauzima Kollmorgen Corporation, bave se u novije vrijeme također fundamentalnim istraživanjem mehanizma ovog procesa.

U RIZ - IETA ispitivana je kinetika kemijske depozicije bakra pomoću rotirajuće elektrode i cikličke voltometrije (Lj. Dragosavić: Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu 1987).

Eksperimentalni postupak

Predmet ispitivanja je bila otopina

- 0,05 mol dm^{-3} CuSO_4 - 0,075 mol dm^{-3}
- Na_2EDTA , 0,5 mol dm^{-3} NaOH - 0,077 mol dm^{-3}
- CH_2O

Za ispitivanje je korištena troelektrodna elektrokemijska ćelija otvorenog tipa.

Kao mjerna elektroda upotrebljena je:

- * disk elektroda $P=0,115 \text{ cm}^2$
- * bakreni lim $P=1 \text{ cm}^2$
- * pobakrena platina $P=0,0625 \text{ cm}^2$

Kao protuelektroda služio je bakreni lim $P=3,5 \text{ cm}^2$, a kao referentna elektroda zasićena kalomel elektroda (z.k.e.).

Mjerna elektroda je polarizirana pomoću potencioštata AMEL. Model 55/SU, a rezultati su registrirani pomoću pisaača Goerz Electro Typ 551.

Upotrijebljene su kemikalije čistoće p.a Kemika.

REZULTATI

A) Rotirajuća elektroda

Prednost rotirajuće mjerne elektrode u odnosu na stacionarnu je uspostavljanje definiranih hidrodinamskih

uvjeta, što ima za posljedicu dotok svježeg elektrolita na elektrodnu površinu, uspostavljanje stacionarnih uvjeta, te mogućnost određivanja graničnih struja. Dobivene struje predstavljaju mjerilo za intenzitet elektrodnog procesa.

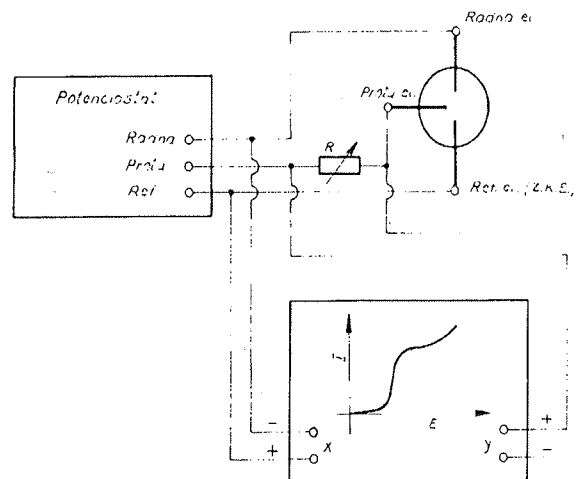
Granična struja ovisi o više varijabli i dana je Levičevom jednačbom:

$$I_g = 0,62 F A C_0 D^{2/3} \nu^{-1/6} \omega^{1/2} \quad (4)$$

- I_g = granična struja
- Z = broj izmijenjenih elektrona
- F = Faradayeva konstanta
- A = površina elektrode
- C_0 = koncentracija elektrolitne vrste
- D = difuzioni koeficijent
- ν = kinematički viskozitet
- ω = kutna brzina

Sl.2 predstavlja ovisnost graničnih struja o potencijalu uz brzine rotacije 300,900 i 1200 okretaja u minuti.

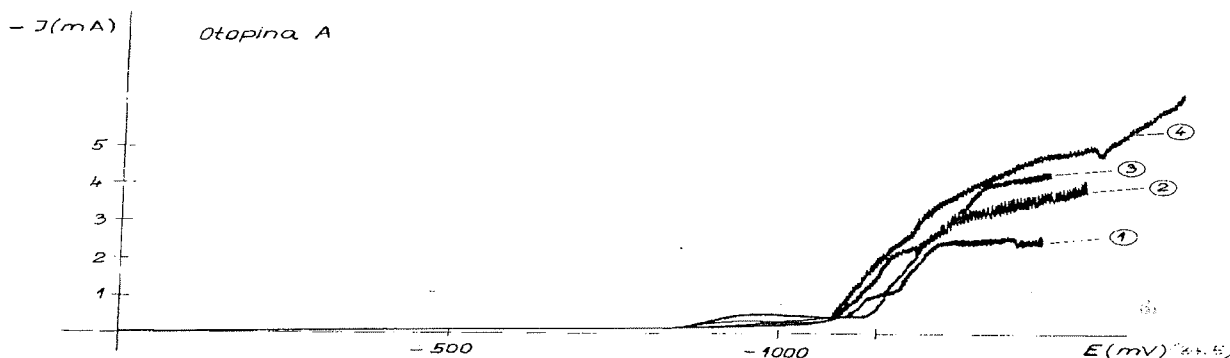
Promatranjem krivulja na sl.2 vidljivo je, da s porastom potencijala struja vrlo polagano raste sve do formiranja malog strujnog vrha na -950 mV (ZKE). Nakon toga slijedi strmi linearni porast. Visina platoa raste s povećanjem brzina rotacije.



Slika 1: Shema aparature

Na osnovu mjerenja i opažanja u okviru ovog rada kao i rezultata pronađenih u literaturi može se nedvojbeno zaključiti, da mali strujni vrh predstavlja proces koji prethodi redukciji bakra, a to je dekompozicija $\text{Cu}(\text{OH})_2$ EDTA kompleksa. Strmi linearni porast struje predstavlja redukciju bakra pod difuzijskom kontrolom.

Na osnovu izmjerenih graničnih struja može se pomoću Levičeve jednačbe izračunati broj izmijenjenih elektrona (z). Iznosi za (z) kreću se oko 1.48 što također upućuje na činjenicu, da izlučivanje bakra iz ispitivane otopine nije jednostavan proces izmjene elektrona, jer bi



Slika 2: Ovisnost graničnih struja o potencijalu

o tom slučaju (z) trebao biti dva, nego se radi o složenom procesu, koji se sastoji od (1) izlaska Cu(II) iz kompleksa i (2) redukcije Cu(II) → Cu(O).

Navedeni fenomeni mogu se osobito lijepo promatrati u svježe pripremljenoj otopini, koja sadrži:

$0,05 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuSO}_4$ - $0,075 \text{ mol dm}^{-3} \text{ Na}_2 \text{ EDTA}$ - $0,5 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaOH}$ (bez formaldehida).

Ako je u ispitanoj otopini prisutan i formaldehid dolazi do njegovog katalitičkog raspada na površini elektrode. Taj fenomen postaje prevladavajući i promatranje ostalih fenomena je otežano.

ZAKLJUČAK

Rotirajuća elektroda omogućuje ispitivanje procesa katodičke redukcije bakra, koja se događa u sumarnom procesu kemijske depozicije bakra iz lužnate otopine bakrene soli u prisustvu kompleksanta.

Bakar se u ispitivanoj otopini nalazi čvrsto vezan sa liganidom - EDTA, a zbog visokog pH nalazi se u formi $\text{Cu}(\text{OH})_2 \text{ EDTA}$ - kompleksa. Za oslobađanje bakra iz kompleksa potrebno je elektrodu polarizirati na -950 mV (ZKE), gdje se formira mali strujni vrh. Redukcija bakra počinje nakon što je mali strujni vrh potpuno formiran, iz čega se može zaključiti, da redukcija počinje tek nakon što je na površini elektrode prisutno dovoljno oslobodenih Cu(II)-iona.

Rotirajuća elektroda se pokazala korisnom u ispitivanju pojava u procesu redukcije bakra i bila bi pogodna za ispitivanje ponašanja i primjene drugih liganada, koji sa Cu(II) stvaraju stabilne komplekse u cilju daljnjeg razvoja i pripreme komercijalnih otopina za kemijsku depoziciju bakra.

LITERATURA

1. Clyde F. Coombs: Printed Circuits Handbook, 3 izdanje, 1988, Mc Graw Hill, New York
2. Lj. Dragosavić: Metaliziranje rupa kod dvostranih štampanih krugova; Elektrotehnika 6, 1973.
3. Lj. Dragosavić: Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu 1987.
4. M. Paunović: Electrochemical Aspects of Electroless Deposition of Metals: Plating; Nov. 1968.
5. M. Paunović: Ligand Effects in Electroless Copper Deposition, J. Electrochem Soc. 3. 1977.
6. M. Paunović: Maximum Deposition Rate in Electroless Copper Plating; Plating; April 1983.
7. Perminder Bindra, Judith Roldan: Mechanisms of Electroless Metal Plating; J. Electrochem Soc., Nov. 1985.

Mr Ljubica Dragosavić, dipl. ing
RIZ-IETA
Božidarevićeva 13
41000 Zagreb

Prispelo: 07.01.1989

Sprejeto: 26.02.1989

PROGRAMABILNA MIKROPROCESORSKA VARNOSTNA ELEKTRONIKA

Valentin Florjančič, Miran Pernek

KLJUČNE BESEDE: avtožerjavi, mikroprocesorsko krmiljenje, programsko krmiljenje, 16 bitni mikroprocesor, mikroprocesor MOTOROLA 68008, varnostna elektronika

POVZETEK: V članku je podana programabilna mikroprocesorska varnostna elektronika za potrebe avtodvigal z namenom povečati varnost in ekonomičnost le-teh. Naprava ponuja možnost varne uporabe avtodvigala, tekoče spremljanje geometrije in njegove obremenitve. Zasnovana in izdelana je tako, da lahko podpira tudi manjše industrijske aplikacije.

PROGRAMMABLE MICROCOMPUTER SAFETY DEVICE

KEY WORDS: mobile crane, microprocessor control, programmable control, 16 bit microprocessor, MOTOROLA 68008 microprocessor, safety electronics.

ABSTRACT: The microcomputer safety device presented in this paper was developed for use on mobile cranes to increase safety and efficiency. The purpose of microcomputer safety device is in safe operating with mobile cranes and displaying current crane geometry and load weight. It is designed also support less complex industry applications.

UVOD

Dolgoletna praksa mobilne žerjavne tehnike je pokazala zahtevo po večji varnosti, produktivnosti in enostavnejši uporabi. Kot rešitev teh problemov smo zasnovali programabilno mikroprocesorsko varnostno elektroniko. Med najzahtevnejšimi pogoji, katerim mora ta naprava ustrezati, je zanesljivo delovanje v krutih industrijskih okoljih. Tem zahtevam se je podrejalo tako načrtovanje kot izbira tehnologije.

OPIS STROJNE OPREME IN PRINCIP DELOVANJA VARNOSTNE ELEKTRONIKE

Osnova strojne opreme temelji na šestnajstbitnem mikroprocesorju Motorola 68008. Na sliki 1. je podana blok shema varnostne elektronike.

Organizacija pomnilnika vsebuje 2x32k zlogov ROM in 32k zlogov RAM ali 32k zlogov ROM in 2 x 32k zlogov RAM. Zajemanje in spreminjanje parametrov je možno prek 16 optično ločenih digitalnih vhodov, 16 analognih vhodov ter prek kodirnih stikal ali tastature. Za prikaz parametrov ali navodil služita dva LCD alfanumerična prikazovalnika. Za aktivni izhod je možno uporabiti 24 optično ločenih digitalnih izhodov. Le-ti so zaščiteni proti pobegu temperature, tokovni preobremenitvi in trajnemu kratkemu stiku. Poleg tega je na voljo še osem-bitni analogni izhod. Varnostna elektronika zajema vhodne podatke prek:

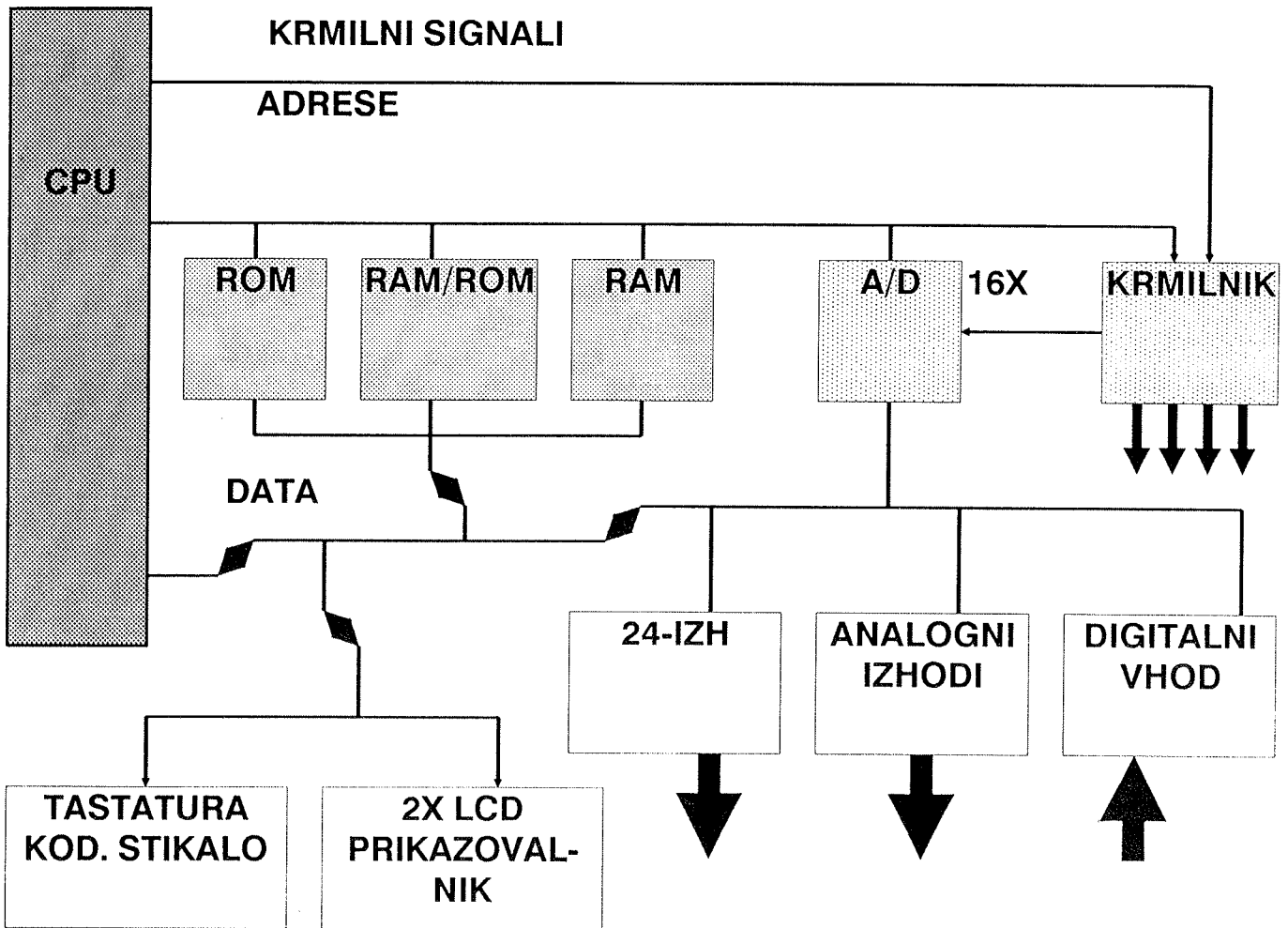
- * analognega senzorja dolžine iztegnjenosti teleskopske ročice

- * analognega senzorja kota teleskopske ročice
- * analognega senzorja kota nagibne igle, pritrjene na teleskopsko ročico
- * analognega senzorja pritiska dvižnega cilindra teleskopske ročice
- * analognega senzorja kota podvozja
- * analognega senzorja hitrosti vetra
- * analognega senzorja kota obračala
- * analognega senzorja sile v vrvi za dvig bremena
- * digitalnih senzorjev podpor
- * digitalnih senzorjev protiuteži na ročici itd.

Princip delovanja varnosti avtodvigala je v nenehni primerjavi dovoljene obremenitve, zapisane v pomnilniku v obliki nosilnostnih tabel z dejansko obremenitvijo avtodvigala zaradi dviganja in prenašanja bremena. Pri tem se nenehno testirajo robni pogoji avtodvigala, ki so pogojeni z načinom dela avtodvigala. V kolikor pride do preobremenitve, ali do nedovoljenih robnih pogojev, procesorska varnostna elektronika ukrepa tako, da blokira vse operacije za povečanje prevrtnenega momenta in hkrati obvešča žerjavista o prekoračitvi z izpisom na prikazovalnikih, z vklopom ustreznih stikalnih svetilk, z analognim instrumentom, ki kaže procentualno obremenjenost avtodvigala in z zvočnim signalom.

ZAKLJUČEK

Programirana procesorska varnostna naprava združuje mikroprocesorsko varnostno elektroniko, projektirano iz visoko inteligentnih elementov povečanih zahtev. Izdelana pa je z visoko tehnologijo, ki zagotavlja varnost



Slika 1: Blok shema varnostne elektrpnike

delovanja brez vzdrževanja, lahko in hitro testiranje, dolgo življenjsko dobo in nizko ceno.

LITERATURA

1. Fairchild: FACT, 1986
2. Analog devices: Integrated Circuit, 1986
3. Burr-Brown: Product Data Book, 1986
4. Krueger: Krueger Safety Systems
5. Ecko: Safety Devices

6. Motorola: M68008 16/32-BIT MICROPROCESSOR, Programmers Reference Manual
7. Motorola: MC68008 16-bit microprocesor with 8-bit data bus, 1983
8. Technical Specifications for telescoping Boom Track Crane: COLES, LIEBHER, LORAIN, TADANO, PINGUELY, MARIMEX, HIDROS

poslan čez pošto
 Valentin Florjančič, dipl. ing.,
 Milan Pernek, dipl. ing.,
 Metalna Maribor, Zagrebška 20,
 62001 Maribor

Prispelo: 09.02.1989

Sprejeto: 17.02.1989

ŠOLANJE ZA MIKROELEKTRONIKO

VISOKOŠKOLSKO OBRAZOVANJE ZA MIKROELEKTRONIKU (rezime rasprave)

Petar Biljanović

U organizaciji i na inicijativu Programskog odbora MIPRO-a u Opatiji je 05.12.1988. održana rasprava na temu "Visokoškolsko obrazovanje za mikroelektroniku".

U raspravi su sudjelovali: prof.dr.Petar Biljanović, ETF, Zagreb, predsjednik Programskog odbora MIPRO-a; prof.dr. Zvonimir Ogorelec, PMF, Zagreb; prof.dr. Marija Hribšek, ETF, Beograd; prof.dr. Ninoslav Stojadinović, Elektronski fakultet, Niš; prof.dr. Ljiljana Živković, Elektronski fakultet, Niš; prof.dr. Georgi Dimirovski, Elektrotehnički fakultet, Skopje; mr. Dragan Čišić, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, Rijeka; dr. Rudolf Ročak i dr. Franc Runovc, DO Iskra-Mikroelektronika; Rado Faleskini, podpredsjednik SOZD-a Iskra za razvoj; Mar-ko Gliha, Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana; Miroslav Turina, ETI, R.Končar, Zagreb; Mihajlo Fili-ferović, predsjednik Sekretarijata Organizacionog od-bora MIPRO-a.

U diskusiji o predmetu rasprave sudjelovali su svi pri-sutni. Uvodno izlaganje dao je prof.dr. Petar Biljanović koji je obrazložio svrhu rasprave. Predstavnici pojedinih elektrotehničkih fakulteta dali su kratke preglede stanja nastave mikroelektronike po fakultetima. Prisutni pred-stavnici privrede govorili su o problemima primjene mik-roelektronike u praksi i o tome što bi trebalo učiniti da se kroz obrazovanje ta primjena proširi. Bez navođenja detalja iz pojedinih diskusija navodimo stavove i mišljen-ja koja se mogu smatrati zaključcima i preporukama:

1) Mikroelektronika je visoka tehnologija bazirana na interdisciplinarnom znanju. Njenu znanstvenu podlogu čine u prvom redu fizika materijala, kemija, matematika i u novije vrijeme neki dijelovi biologije. Za mikroelektro-ničko obrazovanje izuzetno je značajno ovladavanje tim oblastima i od njih treba krenuti u mikroelektroničkom obrazovanju.

2) U modernom tehnološkom društvu svi studenti ele-ktronike moraju poznavati mikroelektroniku i mikro-

elektroničku tehnologiju. Međutim, ne svi na isti način. Studenti koji će naposredno raditi u poluvodičkoj proiz-vodnji moraju dobro poznavati i bazičnu mikroelektro-ničku tehnologiju i aplikacije. Studenti elektronike koji će primjenjivati mikroelektroničke sklopove, ali neće raditi u njihovoj proizvodnji, moraju biti dobro obrazovani u aplikacijama uz "površno" poznavanje tehnologije.

3) Danas sve više raste značaj aplikacijski specifičnih mikroelektroničkih sklopova (ASIC) i sve će veći broj inženjera morati znati projektirati ASIC čipove za potrebe proizvodnje u kojoj rade. Zato će ASIC projektiranje morati dobiti svoje mjesto u visokoškolskoj nastavi.

4) Mikroelektronika je tehnološka grana s velikim gradijentom rasta. Nije moguće na univerzitetu dati "konačna" znanja iz te oblasti, te je potrebno organizirati permanentno obrazovanje iz mikroelektronike. Dio tog obrazovanja će biti na univerzitetu, dio u industriji, ovisno o temi, kadrovima i opremi.

5) Na pojedinim elektrotehničkim fakultetima u zemlji mikroelektronika je dovoljno zastupljena u nastavi, dok u pojedinim nije. Bilo bi poželjno da se tokom daljeg rada na ovoj problematici definira minimalna "doza" mik-roelektronike za svaki elektrotehnički fakultet i da ta "doza" bude obavezna za sve studente. U tom smislu treba fakultetima uputiti preporuku.

6) Predlaže se da se rasprava na temu "Visokoškolsko obrazovanje za mikroelektroniku" organizira jednom godišnje i da domaćin bude MIPRO - Sekcija ETAN-a za mikroprocesorsku tehniku i tehnologiju. Akcije u tom smislu koordinirat će radna grupa P. Biljanović, R. Ro-čak, N. Stojadinović, M. Filiferović.

Predsjednik programskog savjeta MIPRO-a:

*J. prof.dr.Petar Biljanović
Elektrotehnički fakultet
Unska 3, 41000 Zagreb*

PRIKAZI DOGODKOV, DEJAVNOSTI ČLANOV MIDEM IN DRUGIH INSTITUCIJ

SAFE BURN-IN

Provoked Failures Avoid Annoyance Later On

MANFRED KIRSCHNING

Today's burn-in systems are more than simply temperature-controlled ovens. After fundamental considerations on burn-in this article describes which safety measures up to the computer-monitored integrated system - are in use.

The steadily increasing population density of semiconductors is permanently leading to new task formulations. I.e. due to the increase in switching functions expected by the market - on a chip, line widths of 1 μm and less have to be resolved today. This requires new production methods, and in conjunction with it rapid innovational production fluctuations. Despite the high quality standard of semiconductor production, fluctuations of quality and reliability in the manufactured products are necessarily involved. Investigations by renowned institutes show that the quality of a product enjoys its highest significance on the export market, thus remarkably influencing the decision to purchase even more than, for example, price and delivery time which are considered the main judgment criteria at first sight (fig. 1). Especially in the semiconductor market and the directly correlating market of the electronics industry, reliability i.e. maintaining the specified data sheet parameters over a specified period of time (quality per unit of time) ranks at the top of the requirement scale.

Reliability Ranks at the Top of the Scale

Of decisive importance here are both the typical error distribution of a component lot (Fig. 2) and, linked with it the economical aspects in the complete process of the current equipment production. Since only the zero hour failures can be registered and sorted out with the help of a component tester during the incoming goods inspection, the potential early failures reach the next production step without any further quality assurance measures being taken. If, for instance, a board is equipped with 50 components with a mean early failure rate of 2 %, this means a value of expected failures for 20 boards which lies between the extreme values:

- a) Distribution of the faulty components on a board = 5% board failures
- b) Distribution of the faulty components on all boards = 100% board failures

The expected failure probability -A- of a board can be derived from the binominal distribution:

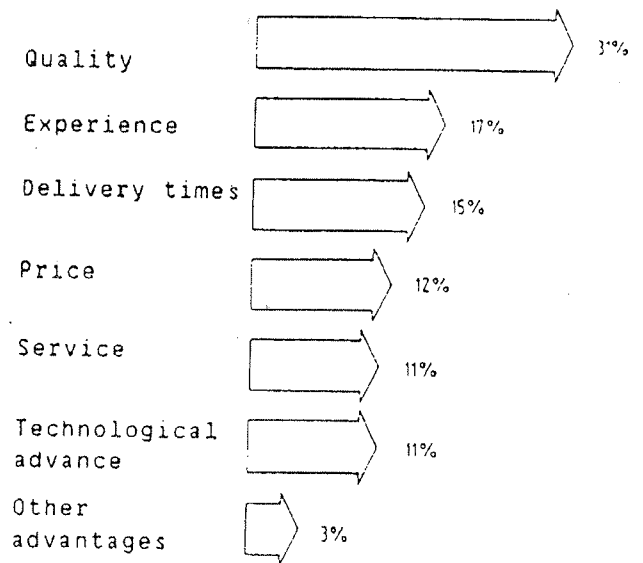


Fig 1: Decisive Factors for the Acquisition of Electronic Products

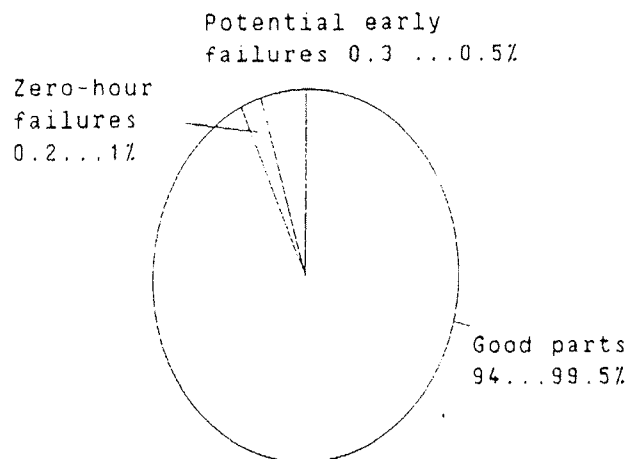


Fig 2: Typical Failure Distribution of a Component lot

$$A = 1 - (1 - P)^n$$

A = Failure probability of the board
 n = Number of components per board
 P = mean early failure rate of the components and is 63.6% in the present example.

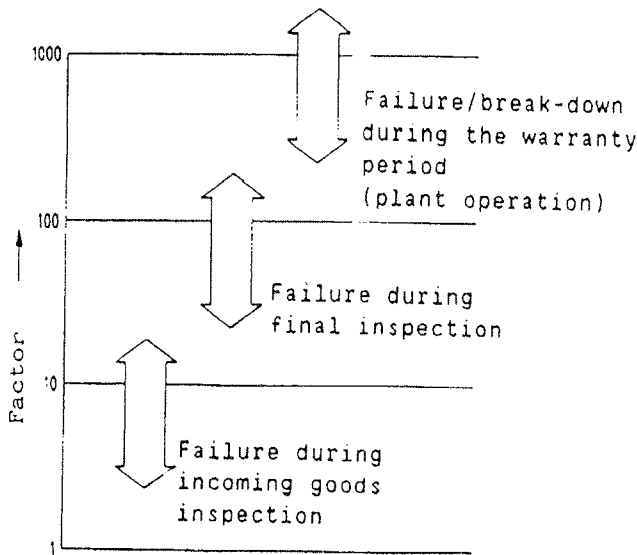


Fig 3: The later the failure of a component occurs, the higher are the failure remedy costs of the device or plant.

The more complex a unit becomes, the higher are the requirements made on the faultless condition of the components.

If a device includes, for example, 500 components with an early failure rate of 0.1%, a share of 39% of defective components has to be expected. The device manufacturer will generally not accept such a high failure frequency, and try to reduce it considerably with appropriate measures. This means however, that with a failure share of 5% defective devices or less, the components may have an average early failure rate of a maximum of 0.01%.

The production step in which suitable measures have to be taken can only be determined by an analysis of the failure remedy costs for defective components. Normally, the costs for the repair of the board, device or even a complete plant are much higher than the price of the component causing the failure (Fig. 3). In addition, consecutive costs for repeated recourse to the maintenance service within the scope of warranty have to be considered. The most economic measure within the scope of a longterm return-on-investment analysis is thus the defined introduction of pretreatment on the component. If, for example, a treatment of complete assemblies or devices were to be introduced, the admissible ambient temperatures for implanted plastic-encapsulated potentiometers, electrolyte capacitors etc. would form the maximum value of the ageing temperature. Therefore, the ageing effect with permissible assembly temperatures of 60 to 90°C is very low. For this reason, such an assembly test is not a pretreatment, but only a functional test is indeed a purposeful and useful quality assurance measure in current electronics production, which is demanded in the relevant norms and standards. As,

however, the components are the decisive causer of device failures, pretreatment methods should be carried out on component level.

Provoking failures

Reliability problems normally always occur whenever faulty workmanship does not result in an immediate break-down of the component. This is true, for instance, if an exposure mask is not properly adjusted and a land on the chip was thus etched too thinly. This will lead to a contraction of the streamlines on this land, and after a certain time, to an interruption of the land. Such failure behaviours cannot be found with pure quality assuring measures, since components are generally only temporarily subjected to quality tests, and such weak points do not show immediate malfunction behaviour. To find those weak points, reliability tests have to be carried out on the basis of the physical effects which lead to the destruction of these weak points.

For the different failure causes there are different testing methods which make use of the corresponding physical effects e.g. thermal expansion, corrosion, ageing etc. Thus, temperature shock tests are often carried out to find mechanical weak points, whilst corrosion tests are more appropriate for the testing of the quality and reliability of packages. As regards the preageing of components, temperature and electric energy form the fundamental physical parameters of a burn-in application. In 1889, this basic behaviour was formulated as an equation by the Swedish Nobel prize winner S. Arrhenius as the theory for different chemical and physical processes:

$$r = A \exp (-EA/kT)$$

r = occurrence probability

A = material constant

EA = activation energy

k = Boltzmann constant

T = temperature in Kelvin

It expresses the probability with which physical processes occur.

From this equation one derives the "factor of acceleration"

$$f = \exp (EA(T_2-T_1)/k T_1 T_2)$$

This acceleration factor shows that the initiation of physical effects which destroy weak points, is much more likely to take place at higher temperatures than at lower ones. This shows clearly that temperatures as high as possible are required for ageing effects, the maximum temperature being limited by the component.

Static and Dynamic Burn-In

On principle, one distinguishes between two different burn-in processes depending on the admission of the stress parameter electric energy:

- * static burn-in
- * dynamic burn-in

With static burn-in, the component is only connected to supply voltages and ground to produce high field strength differences at the pn transition of the semiconductor. In this way only those failure mechanisms can be accelerated which are due to crystal impurities. Therefore, this burn-in process is highly efficient only with simple components (e.g. diodes, transistors) and less complex ICs (SSI).

With more highly integrated semiconductors (partly MSI, mainly LSI and VLSI) not every pn transition of a chip will be accessible directly via the socket pins any longer. For this reason, with static burn-in only few boundary layers of the IC would be activated by the electric stress parameter. However, to address as many gate circuits as possible, it is necessary to supply the input with defined high/low signals (patterns). The electrical signals thus being dynamic, one speaks here of dynamic burn-in, which is much more effective for the recognition of early failures with integrated circuits than static burn-in. To make the results reproducible, the systems must feature low temperature gradients, as different temperature distributions in the oven would lead to different ageing speeds and thus to early failure rates which are no longer comparable. Another demand made of the temperature gradients in the oven results from the wellknown bath tub curve, because it is an endeavour to eliminate the early failures in a relatively short time. The burn-in temperature must thus be set just below the permissible component temperature, which causes small tolerances of temperature distribution in the oven.

Therefore, it must be ensured that excessive temperatures cannot arise at all, and each misbehaviour of the system leads to a system shut-down. As a result, the systems must feature a self-testing function. To be able to adapt the systems to future applications (technological innovations) and to the different requirements of the individual system users, it is necessary to have modular system structures. Only with modular and flexible basic structures in the systems is it possible to realize future-orientated concepts. They make sure that the next generation of components can be subjected to burn-in in the same systems. The systems proper should feature a high degree of reliability, which should also comprise ease of maintenance and customer service. The main point of the general requirements put to burn-in system is a perfected safety concept which assures that each system error be recognized and communicated to the operator immediately.

All in all, the following demands have to be made on a burn-in system:

General requirements

- * High degree of reliability for the stress parameters temperature and electric energy to be set
- * Self-testing system
- * Modular system configuration
- * Integrated safety concept
- * Servicing ease

Requirements made on the oven

- * Low temperature gradients
- * High throughput
- * Easy handling

Requirements made on the electronics

- * Easy connection techniques for voltage and signal supply
- * Universal, standardized control-logic electronics
- * Easy programming by use of a PC

Safety Stands in the Fore

The demand for low temperature gradients is met by the present burn-in system with two different types of oven. One type works on the air-circulation principle, where the arrangement of airguide plates guarantees that minimum temperature gradients arise. The other type of oven features cooling plates opposite each burn-in board, removing the energy dissipated by the components in close proximity to the test specimen. Also with this oven type, no remarkable temperature gradients occur.

The electronics concept (Fig. 4) makes it possible to provide each burn-in board with its own control-logic electronics plugged-in opposite. In this way different specimens can be subjected to ageing by different burn-in methods in one system. Using parallel circuits, it is also possible to form zones in the oven which permit the operation of several boards from one control-logic unit. There are three basic types of control-logic unit which are all standardized. One unit is designed for static burn-in, and two units for dynamic burn-in. One control-logic unit for dynamic burn-in has an optionally programmable pattern-RAM, so that a wide range of logic components can be burnt-in. Due to the free programmability, different specimens can be burnt-in with the same board. The second control-logic board, designed especially for the burning-in of memory components, automatically generates different test patterns, e.g. Galpat, Checker Board etc.

The entire system is supported by a computer system with a versatile software package. This software package enables the user to write test programs of his own, modify existing test programs, and it leads to a fully automatic test system in the final development stage.

This means that upon insertion of a burn-in board, the computer automatically recognizes which type of specimen is available on the board, and the appropriate test program will be loaded at the corresponding place.

This electronics concept can be installed in different oven systems. An oven group for boards with the dimensions of 198 mm x 420 mm has capacities of 2, 18, 36 or 54 boards. The second group, mainly for production, can accommodate 28 or 68 boards with considerably larger dimensions (400 mm x 540 mm). The electronics can be exchanged with full compatibility and is reusable within the system group. In development sections, it is possible to carry out investigations with small systems and determine test procedures which will then be taken over exactly in the production sector or incoming goods inspection. Due to the fact that the systems have the same construction features, the results will remain compatible.

to the control-logic boards for monitoring, by means of feedback lines via contacts. This guarantees that all voltages on the burn-in board are set correctly. In addition, all electronic signals which are lead to a burn-in board are returned from it to the monitoring systems on the control-logic boards via contacts. This makes sure that also the dynamic control-logic signals are available on the burn-in board in the desired form.

The extensive safety systems in the oven and the electronics section permit permanent process control. All error data is sent to the host computer via a guide computer which furnishes a detailed error analysis and automatically initiates appropriate protective measures. Depending on the type of error, this system switches off the oven or individual boards, or provides a message for the user that corrections have to be made in some individual cases.

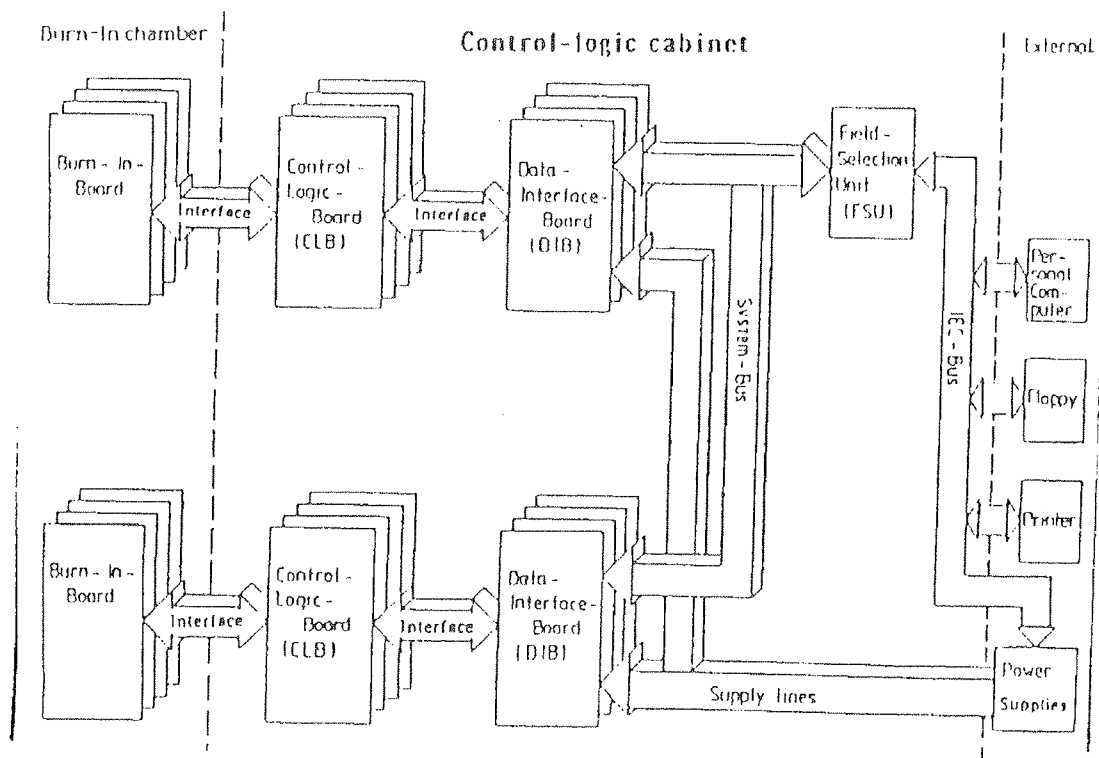


Fig 4: Functional block diagram of the control-logic and monitoring concepts of the burn-in system

The ovens feature several safety systems. An adjustable temperature limiter for load protection, which can be set to a maximum value by the user, serves as temperature controller. A temperature limiter which protects the oven is set to the maximum oven temperature. In addition, there are cooling system monitoring devices.

In the electronics section, all supply voltages are lead via the control-logic boards which recontrol the voltages in order to compensate voltage drops in long lines. The voltages are lead to the burn-in boards and are returned

poslan izvornik 7/5.89
 Dr. MANFRED KIRSCHNING
 The author is sales manager of the product line reliability testing of W.C. Heraeus GmbH, Produktbereich Elektrowärme, Hanau, FRG

MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU - Centar za molekularne mašine Đuro Koruga

Na Mašinskom fakultetu u Beogradu osnovan je 1985. godine Centar za molekularne mašine. Funkcija ovog Centra je da se bavi obrazovanjem i naučno-istraživačkim radom iz oblasti primene biologije u tehnici. Kako se u biološkim sistemima na molekularnom nivou odvijaju fundamentalni informacioni procesi koji ne samo da određuju dinamiku ćelije već bitno utiču na strukturu i funkciju organizma kao celine, to je ova obrazovno-istraživačka jedinica zbog uloge koju ima dobila naziv Centar za molekularne mašine.

Centar raspolaže početnom opremom i kadrovima za obrazovanje i istraživanje u ovoj oblasti. U Centru su za sada zaposlena tri nastavnika sa Fakulteta i četiri mlada istraživača (biolozi i inženjeri) sa punim radnim vremenom i obavezom završetka magisterija ili doktorata. Pored toga, sa Centrom aktivno saraduju i osmorica istraživača sa drugih fakulteta i instituta, bilo sa 1/3 radnog vremena, bilo kao spoljni saradnici. Po sistematizaciji, u Centru ima u 1989. god. mesta sa punim radnim vremenom i za dva biologa, dva elektroničara, dva matematičara, dva mašinska inženjera sa grupe za automatsko upravljanje i jednog lingvistu. U periodu 1990.-1995. broj potrebnih istraživača sa punim radnim vremenom za realizaciju programa Centra biće između 15 i 20.

Centar raspolaže savremenom opremom kako za obrazovanje tako i za naučno-istraživački rad. U Centru je 1988. god. instalisan neuroračunar (treći u Evropi) kapaciteta od 2,5 procesnih elemenata i brzinom rada od 10 miliona pik interakcija u sekundi. Centar raspolaže i neuročipom urađenim u SAD u VLSI tehnologiji. Pored toga Centar raspolaže opremom a istraživači su ovladali tehnologijom izdvajanja bioloških materijala neophodnih za razvoj i izgradnju čipova na molekularnom nivou. Za obrazovne svrhe postoji multi video sistem sa potpunom bibliotekom kasete iz oblasti molekularne biologije i neuroračunara. Tako se studenti profila za Automatsko upravljanje, koji slušaju predmet Bioautomatika, na poslediplomskim i redovnim studijama upoznaju sa najnovijim dostignućima u svetu iz oblasti informacionih tehnologija.

Početna istraživanja u ovoj oblasti finansira Republička Zajednica za nauku SR Srbije kroz petogodišnje projekte 1986.- 1990. Skromnim sredstvima ova istraživanja je pomogla i privreda.

Prema programu period 1985.-1990. je pretežno period praćenja istraživanja u svetu, formiranja istraživačke grupe kod nas i istraživanje u pojedinim oblastima. 1989.-1990. je početak organizovanja razvoja iz oblasti neuroračunara. Puni razvoj YU- neuroračunara se

planira u periodu 1989.-1995., a prvi prototip bi se mogao očekivati 1993. godine.

Naučno-istraživački rad

U Centru se obavljaju istraživanja iz oblasti informacionih biotehnologija. Tri glavne grupe istraživanja su: neuroračunar, neuročipovi i molekularni čipovi (primena organskih i bioloških molekula za izgradnju čipova i računara na molekularnom nivou).

Oblasti istraživanja, razvoja i proizvodnje:

I Neuroračunari

1. Istraživanje primene postojećeg neuroračunara u oblasti automatskog upravljanja, analize signala (EKG, EEG, radara...), prepoznavanje oblika, govora, igranja šaha idr.
2. Istraživanje i ugradnja neurokoprocesora svetskih proizvođača u 32-bitne računare domaće proizvodnje.
3. Istraživanje i razvoj YU-neuromreže.
4. Istraživanje i razvoj YU-neuroračunara. U oblasti software istraživanje i razvoj jezika "Neuro-C" i neuro-softa, a u domenu hardware neurokoprocesora na bazi YU-neuromreže.
5. Istraživanje i razvoj novog jezika za neuroračunare "NEURON- I".

II Neuročip

1. Istraživanje i razvoj čipa i senzora u VLSI tehnologiji na bazi saznanja informacionih procesa u retini oka i uha.
2. Istraživanje čipa u VLSI tehnologiji na bazi saznanja rada informacionih procesa u neuronu.
3. Istraživanje novog jezika za neuročipove pod nazivom "NEURON- II".

III Molekularni čipovi i računari

1. Izdvajanje bioloških materijala iz mozga teleta i svinje za izgradnju molekularnih čipova i senzora.
2. Biohemijaska i biofizička istraživanja bioloških i organskih materijala za molekularne čipove i senzore.
3. Istraživanje i razvoj genetskog inženjerstva i biotehnologije za dobijanje biomaterijala za molekularne čipove.
4. Istraživanje nanotehnologija za izgradnju čipova na molekularnom nivou.

NEURORAČUNARI su neprogramabilne visoko paralelne mašine zasnovane na 32-bitnim mikroprocesorima koji su povezani i organizovani na bazi saznanja rada bioinformatičkih procesa u neuronu i neuronskim mrežama.

NEUROČIPOVI su informacione naprave u VLSI ili ULSI tehnologiji na principu rada informacionih procesa u biološkim sistemima.

MOLEKULARNI ČIPOVI su informacione mašine sastavljene od neorganskih, organskih i bioloških molekula na bazi rada neuronskih i sub-neuronskih mreža.

BIOKOMPJUTERI su informacione mašine koje su sastavljene od molekularnih čipova i/ili od žive ćelije i neuročipa.

NEUROSENZOR je naprava u VLSI tehnologiji na principu rada oka, uha i drugih biosenzornih sistema.

BIOSENZOR je naprava sastavljena od mikroelektroničkih elemenata i biološkog materijala sa sposobnošću da biohemijske i biofizičke signale pretvara u električne ili optičke.

Poziv na saradnju

Imajući u vidu složenost zadatka i potrebu organizovanijeg pristupa istraživanju, razvoju i proizvodnji naprava i mašina na osnovama informacionih biotehnologija (neuroračunari, neuročipovi, biosenzori, molekularni čipovi i računari i dr.) pozivamo vas na saradnju u okviru zajedničkog istraživačko-razvojnog i proizvodnog programa. Na ovom zadatku jednako je važno da se nađu kako fakulteti, instituti i privredne organizacije, tako i društvene institucije regionalnog, republičkog i saveznog nivoa zadužene za podsticanje i razvoj nauke, tehnologije i proizvodnje u civilnom i vojnom sektoru. Proizvodi bazirani na informacionim biotehnologijama mogli bi imati značajnu ulogu u izvoznim programima naše zemlje u skoroj budućnosti.

Vreme i cena istraživanja

1. Program neuroračunara - izrada prototipa:

1.1. Primena neuroračunara: Početak rada odmah, rad kontinualan, za svaku oblast primene 2 istraživača godine.

1.2. Ugradnja gotovih neurokoprocesora: Početak rada odmah, rad 6-8 meseci, 3 istraživača godine.

1.3. YU-neuromreža: Početak rada odmah, rad 2 godine, 6 istraživača godine.

1.4. YU-neuroračunar: Početak 1989., rad 3-5 godina, 50 istraživača godina.

1.5. Jezik "NEURON I": Početak 1990., rad 2-3 godine, 12 istraživač godina.

2. Program neuročipa

2.1. Projektovanje neuročipa u VLSI tehnologiji: Početak 1989., rad 2-3 godina, 6 istraživača godina. Izrada prototipa čipa: Početak 1992., rad 2 godine, sredstva za izradu čipa.

2.2. Čip-neuron u VLSI tehnologiji: Početak 1989. godine, rad 5-7 godina, 20 istraživač godina.

2.3. Jezik "NEURON II": Početak 1992., rad 2 godine, 4 istraživača godine.

3. Molekularni čipovi i računari

3.1. Biomaterijali: Početak rada odmah, rad kontinualan, 3 istraživača godišnje.

3.2. Istraživanja osobine biomaterijala: Početak rada odmah, rad kontinualan, 3 istraživača godišnje.

3.3. Genetski inženjering i biotehnologija: Početak 1989., rad kontinualan, 2 istraživača godišnje.

3.4. Nanotehnologije: Početak rada odmah, rad kontinualan, 3 istraživača godišnje.

Početak razvoja iz ove oblasti može se očekivati u periodu 1995.-2000. godine, a proizvodnja tek 2000.-2010. godine.

MOGUĆE OBLASTI PRIMENE NEURORAČUNARA:

- * Finansije - evidentiranje kredita, analiza korišćenja zajmovnih limita, analiza i optimizacija novog proizvodstva, analiza finansija u preduzeću i dr.;
- * Bankarstvo - marketing analize, očitavanje čekova, pojačavanje fizičke sigurnosti, evaluacija zajmova, evidentiranje kredita klijenata;
- * Osiguranje - evaluacija polisa, analiza kretanja isplata, analiza i optimizacija novih proizvoda;
- * Primena u vojne svrhe - obrada slike, radar, sonar (redukcija šuma, kompresij podataka, izdvajanje svojstava, raspoznavanje oblika), modeli suprotstavljenih snaga, nišanje i vodjenje, novi senzorski sistemi;
- * Industrija zabave - analiza tržišta i prognoza, specijalni efekti, animacija, restauracija;
- * Automobilaska industrija - upravljanje sklapanja šablona, analiza opravki u garantnom roku, automatski vozač;
- * Transport - obrada tovarnih listova, planiranje voznog reda i ruta, upravljanje vozarinama u avionskom saobraćaju;
- * Telekomunikacije-kompresija govora i slike, automatizovanje informacione službe, prevod izgovora

renog teksta u realnom vremenu, sistemi za obradu naplata od potrošača;

- * Otvaranje prodajnih mesta - biranje lokacija;
- * hartije od vrednosti - savetodavni sistemi za berzansku i robnu razmenu, tehnička analiza tržišta/preduzeća roba, analiza kredita;
- * Robotika-sistemi vidjenja, upravljačke jedinice za robotiku;
- * Industrijska proizvodnja - vrlo jeftini vizuelni kontrolni sistemi, nedestruktivno testiranje, izrada plana proizvodnje;
- * Elektronika - VLSI čip projektovan, procesna kontrolna kontrola proizvedenog čipa;
- * Vazduhoplovstvo - detekcija kvarova u avionici, kontrolni sistemi vazduhoplova/vasionskih brodova, pojačavanih sistema rada automatskog pilota,

*Dr. Đuro Koruga, dipl.ing.
Mašinski fakultet Beograd
Centar za molekularne mašine
Ul.27 Marta 80, 11000 Beograd*

KONČAR - Stručne informacije

Miroslav Turina

Pred kraj 1988. godine izašla je iz tiska revija KONČAR stručne informacije br. 1-2 1988. Ovaj broj revije prikaz je aktivnosti koje se obavljaju u SOUR-u Rade Končar na razvoju i primjeni aplikativno specifičnih integriranih sklopova i nekih drugih dijelova elektroničke tehnologije. Na 59 stranica velikog formata nalazi se 11 članaka od kojih prvi članak "Osvrt na razvoj elektronike", autora Jasminke Čupurdije, Velimira Rajkovića, Miroslava Turine i Srebrenke Ursić predstavlja uvod u materiju, koja je obrađena u ostalim člancima. U spomenutom članku opisan je tok razvoja tehnologija koje omogućavaju tzv. gusto pakiranje elektroničkih funkcija, perspektiva i civilizacijski utjecaj elektroničkih tehnologija s posebnim osvrtom na tehnologije poluvodičkih i hibridnih sklopova, te površinske montaže.

Gustoća pakiranja uzrokuje promjene u metodama projektiranja i testiranja samih mikrosklopova, a zatim i uređaja koji su građeni na osnovi mikrosklopova.

Naznačeno je da pri realizaciji elektroničkih funkcija treba voditi računa o specifičnostima odabrane tehnologije i ciljevima koji se žele postići.

Autori Srebrenka Ursić i Tomislav Švedek u članku "Razvoj aplikativno specifičnih integriranih sklopova u Elektrotehničkom institutu - Rade Končar" naglašavaju da

rast složenosti električkih i elektroničkih sklopova i njihovih sastavnih dijelova primorava proizvođače elektroničkih uređaja da konvencionalna rješenja na štampanoj pločici zamijene tehnološki integriranim rješenjima, tj. da zađu u područje mikroelektronike. Aplikativno specifični integrirani sklop (kratica engl. ASIC) je vrhunski predstavnik toga pristupa budući da omogućuje jednoznačni odnos između elektroničkog rješenja funkcije i izvedbe toga rješenja u silicijskom čipu. U članku je opisan pristup projektiranju ASIC-a koji se usvaja u SOUR-u "Rade Končar", dani su pregled i iskustva do sada razvijenih ASIC-a i naznačena je procjena uspješnosti razvoja te djelatnosti. Najveća aktivnost trebala bi se odvijati u razvoju proizvoda u kojima se do sada nije primjenjivala elektronika. Budućnost djelatnosti projektiranja ASIC-a usko je vezana uz budućnost ekspanzije elektronike u SOUR-u "Rade Končar" i uz odgovarajuću marketinšku podršku. Uz zadovoljavanje potreba u "Radi Končaru" ova djelatnost sama za sebe može postati izvozni proizvod i prozor u svijet u "par excellence" visokoj tehnologiji.

Članak "ASIC - vremenski programator" autora Mladena Štulića, Miroslava Turine i Jasminke Čupurdije opisuje prvi projektirani digitalni sklop po narudžbi u "Radi Končaru", namijenjen prvenstveno za aplikacije u kućanskim aparatima i ugostiteljskoj opremi. Dat je funkcionalni opis sklopa, njegove električke karakteristike, te je ukratko opisan postupak projektiranja i ugradnja mogućnosti testiranja u sklop. Na kraju su opisane i aplikacije vremenskog programatora u upravljačkim uređajima električne friteze i električne grijalice vode.

Postupak projektiranja aplikativno specifičnog integriranog sklopa (ASIC) vremenske baze za mikroprocesor Z80 prikazan je u članku "ASIC vremenska baza za mikroprocesor Z80", autora Tomislava Švedeka. U članku se posebno ističe primjena principa projektiranja ispitljivosti ASIC-a kojim se ubrzava postupak testiranja i evaluacija dizajna. Naglašena je i primjena razvijenog ASIC-a u sistemu za mikroprocesorsko upravljanje standardnim dizalom (MIDI).

Goran Božić, Nenad Marinović, Vlastimir Ivančić, Mijo Vilić i Milivoj Boltužić napisali su članak "Kontrola ventilacije i nadtlaka izvedena s aplikativno specifičnim integriranim sklopom."

Osiguranje pouzdane ventilacije nekontaminiranom atmosferom od primarnog je značenja za sve prostore i nužan pratilac u svim tehnološkim procesima. Kontrolnik ventilacije i nadtlaka je uređaj koji osigurava te uvjete. Zbog pouzdanosti, gabarita i ekonomičnosti odlučeno je da veći dio funkcije uređaja bude izveden pomoću ASIC-a. U članku je dat funkcionalni opis ASIC-a s vremenskim dijagramom i dijagramom toka signala. Znatan dio projektiranja ASIC-a je fizičko projektiranje. Na kraju su prikazane najkarakterističnije primjene kontrolnika ventilacije i nadtlaka u rudnicima i industriji.

Realizacija zaštitnog elektroničkog modula (ZEM), kao aplikativno specifičnog integriranog sklopa u mikroelektroničkoj tehnologiji debelog filma predstavlja kvalitetan skok na području elektroničke zaštite elektroenergetskih mreža. Koncipiran strukturalno za općenitu namjenu kao modul s centralnom obradom podataka i perifernim pristupom ulaznim i izlaznim funkcijama, ZEM može naći široku primjenu od zaštite elektroenergetskih mreža specifičnih industrijskih grana (na pr. u rudarstvu) do primjene u instalacijama stambenih zgrada.

Ovo je sažetak članka "Tehnika hibridnih integriranih sklopova za elektroenergetsku zaštitu u industriji", autora Tomislava Švedeka, Nenada Marinovića, Srebrenke Uršić, Miomira Klimana, Miroslava Matasovića i Brune Žaka.

Viktor Šunde, Stjepan Črne, Boris Bastijanić i Goran Božić u članku "Simulacija elektroničkih sklopova" navode prednosti analize simulacijom elektroničkog ponašanja sklopa primjenom računala u odnosu na klasične postupke analize. Uz strukturu analognih simulatora prikazane su i mogućnosti analiza koje oni obavljaju. Navedene su radnje koje su do sada obavljene u "Radi Končaru" vezane uz ovu djelatnost. Data su dva primjera simulacije konkretnog analognog i digitalnog sklopa upotrebom simulatora MICRO-CAP II i SCEPTRE. Na kraju su izneseni razlozi koji su doveli do ideje za razvoj vlastitog interaktivnog simulatora.

U članku "Projektiranje elektroničkih sklopova pomoću računala" autora Borisa Bastijanića, Vlastimira Ivančića i Milene Kolundžić razmatra se primjena računala u projektiranju elektroničkih sklopova. Najprije je opisan razvoj programskih pomagala kroz karakteristične faze i to od početka primjene računala u projektiranju do danas. Dan je pregled programskih pomagala koja se koriste u "Radi Končaru". Na kraju su prezentirani koncepti za razvoj vlastitog programskog sustava za projektiranje elektroničkih sklopova.

Autor Stjepan Črne u članku "Datoteka elektroničkih podsklopova" kaže da bi se koristeći već razvijene, u eksploataciji dokazane, elektroničke podsklopove mogao ubrzati razvoj složenijih sklopova. Da bi razvojni projekti mogli koristiti takva, već gotova rješenja, potrebno je formirati datoteku elektroničkih podsklopova.

Prikazan je način formiranja datoteke i opseg aktivnosti na njezinom formiranju.

Prikazan je primjer podsklopa iz datoteke da bi projektanti stekli uvid u sadržaj informacija koji je potrebno obraditi za svaki podsklop.

"Hibridni integrirani sklopovi" naslov je članka autora Grete Prajdić. U uvodnom dijelu članka razmatran je pojam hibridnog integriranog sklopa i njegova uloga u elektronici. Uspoređena su svojstva hibridnih sklopova izvedenih tehnikom debelog i tankog filma, te monolitni, hibridni i sklopovi na tiskanim pločicama. Analiziran je

postupak izrade hibridnog integriranog sklopa RK3-1099.05 i ilustriran slikama uzoraka u pojedinim fazama tehnološkog procesa. Članak završava zaključcima u pogledu statusa hibridne tehnologije i perspektivama primjene hibridnih sklopova u SOUR-u "Rade Končar".

Posljednji članak u reviji je "Površinska montaža elektroničkih elemenata" autora Zlatka Čukelja i Miroslava Turine.

U članku se kaže da će tehnologija površinske montaže elektroničkih elemenata naći široku primjenu u proizvodnom programu SOUR-a "Rade Končar" zbog povoljnih karakteristika, kao što su male dimenzije, pouzdanost u radu i konkurentna cijena. Analiza potreba u "Radi Končaru" pokazala je da je potrebno uvesti tehnologiju površinske montaže najprije kao dopunu konvencionalnoj tehnologiji, a kasnije kao glavnu tehnologiju. 1987. godine prišlo se u OUR- "Elektrotehnički institut" i u RO- "Elektronika i informatika" ostvarenju projekta "Površinska montaža". U okviru projekta prišlo se izboru i standardizaciji komponenata za površinsku montažu, napravljeni su tehnički zahtjevi i propisi za projektiranje štampanih pločica za površinsku montažu, analizirani su i odabrani tehnološki postupci za proizvodnju koji će se primjenjivati i napravljen je projekt probne linije za proizvodnju.

Zainteresirani čitaoci mogu dobiti separate pojedinih članaka direktno od autora. Adresa svih autora je:

"Elektrotehnički institut - Rade Končar", 41000 Zagreb, Baštijanova bb.

je Miroslav Turina, dipl.ing.
Rade Končar - ETI
Baštijanova bb., 41000 Zagreb

Prikaz doktorske disertacije STUDIJA KVANTNOELEKTRONSKIH OSOBINA KVAZIDVODI- MENZIONIH MIKROSTRUK- TURA

Dimitrije Tjapkin

Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, dana 24.1.1987. godine, Mr Zoran Ikončić, asistent Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, odbranio je doktorsku disertaciju pod naslovom "Studija kvantnoelektronskih osobina kvazidvodimenzionih mikrostrukture". Komisija za odbranu ove disertacije bila je u sastavu: prof.dr

Dimitrije Tjapkin, dr Vitomir Milanović, prof. dr Mihailo Marković, prof. dr Zoran Djurić i doc. dr Rifat Ramović. Doktorska disertacija Mr Zorana Ikonića otkucana je na 105 strana, i sadrži 23 slike-dijagrama, jednu tabelu, i bibliografiju od 77 jedinica.

Cilj disertacije je proučavanje nekih elektronskih (zonska struktura) i optičkih (apsorpcija) osobina poluprovodničkih mikrostruktura na bazi $\text{GaAs-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ heterospoja, s namerom da se sa kvantnomehantičkog stanovišta rasvetle pojedini procesi i na osnovu ovoga otkriju mogućnosti daljeg poboljšanja karakteristika ovih struktura, vezano za mogućnost njihove primene u elektronskim i optoelektronskim napravama.

Osim uvoda (8 str.) i zaključka (6 str.) rad ima dva dela-glave i jedan dodatak, s tim što se 2. glava (25 str.) odnosi na analizu uticaja indirektnih minimuma na koncentraciju nosilaca u $\text{GaAs-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ super-rešetci, 3. glava (50 str.) na analizu apsorpcije u kvantnim jamama u prisustvu električnog polja, dok se dodatak (7 str.) odnosi na uporednu analizu tečnog i perturbativnog postupka određivanja zavisnosti energetske strukture od jačine električnog polja.

U prvom delu rada (2. glava) analiziran je problem uticaja indirektnih minimuma (X i L) provodne zone polaznih materijala (GaAs i $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$) na zonski spektar i koncentraciju elektrona u $\text{GaAs-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ super-rešetci. Minizoni spektri koji pripadaju Γ , X i L minimumima određeni su na bazi modifikovanog Kronig-Penijevog modela, koji uzima u obzir različitost efektivnih masa u oba materijala. Pokazano je da se zonska struktura ove superrešetke (orijentacije (100), koja se najčešće pravi) može približno predstaviti sa 4 međusobno nezavisna skupa minizona od kojih po jedan potiče od Γ i L , a dva od X -minimuma, tj. da dolazi do delimičnog ukidanja degeneracije ekvivalentnih X -minimuma prve Brillouinove zone. Na bazi energetske strukture dalje je izračunata raspodela elektronske koncentracije po minizonama Γ , X i L minimuma. Posebno je analizirana zavisnost relativne populacije f_T minizona Γ -minimuma od parametara strukture (debljine i sastava slojeva), i nadjene su oblasti gde ona ima velike (≈ 1) ili male (≈ 0) vrednosti.

Pokazano je da se velike vrednosti f_T mogu očekivati samo za manje vrednosti molskog udela Al ($X < 0.5$) u materijalu barijere, nezavisno od debljine slojeva, ukoliko je vrednost relativnog diskontinuiteta provodne zone 0.57 (koja danas izgleda mnogo verovatnija od ranije korišćene vrednosti 0.85).

Ovi rezultati imaju direktne implikacije pri projektovanju lasera sa ovom super-rešetkom, jer samo elektroni T -minimuma mogu učestvovati u jednodimenzionalnim stimulisanim prelazima, i u radu je ukratko analiziran uticaj veličine f_T na rad ovih lasera sa optičkom i električnom pobudom.

Drugi deo rada (3. glava) posvećen je kvantnomehantičkoj analizi apsorpcije u poluprovodničkim kvantnim jamama na bazi $\text{GaAs-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ heterospoja u prisustvu električnog polja normalnog na ravan jame. Analiziran je energetski spektar, koji je u potpunosti kontinualan i rešen problem normalizovanja talasnih funkcija. Dat je izraz za ukupnu apsorpciju svetlosti u ovoj strukturi, koji se u graničnom slučaju, kada nastaje jama, svodi na poznati izraz za apsorpciju homogenog poluprovodnika u električnom polju (Franc-Keldišev efekat), izveden na drugačiji način. Posebna pažnja je posvećena prirodi i uticaju kvazi-diskretnih (rezonantnih, virtuelnih) nivoa elektrona i šupljina na proces apsorpcije. Izvedeni su izrazi za apsorpciju jame u slučaju uskih rezonancija i u poredjenju sa rezultatima dobijenim u okviru modela diskretnog spektra. Takodje su analizirani prelazi izmedju elektronskih i šupljinskih nivoa raznih rednih brojeva, i pokazano je da električno polje ukida selekciona pravila u slučaju prelaza izmedju nivoa različite parnosti, pri čemu prelazi koji su bili strogo zabranjeni u odsustvu polja mogu pri određenim vrednostima polja čak postati dominantni.

Rezultati ove analize značajni su za projektovanje elektro-optičkih modulatora svetlosti na bazi ove strukture, i na kraju ovog dela je data kvalitativna diskusija o ovoj problematici.

Usko povezan sa ovim delom je i dodatak u kome je razmatrana veza izmedju tačnog i perturbativnog pristupa problemu zavisnosti energija rezonantnih nivoa pri malim vrednostima električnog polja.

Glavni rezultati disertacije publikovani su u renomiranim međunarodnim časopisima *Physical Review B*, *Journal of Physics C* i *Physics Letters A*, kao i na domaćim konferencijama ETAN i MIEL.

Je Dr Dimitrije Tjapkin, red.prof.
Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu
Bulevar Revolucije 73, Beograd

PRIKAZ MAGISTARSKOG RADA "DVODIMENZIONA ANALIZA ELEKTRIČNIH PARAMETARA U POLUPROVODNIČKIM STRUKTURAMA"

Rifat Ramović

Na Elektrotehničkom fakultetu, dana 27.06.1987. god. Dušanka Stojanović, istraživač saradnik u Institutu za fiziku u Beogradu odbranila je magistarski rad "Dvodimenziona analiza električnih parametara u poluprovodničkim strukturama". Komisija za odbranu rada bila je u sastavu: prof.dr Dimitrije Tjapkin, doc. dr Rifat Ramović i dr Vitomir Milanović, naučni saradnik.

Magistarski rad Dušanke Stojanović otkucan je na 150 strana i sadrži 37 slika, 2 tabele i bibliografiju od 61 jedinice.

Problem dvodimenzione analize različitih poluprovodničkih struktura tretiran je u mnogim radovima, gde su uglavnom prikazani opšti principi analize, dok su konkretni algoritmi izostavljeni.

Cilj ovog rada je ovladavanje metodom za dvodimenzioni tretman, odnosno rasejanje algoritma i paketa programa, koji bi se primenili na posebne režime već ispitanih struktura, ispitivanje ponašanja struktura koje su poznate u literaturi a nisu dvodimenziono razmatrane, kao i za predviđanje pojava i ponašanja u novim strukturama.

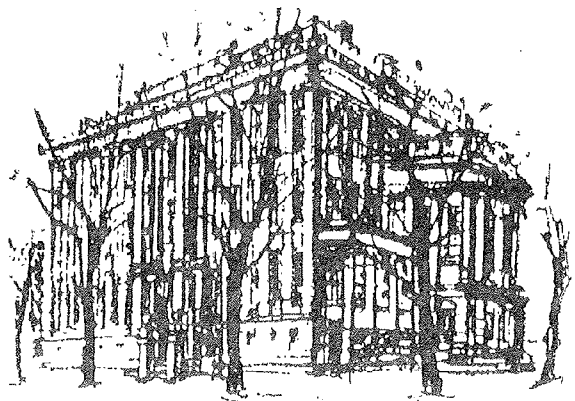
Osim uvoda (4 str.) i zaključka (6 str.), rad ima 4 dela glave.

Druga i treća glava se odnose na matematičko-fizički model elektronike transportnih procesa u poluprovodnicima, četvrta i peta na diskretizaciju osnovnih jednačina i metoda rešavanja algebarskih jednačina a u šestoj glavi su dati rezultati koji se odnose na PIN diodu i kratkokanalni MOSFET.

Paket programa za modelovanje procesa razvijen je na VAX-u na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu i pored ovih osnovnih programa, sadrži prateće programe za grafički prikaz jednodimenzionih i dvodimenzionih raspodela kao i izolacija. Programi su tako napravljeni da se promenom ulaznih podataka, kao na primer, promenom profila primesa, lako može menjati analizirana struktura, i prošireni su analizom pojava u poluprovodničkim strukturama sa efektom vrućih elektrona.

*poslan časopis
Dr. Rifat Ramović, docent
Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu
Bulevar Revolucije 73, Beograd*

70 GODINA KEMIJSKO-TEHNOLOŠKOG STUDIJA



1919-1989

ZNAČAJAN JUBILEJ

Slijedeće školske godine (1989/90) navršava se 70. godina od osnutka Kemijsko-inženjerskog odsjeka u okviru Tehničkog fakulteta u Zagrebu.

U svojem 70-godišnjem postojanju tadašnji Kemijsko inženjerski odsjek prošao je kroz mnoge reforme, te mijenjao ne samo ime već, naravno, i sadržaj studija. Današnji Kemijsko-tehnološki studij provodi OOUR Institut kemijskog inženjerstva, Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tijekom te jubilarne školske godine organizirat će se niz manifestacija kao i izdavanje stručnih publikacija. Predviđa se i uređenje izložbenog prostora u zgradi na Marulićevom trgu u kojoj je studij praktički i započeo te postavljanje izložbe posvećene razvoju studija. Za veljaču 1990 planira se održavanje skupa pod nazivom 'Susret generacija' u čijem će radu kako se očekuje, sudjelovati mnogi znanstvenici, privrednici stručnjaci koji su završili Kemijsko-tehnološki studij.

Želja je organizatora da se obilježavanje 70 godišnjice iskoristi za što bolje povezivanje materijalne proizvodnje i nastave u izobrazbi diplomiranih inženjera svih profila koju provodi Institut kemijskog inženjerstva Tehnološkog fakulteta u Zagrebu. Dobrodošle su i sve sugestije iz udruženog rada materijalne proizvodnje koje bi doprinijele osmišljenom povezivanju. Postoji i mogućnost organizacije posjeta radnim organizacijama u oblasti kemijske industrije. U želji da se zajedničkim nastojanjima trajno unaprijedi studij i podigne na nivo neophodan za prosperitet znanja i tehnologije budućnosti OOUR Institut kemijskog inženjerstva Tehnološkog fakulteta u Zagrebu poziva sve diplomirane inženjere Tehnološkog fakulteta u Zagrebu da se aktivno uključe u obilježavanje ove značajne obljetnice. Prijave za učešće u proslavi 70 godina KTS i sve dodatne informacije mogu se zatražiti od Odbora za proslavu na Tehnološkom fakultetu, Zagreb, Pierottijeva 6.

KONFERENCE, POSVETOVANJA, SEMINARJI, POROČILA

OBČNI ZBOR STROKOVNEGA DRUŠTVA MIDEM, Ljubljana, 22.2.1989 Zapisnik občnega zbora strokovnega društva MIDEM

DNEVNI RED:

1. Otvoritev občnega zbora
2. Izvolitev delovnega predsedstva in ostalih delovnih organov občnega zbora
3. Poročilo predsednika, blagajnika in predsednika OS DK o delu društva v letu 1988
4. Diskusija po poročilih in razrešitev organov društva
5. Predlog kandidacijske komisije za izbiro novih organov društva
6. Volitve organov društva
7. Predlog sprememb statuta društva
8. Predlog programa za novo triletno obdobje in leto 1989
9. Določitev članarine in razno

Ad 1) Na predlog dosedanjega predsednika strokovnega društva dr. Ročaka je bilo soglasno izvoljeno delovno predsedstvo občnega zbora: predsednik V. Pantovič in člana J. Dobeic in R. Ročak, zapisnikar: E. Pirtovšek, overovatelja zapisnika: A. Rožaj-Brvar in M. Slokan.

Predsednik društva je na osnovi poročila tajništva obvestil prisotne, da so se člani s 305 glasovi ZA, 10 proti in 2 vzdržana izjasnili za spremembo 21. člena statuta, in da je občni zbor s prisotnimi člani društva sklepčen.

Ad 2) Na predlog predsednika Pantoviča je bila soglasno izvoljena komisija za sklepe v sestavi: M. Slokan, J. Čupurdija in M. Turina in kandidacijska komisija: IO članov društva (poročila predsednik) in volilna komisija v sestavi: M. Gojo, P. Tepina in S. Beseničar.

Potrjen je bil tudi sklep, da so volitve tajne.

Ad 3) Dosedanji predsednik dr. Rudi Ročak je podal poročilo o delu društva v minulem obdobju in je priloženo zapisniku.

Finančno poročilo je podala blagajničarka društva dr. A. Rožaj - Bryarjeva in je tudi priloženo zapisniku.

Predsednik samoupravne družbene kontrole, mgr. F. Čuk je podal pozitivno oceno dela finančne službe in blagajnika ter potrdil, da ni bilo nobenih pritožb s strani članstva, zato lahko zatrdi, da vodstvo društva v vsemu postopa v skladu s sprejetimi statutarnimi predpisi in veljavno družbeno zakonodajo. Poročilo je priloženo zapisniku.

Ad 4) Po krajši diskusiji prof. J. Dobeica in dr. R. Ročaka so bila soglasno sprejeta poročila. Predsednik delovnega predsedstva V. Pantovič je predlagal razrešnico dosedanjim organom društva in sklep o razrešitvi je bil soglasno sprejet.

Ad 5) Na predlog kandidacijske komisije je prebral dr. R. Ročak predlog liste članov organov društva MIDEM za novo triletno obdobje in sicer dva kandidata za predsednika društva MIDEM:

dr. Rudi Ročak in Ratko Krčmar ter 29 članov za Izvršni odbor in sicer:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. R. Ročak | 2. R. Krčmar |
| 3. V. Pantovič | 4. M. Slokan |
| 5. M. Gojo | 6. P. Tepina |
| 7. Z. Vacić | 8. J. Radja |
| 9. P. Biljanović | 10. A. Peitl |
| 11. J. Čupurdija | 12. M. Damjanović |
| 13. T. Djekov | 14. M. Filiferović |
| 15. S. Amon | 16. F. Jan |
| 17. Dj. Koruga | 18. R. Babić |
| 19. M. Kosec | 20. I. Šorli |
| 21. I. Pompe | 22. A. Rožaj-Brvar |
| 23. S. Solar | 24. M. Stipančić |
| 25. D. Tjapkin | 26. L. Trontelj |
| 27. D. Flam | 28. Lj. Pešić |
| 29. N. Stojadinović | |

Za tovariško razsodišče so bili podani predlogi:

S. Ursič B. Trokić P. Zajkoski

Za odbor samoupravne društvene kontrole so bili predlagani:

E. Pirtovšek A. Keber
S. Rundić B. Dokić F. Čuk

Med delom volilne komisije se je razvila bogata diskusija o dosedanjem in bodočem delu društva. V. Pantovič je poudaril posebno odliko društva MIDEM, ki pogloblja prijateljstvo in tovarštvo med strokovnjaki iz najrazličnejših in tudi konkurenčnih firm po vsej Jugoslaviji, kar pomaga premostiti še tako visoke bariere. F. Jan je predlagal organizacijo strokovnih diskusij brez zbornikov, kajti na ta način bi si lahko podobno kot je to pri nemškem društvu za hibridna vezja izmenjavali izkušnje in znanja, o katerih ne smejo biti objavljeni podatki.

S. Rundičeva je predlagala konferenco o tehnologiji bodočnosti za 5 do 10 let, kaj lahko pričakujemo in v katero smer se bo razvijala elektronika.

V. Isailović je načel problematiko leta 1992 na področju kvalitete, kakovosti in standardizacije, ki zahtevajo od nas izredne napore glede na današnje stanje.

S. Amon je poudaril pomen internacionalizacije društva MIDEM in da bi morali MIEL organizirati v Dubrovniku, s čimer bi pritegnili strokovnjake z vsega sveta.

- Ad.6) Predsednica volilne komisije je podala rezultate volitev: za predsednika društva je bil izvoljen dr. Rudi

Ročak z 20 glasovi, 5 glasov je dobil Ratko Krčmar.

- Ostali člani IO in drugih organov so bili soglasno izvoljeni.
- Ad.7) Dr. Ročak je podal predlog sprememb statuta društva MIDEM, ki je bil soglasno potrjen.
- Ad.8) Novoizvoljeni predsednik društva MIDEM za naslednje triletno obdobje je podal program društva, ki je priložen v zapisniku.
- Ad.9) Predlog o višini članarine društva MIDEM bo v bodoče določal Izvršni odbor in je potrjen znesek 20.000 dln.

je Zapisal: Ervin Pirtovšek, dipl.ing.

Poročilo predsednika MIDEM za leto 1988 na letnem občnem zboru, dne 22.2.1989

1. Delovanje organov društva

1.1. Sekretariat

V lanskem letu se je sekretariat sestel 6 krat. Na svojih sejah je reševal in odločal o tekočih nalogah ter zasledoval in usmerjal delovanje raznih odborov in s tem posredno sodeloval v vseh društvenih akcijah. Zapisniki so se redno posredovali vsem članom izvršnega odbora. Pripomb na delovanje sekretariata ni bilo.

1.2. Izvršni odbor

Izvršni odbor se je sestel 3 krat: zaradi dobre obveščenosti vseh članov odbora in dejstva, da je večina aktivnih članov odbora v sekretariatu, so seje odbora tekle tekoče. Izvršni odbor je vse sklepe sekretariata brez pripomb potrdil.

1.3. Predsedstvo

Predsedstvo se ni posebej sestajalo, vendar je v kratkih neformalnih sestankih izmenjalo mišljenja in podalo sugestije. Tehni nasveti podpredsednikov M. Šlokana, R. Krčmarja in V. Pantovića so bili vedno zelo koristni, prav tako pa tudi sodelovanje našega častnega predsednika Janeza Dobeica.

1.4. Tajništvo

Tajnikoma P. Tepini in M. Goji sta v tekočem letu pomagali P. Suhadolnik in L. Stadler kot honorarni sodelavki. Tajništvo je levji delež nalog opravilo pred in po posvetovanjih, aktivno pa sta bila vključena oba tajnika tudi v vse organizacije manifestacij in publicistično dejavnost.

1.5. Strokovne službe

Za naloge strokovnih služb, knjigovodstvo, računovodstvo, smo tudi letos dobili izredno kvalitetne usluge EZS.

Sprotno knjiženje tov. Kunčeve, posebej pa izredno razumevanje problematike tov. Zorove je omogočalo društvu nemoteno poslovanje. Moramo priznati, da bi brez pomoči EZS in njihovega pravočasnega medfinanciranja društva MIDEM, našim akcijam s finančne plati bolj trda predla. Tako smo pa leto, seveda ne brez napora, finačno prebredli in tudi v teh težkih časih uspešno krmillili. Sicer pa naj o tem govori finačno poročilo.

2. Posvetovanja/seminarji

Največja aktivnost društva MIDEM je vsako leto na področju posvetovanj. V organizacijo posvetovanj so aktivno vključeni člani predvsem lokalnih organizatorjev pa tudi ostali člani programske - organizacijskih odborov.

Tudi aktivnost vseh članov, ki posvetovanjem prisostvujejo dajejo pravzaprav tonus delovanja celotnega društva MIDEM. Kronološko je izgledalo lani takole:

2.1. 11.-13. maj, Zagreb, MIEL 89

Soorganizacija: Republički komite za nauku, tehnologiju i informatiku SR Hrvatske, Rade Končar s tremi DO: ETI, Trgovina, Informatika, RIZ-Tvornica poluvodiča, ETF Zagreb s finančno podporo podjetij INFOSISTEM, ELECTRONIC, VELEBIT Informatika, Tehničar-Tera.

Predsednik organizacijskega odbora V. Srića, predsednik programskega odbora S. Ursić. Na posvetu je sodelovalo okrog 150 strokovnjakov z 79 referati, od tega 67 iz Jugoslavije, 12 iz inozemstva ter kot vedno ekselentni povabljeni predavatelji. Naj jih še enkrat omenim: P.G.A. Jaspers, V. Milutinović, S. L. Hurst, R.L. Anderson, P. Wagner, Z. Ogorelec, Lj. Pešić.

Oceno samega posvetovanja smo s poročili o njem podali v INFORMACIJAH MIDEM 2/88. Ker društvo

MIDEM pomenimo člani, dovolite, da mogoče enkrat na neobičajen način zaključim to poročanje s konstatacijo, da je v organizaciji več ali manj aktivno sodelovalo okrog 20 članov - v pripravah, tekočih delih za dobro odvijanje posveta in pri predsedovanju posameznim strokovnim sekcijam in predavanjem. Vsak je s svojim angažmanom prispeval delež, posebej pa naj omenim tiste, ki so nosili pretežni del bremena. To so bili I. Škunca s komiteja, J. Čupurdija iz Rade Končara in Z. Živič iz Iskre-ME.

2.2. 7.-9. september, Nova Gorica, SD 88

Soorganizator: Iskra Delta

Predsednik organizacijsko-programskega odbora M. Kosec. Na posvetu je sodelovalo okrog 110 strokovnjakov, 9 povabljenih in 60 prispevkov za poster sekcijo je bilo zmanjšano za dva povabljenata referata zaradi onemogočenosti predavateljev. Prisotni so bili naslednji: B. Nemeč, Z. Ikonič, C. Misiano, S. Pejovnik in V. Pantovič.

Za ta posvet je bilo značilno izredno prijetno vzdušje, ki je bilo ves čas posveta prisotno. V odsotnosti predsednika programsko-organizacijskega odbora je M. Slokan vodil tekoče odvijanje posveta, posebej pa je treba omeniti podporo in aktivno delo direktorja Izobraževalnega centra B. Nemca, kot domačina in I. Možina-Podbršček, ki je potrdila svoj sloves odličnega organizatorja.

2.3. 11. oktober, Brdo pri Kranju, Mikroelektronika in družba

Finančna podpora: Iskra - Mikroelektronika

Študijske dneve z aktualnimi problemi smo lani zastavili na sociološko-tehnični obdelavi odnosa visokih tehnologij (mikroelektronika) in družbe. Sodelovalo je 39 udeležencev. Predavatelji pa so bili R. ROČAK, M. MEKINDA, I. BANIČ, E. M. PINTAR, V. SRIČA, P. BILJANOVIČ in D. JURJEVEC. V tehničnem delu organizacije je pomagala M. Hafner iz Centra Gospodarske zbornice Slovenije in P. Suhadolnik, sicer pa sem ostalo, od koncepcije do organizacije opravil sam. To brez odziva omenjenih predavateljev seveda ne bi bilo možno. Ostala je še ene obveznost: izdaja knjige, ki bo izšla to pomlad.

2.4. Seminar AMTEST, 23.-24.2. v Ljubljani

Organizator: A. Keber

Udeležencev 200, finančna podpora s strani partnerja AMTEST. Kot so že predhodni podobni seminarji pokazali koristnost in zanimivost takšnega sodelovanja društva MIDEM s tujimi podjetji, je tudi ta seminar bil izredno uspešen, predvsem pa strokovno zanimiv.

2.5. Seminar HOECHST, 12. 10. v Ljubljani

Organizator: R. Ročak

Udeležencev 50, finančno podprt s strani HOECHST. Kot prejšnji je bil tudi ta seminar zanimiv, poleg tega pa

verjetno tudi osnova za nadaljnje interesno povezovanje.

3. Založniška dejavnost

3.1. Knjiga CEOK

Prispevke posveta CEOK v 1987 smo v začetku leta objavili kot knjigo v nakladi 100 izvodov formata A5 s skupno 219 stranmi.

Urednika: R. Ročak, P. Tepina

3.2. Knjiga prispevkov MIEL 88

Referati so bili objavljeni pred začetkom posveta v obliki dveh knjig A5 formata s skupno 703 stranmi. Urednika P. Tepina, M. Gojo. Potrebno je omeniti, da so povabljeni referati bili tiskani kot posebna številka časopisa *Microelectronics Journal* vol.19, No 4, 1988 s posredovanjem N. Stojadinoviča in s poročilom s konference S. L. Hursta (Anglija).

3.3. Knjiga prispevkov SD 88

Referati s posveta SD so bili objavljeni pred začetkom posveta v obliki knjige A5 formata s skupno 443 stranmi. Uredniki: M. Gojo, P. Tepina, M. Kosec.

3.4. Informacije MIDEM

Strokovni društveni časopis je izhajal redno trimesečno. Uredniški odbor v sestavi: I. Šorli glavni in odgovorni urednik, J. Colnar, tehnični urednik ter R. Babič, R. Ročak, M. Slokan, P. Tepina, M. Turina je načrtoval vsebino posameznih izdaj časopisa, presojal prispevke za objavo ter vodil uredniško politiko v skladu s programsko zasnovo časopisa. Izvedel je registracijo časopisa v skladu z zakonom o javnem obveščanju. Časopis je sedaj vpisan v register časopisov pri Republiškem komiteju za informiranje. Ustanovili smo časopisni svet ter si pridobili pozitivno mnenje o časopisu kot znanstveno strokovni reviji za področje mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov s strani Znanstvenega sveta za tehnične vede I. pri RSS. Izvedba stavka časopisa na računalniku je izboljšala izgled časopisa in povečala tehnično fleksibilnost. Skupaj je bilo tiskanih 265 strani. Od tega je bilo 44% znanstveno strokovnih člankov, po 10% poročil s konferenc, raznih zanimivih vesti in reklam, o materialih in šolanju je bilo 8%, o dejavnostih članov in institucij 5%, terminoloških standardov 4% ter ostalo 7%.

4. Razstave

4.1. Ob posvetu MIEL 88 v Zagrebu je MIDEM organiziral majhno razstavo 16 jugoslovanskih proizvajalcev mikroelektronike. Organizator M. Gojo.

4.2. Ob razstavi Sodobna elektronika v Ljubljani smo se prvič skupaj z EZS predstavili na lastni stojnici. Prikazali smo svojo založniško dejavnost in ostale dejavnosti društva.

5. Strokovna potovanja

V sodelovanju s kongresnim oddelkom turistične organizacije Generalturist iz Zagreba smo organizirali marca strokovno potovanje v Zuerich na razstavo SEMICON z 21 udeleženci.

Organizacija dveh potovanj v Barcelono in Pariz je odpadla zaradi neprijavljenosti udeležencev, v Muenchen pa zaradi težav Generalturista z rezervacijami prenočišča. Čeprav izredno zanimiva in koristna organizacija skupinskih strokovnih potovanj je očitno v naši gospodarski krizi izredno težka.

6. Ostale akcije

Od ostalih običajnih letnih akcij, v katerih sodelujemo organizacijsko ali pa z delovanjem svojih članov, je potrebno poleg letne konference ETAN, MIPRO, omeniti še enodnevni posvet o šolanju za mikroelektroniko (organizator P. Biljanović) in akcijo kolegov iz Novega Sada v okviru multimedijskega programa 'KORAK U 21 VEK' z

javno tribuno pod naslovom 'Korak u 21. vek sa mikroelektronikom'. (organizator M. Živanov).

7. Članstvo in sponzorstvo

Število članov v preteklem letu se je povečalo na 602, kar je 35 več kot leto poprej. To, kar je posebej razveseljivo pa je dejstvo, da je vedno več članov takih, ki jih štejemo v aktiviste in so 'krivi', da je dejavnost društva izredno živahna.

Cilj, ki smo si ga zastavili, da uredimo odnose s sponzorji, je delno uspel. Veliko jih imamo že navezanih nase z dolgoročnimi dogovori. Z nekaterimi sodelujejo naši člani prek reševanja konkretnih strokovnih problemov. Ta del zahteva seveda ogromne napore, posebej v sedanjih težkih gospodarskih razmerah.

*Predsednik MIDEM
dr. R. Ročak, dipl. ing.*

Poročilo o finančnem poslovanju društva MIDEM v času od 1.1.1988 do 31. 12. 1988

ODHODKI

Tiskarske storitve, potni stroški	23.247.190
Pogodbe, najemnine, avtorski honorarji	40.453.710
Reprezentanca	5.095.310
Izobraževanje	18.980.930
Pisarniški material, režija	661.170
Dnevnice	3.181.650
Potni stroški, prevozi, študentski servis	7.167.480
Bančni stroški	126.500
Davki in prispevki	644.150
	99.558.090

PRIHODKI

Presežek iz 1987	505.120
Članarina	934.000
MIEL	30.513.700
SD-88	15.940.000
Sponzorstvo	48.110.410
CEOK87, Mipro, razno	27.425.900
	123.429.130
Razlika med izdatki in dohodki v znesku din predstavlja presežek v letu 1988.	23.871.040
Na poslovni sklad se prenese	13.871.040
prihodke za naslednje leto	10.000.000

Blagajnik: dr Alenka Rožaj-Brvar, dipl. ing.

POROČILO OSDK društva MIDEM za leto 1988

Poslovne evidence prihodkov in odhodkov se vodijo korektno in ažurno. Bilanca stanja ter prihodkov in odhodkov je izdelana za leto 1988, čeprav bo oddana šele 28.2.1989. Podatki iz finančnega poročila blagajnika so skladni z bilančnimi poročili

OSDK v tem obdobju ni dobil nobenih pritožb s strani članstva, zato je moč sklepati, da vodstvo društva v vsem postopa v skladu s sprejetimi statutarnimi predpisi in veljavno družbeno zakonodajo.

*Predsednik OSDK društva MIDEM,
mag. Franc Čuk, dipl. ing.*

PROGRAM DELA STROKOVNEGA DRUŠTVA MIDEM ZA OBDOBJE 1989-1991

Na letnem občnem zboru je bil predlagan in sprejet naslednji program dela strokovnega društva MIDEM:

1. Nadaljevanje utrditve delovanja društva, zagotovitev finančno solidnega poslovanja kot temelja za uspešno izvedbo strokovnih programov ter uveljavitev društva tudi v drugih strokovnih in javnih okoljih z ustreznim informiranjem in udeležbo v aktualnih gospodarskih odločitvah, ki se dotikajo delovanja članov.

2. Nadaljevanje tradicionalnih strokovnih posvetov: MIEL, SD in SE: še nadalje intenzivirati obliko seminarjev ter uvesti novo obliko strokovnih sestankov, posvetov brez posebnih vnaprej pripravljenih pisanih materialov ali zbornikov. Ta oblika je lahko ustrezna predvsem za delovanje članov v posameznih regionalnih okoljih, čeprav ne le v njih. Prek strokovnih komisij želimo doseči dinamično obliko takih sestankov.

3. Nadaljevanje izdajateljskih dejavnosti, tako strokovno-društvenega časopisa, kot tudi knjig (prispevkov s posvetovanj in monografij). Moramo si izboriti priznanje publikacij s strani jugoslovanskih znanstvenih forumov in inštitucij.

4. Povečanje aktivnosti včlanjevanja novih članov društva: še nadalje izboljšati evidenco članov in kontakt med

organi društva in članstvom. Potrebno je ažurirati podatke o članih, kar je možno samo s vsestranskim sodelovanjem; nadaljevati z aktivnim vključevanjem čim večjega števila članov ob strokovnih manifestacijah. Razširiti delovanje društva in včlaniti tudi strokovnjake iz tistih delov Jugoslavije, kjer strokovno področje še trenutno nima večje pomembnosti (Črna Gora, Kosovo). Z včlanjevanjem moramo začeti pri bodočih strokovnjakih-študentih. Pri tem je potrebna večja pomoč in angažiranost univerzitetnih profesorjev.

5. Nadaljevanje plodnega sodelovanja s sorodnimi zvezami in društvi v Jugoslaviji.

6. Začeti moramo z mednarodnim povezovanjem, ne samo prek konferenc in izmenjave strokovnega časopisa, temveč tudi z nekaterimi bolj formalnimi oblikami.

7. Poleg svobodnega, tovariškega, stanovskega in individualnega združevanja moramo k delu društva in k ustvarjanju vsebinskih oblik delovanja pritegniti čim večje število delovnih organizacij.

*Predsednik MIDEM,
dr. Rudi Ročak, dipl. ing.*

OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE - drugič letos

Prvega letošnjega strokovno izobraževalnega tečaja z gornjim naslovom sredi februarja - se je udeležilo 23 slušateljev.

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije (DVTS) bo organiziralo naslednjega še pred poletnimi dopusti in sicer v dnevih od 6. do 7. junija. Podroben razpis

je bil že razposlan delovnim organizacijam in posameznikom, ki so po našem mnenju na kakršenkoli način povezani z vakuumsko tehniko.

Interesenti se lahko prijavite oziroma dobite informacije pri organizacijskem odboru (Nemanič, Pavli, Pregelj) po telefonu na številko 061/263-461

SUPERPROVODNOST U OKVIRU XI. JUGOSLOVENSKOG SIM- POZIJUMA O FIZICI KONDEN- ZOVANE MATERIJE

D.Lj.Mirjanić i J.P.Šetrajić

Od 3. do 7. oktobra 1988. godine u Donjem Milanovcu održan je XI Jugoslovenski simpozijum o fizici kondenzovane materije (XI JSFKM). Rad simpozijuma bio je podjeljen u više sekcija i u njima su bili predstavljeni dvogodišnji rezultati naučnih istraživanja na ispitivanju i usavršavanju optičkih, magnetnih, električnih i mehaničkih osobina materijala. Prvi dan Simpozijuma bio je posvećen visokotemperaturnoj superprovodnosti (VTSP), a započeo je uvodnim predavanjem o elektronskim modelima (Igor Sega, Instut Jožef Stefan Ljubljana). U tom predavanju bio je dat pregled aktuelnih teorijskih modela VTSP, koji u većini slučajeva, objašnjenje uzroka visokotemperaturne superprovodnosti nalaze u jakoj korelaciji između provodnih elektrona novih keramičkih materijala. Osim u ovom predavanju o rezultatima naučnih radova bilo je referisano u još 14 referata in 4 predavanja. Predavanja su bila posvećena NMR ispitivanjima superprovodnih materijala i pokušajima pravljenja SQUID-ova (Z.Trontelj..., IJŠ-Ljubljana), zatim istraživanjima kritičnih vrijednosti jačina električnih struja u spoljašnjim magnetnim poljima (M.Prester..., IFS- Zagreb), vremenskoj degradaciji karakteristika itrijumskih keramika (D.Raković..., ETF-Beograd) i ispitivanju fononskih spektara u strukturama sa narušenom translacionom simetrijom (D.Mirjanić, TF-Banja Luka).

Eksperimentalna naučna istraživanja prezentirana su sledećim referatima:

- * Kritične struje sinteriranih $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ supravodiča u magnetskim i transportnim mjerenjima (E. Babić i ostali - Zagreb).
- * Sinteza, termalna obrada i mjerenja ac susceptibilnosti monokristala $YBaCu_3O_{6+x}$ (J.R.Cooper i ostali-Zagreb)
- * Električna, magnetska i strukturna svojstva supravodljivog sistema $YBaCu_{3-x}Y_xO_{7-x}$ za $0,1 < x < 1,0$ (N.Brničević i ostali-Zagreb)
- * Proces sinteze i starenja Y-Ba-CuO superprovodnih keramika i analiza mogućnosti njihove primjene u izradi superprovodnih kalemova (P.M. Nikolić i ostali-Beogra)
- * Poređenje termodilometrijskih mjerenja kod $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ u atmosferi kiseonika, vazduha i argona (A. Szytula-Krakow, G.Mavrodiev i ostali Skopje)
- * Visokotemperaturni superprevodnici v radiofrekvenčnom polju (Z.Trontelj i ostali - Ljubljana)
- * Influence of Different Elements on Superconducting Properties of $ABa_2Cu_3O_x$ Compounds (Z.Tomkowsics i ostali Krakow, Poland)

- * Rezultati torijskih istraživanja na XI JSFKM prezentirana su sljedećim referatima:
- * Magnetne lastnosti sistema superprevodnih zank z Josephsonovimi stiki (J. Pirnat i ostali - Ljubljana)
- * Utjecaj različitih mehanizama rasparivanja na kritična polja slojevitih superprovodnika (Lj. Dobrosavljević - Grujić i ostali - Beograd)
- * Vezava vrzeli v efektivnem enopasovnem hamiltonianu (J.Bonča i ostali - Ljubljana)
- * Efektivni hamiltonian visoko temperaturnih superprevodnih bakrovih oksidov (P. Prelovšek i A. Ramšak - Ljubljana)
- * Prependikularna kritična polja superrešetaka superprovodnik - feromagnet (M.Ledvij i ostali - Beograd)
- * Oscilacije temperature prelaza i promena reda faznog prelaza u superrešetkama superprovodnik-feromagnet (Z.Radović i ostali- Beograd)

Iako će većina ovih referata vjerovatno biti objavljena u YU naučnom časopisu Fizika Supplement kao naučni radovi (nakon recenziranja), mi ćemo ovdje dati kratak presjek iznijetih rezultata eksperimentalnih i teorijskih istraživanja.

Eksperimentalna istraživanja VTSP

Odredene su kritične struje sinteriranih $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ superprovodnih zrna. One imaju male vrijednosti (sa stanovišta praktične primjene) do $10^7 A/cm^2$.

Osim toga, zaključeno je da se veličina kritične struje zrna i njena temperaturna ovisnost mogu odrediti mjerenjem imaginarnog dijela susceptibilnosti s vanjskim magnetnim poljem kao parametrom. Za rast monokristala $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ opisan je eksperimentalan postupak flux metode kao i uticaj termalne obrade u kiseoniku na superprovodnost. Za uzorak $YBa_2Cu_{3-x}Y_xO_{7-x}$ ispitivana su fizikalna svojstva za $0,1 < x < 1,0$, gdje su atomi bakra djelimično zamjenjeni atomima vanadija. Utvrđeno je da manje količine vanadija povoljno utiču na električna, magnetna, strukturna i mehanička svojstva priredjenih uzoraka. Ispitivan je uticaj procesa starenja za dva sastava: $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ i $Y_{1.18}Ba_{0.72}CuO_{4-y}$ u vremenskom periodu od 18 mjeseci, kao i mogućnost izrade superprovodnih kalemova i debelih superprovodnih slojeva postupkom sito-štampe.

Rezultati dilometrijskog mjerenja uzoraka $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ u atmosferi kiseonika, vazduha i argona pokazuju da, u okolini temperatura $400^\circ C$ i $700^\circ C$, dolazi do nagle promjene termičkog koeficijenta dilatacije, što bi odgovaralo faznom prelazu od ortorombične O_1 faze u ortorombičnu O_2 fazu i od O_2 faze u tetragonalnu fazu. Konstruisan je modificirani superregenerativni oscilator za karakterizaciju visokotemperaturnih superprovodnih keramika za mjerenje njihove ac susceptibilnosti. Na izlazu oscilatora postoji signal koji je skoro neovisan od frekvencije u području (2-350) MHz. I na kraju su ispitivane superprovodne osobine sistema $YBa_2Cu_3O_x$; $YBa_2Cu_3ByO_x$; $YBa_2Cu_3FO_x$, $YBa_2Cu_3CdFO_x$.

Teorijska istraživanja

Izračunata su gornja kritička polja tankih superprovodnih filmova u okruženju normalnog materiala, gdje teorija objašnjava eksperimentalne rezultate za Mo/Ni superrešetke. Osim toga, izračunata su perpendikularna kritična polja superprovodnik-feromagnet superrešetaka u funkciji temperature i jačine polja izmjene u feromagnetnim slojevima kao i temperature T_c superprovodnog faznog prelaza u funkciji debljine slojeva i jačine feromagnetnog uticaja.

Na osnovu uopštenog Hubbardovog modela i pod pretpostavkom da su u superprovodnim bakarnim oksidima glavni nosioci naelektrisanja \sim vorovi na mjestima kiseonika izveden je mikroskopski efektivni hamiltonijan za sistem sklopljenih spinskih prostornih stepeni. Pomoću ta \sim ne numeričke dijagonalizacije izračunata su osnovna stanja efektivnog hamiltonijana Hubbar-

dovog modela, primernog za opis fizičkih osobina CuO_2 ravni u VTSP.

Nakon uvodnih predavanja i predstavljenih referata organizovana je diskusija o VTSP na kojoj se čulo dosta kompetentnih i zanimljivih razmišljanja i saznanja o karakterizaciji i aplikaciji VTSP, o vrsti medjuelektronske interakcije i fluktuacijama u njima, o dimenzionalnosti (2d ili 3d) ovog efekta, o magnetnim, termodinamičkim, optičkim i mehaničkim osobinama superprovodnih uzoraka, o najnovijim teorijskim rezultatima kod nas i u svijetu, kao i o novim (bez bakra) keramičkim superprovodnim materijalima. U diskusiji je data i inicijativa za pokretanje saveznih projekata za istraživanja u oblasti iznalaženja novih materijala.

*Prof.dr. Dragoljub Mirjanić, dipl. fiz.
Tehnološki fakultet Banja Luka
Doc. dr. Jovan Šetrajić, dipl. fiz.
Institut za fiziku, Novi Sad*

VESTI, OBVESTILA

Prenosimo iz novina Čajavec

NOVI IMPULSI IZMEĐU GORENJA I ČAJAVECA

Tjuneri i nove tehnologije

Nakon više sastanaka predstavnika GORENJA ELRAD iz Gornje Radgone sa rukovodstvom RO EPU i OOUR-a TV KOLOR i SE izgleda da je na pomolu saradnja po pitanju razvoja SMD tjunera i zajedničkog ulaska u novu tehnologiju automatskog slaganja komponenti.

Na posljednjem sastanku održanom 4.11.1988. godine u Banja Luci, bili su prisutni Karel Sapač, pomoćnik direktora RO Gorenje Elrad, Caf, direktor OOUR-a Elektronika i Vladimir Perkič šef razvoja. Oni su sa svojim domaćinima obišli proizvodnju tjunera, gdje su, između ostalog izmjenjali iskustva o postojećem tehnološkom nivou i problemima koji se javljaju. Ohrabruje što su i jedni i drugi shvatili da nisu jedni drugima konkurencija i da su nastupali otvorenih karata. Ovo može dovesti do čvršćeg povezivanja, a time i do zajedničkog razvoja što bi u krajnjoj liniji omogućilo razmjenu znanja, brže osvajanje od ideje do proizvodnje i povećalo kvalitet.

U razgovorima, vođenim u prostorijama Poslovnog odbora RO EPU, istaknuto je da je uvođenje SMD tehnologije (minijaturne komponente bez žičanih izvoda, čip komponente) nužnost i pitanje je samo vremena kada će to svi da shvate. Gorenje je to učinilo već sada i već su vođeni neki razgovori sa pojedinim proizvođačima SMD tjunera i opreme za proizvodnju. Velika zapreka je visoka cijena opreme koja je nužna za ovu proizvodnju. Logično je da se u ove investicije ulazi postepeno, te da će Gorenje već iduće godine nabaviti mašinu za slaganje i lemljenje. Također, postoji oprez zbog visokih cijena domaćih SMD komponenti, ali povećanjem serije i te cijene će padati i vremenom se izjed-

načiti sa svjetskim. Uvođenjem ove opreme omogućila bi se veća proizvodnja sa istim brojem radnika, mnogostruko povećao kvalitet i pouzdanost tjunera.

Novi tjuner o kome je riječ bi trebao da bude konstruisan tako da pokriva čitavo frekventno područje od 48-860 MHz, tj. da pored klasičnih kanala ima i CATV i HYPER-BAND kanale. Samo ovakav tjuner se može prodavati na zapadnom tržištu zbog velikih zahtjeva za konforom i kvalitetom. Naravno sa ovim tjunerom se može postići i veća cijena. Veličina tjunera bi bila 85x50-20 mm, što omogućava ugradnju i u video recordere i kamere, gdje su upravo zahtjevi za što manjim dimenzijama i težinom. Već su i neki strani proizvođači televizora izrazili spremnost da kupuju taj ili sličan tjuner u vrlo velikim količinama.

Oko svih ovih stvari još nije postignut konačan dogovor, ali rukovodstvo Gorenja je pozvalo stručnjake Čajaveca da dođu u Gornju Radgonu da se mnoge stvari definišu i krene zajedno u ovaj posao. Pored toga još treba da se obave i neki kontakti sa stranim partnerima koji bi također učestvovali.

Nadamo se da ova saradnja neće završiti na ovom sastanku i da je na kraju neko shvatio da se jugoslovenska privreda treba ujediniti, posebno ako želimo da izademo na zapadno tržište. Malo je čudno da se je lakše povezati sa drugim SOUR-om nego unutar SOUR-a Rudi Čajavec, ali se nadamo da će i ta barijera biti prevaziđena, jer u svakom slučaju sam OOUR TV KOLOR i SE pa čak i cijela RO EPU nisu u stanju da sami finansiraju ovaj projekat.

Boris PLETIKOSA

TEN PREDICTIONS THAT WILL CHANGE THE WAY YOU MANAGE INNOVATION (USA)

From now to the year 2000 we see...

- 1. OPT emerging as one of the best routes to corporate growth (OPT is Other People's Technology).
- 2. OPT virtually eliminating the NIH (notinvented-here) syndrome that pervades many U.S. research labs.
- 3. Dozens of startup firms forming emerging industries (mobile robots and desktop manufacturing, to name two).
- 4. Technology transfer becoming an ever louder buzzword. For those that manage to master this mechanism, profits will soar; others will see their technology-base erode and vanish.
- 5. R&D labs moving ever closer to being profit centers. They will have responsibility for developing new technology and for finding new technology outside the company that can be exploited.
- 6. Several major firms disappearing as their technology-base matures and runs head-on into newly emerging technologies. Best candidates are in the computer industry where new approaches to computing and memory storage make many firms vulnerable.
- 7. Information specialists who are creative and have a special ability to spot new and significant technologies being as sought after as the most creative research scientists.
- 8. The flow of new and significant technology expanding greatly due to the growing number of high-tech startups (about 1500 each year) that are not only succeeding, but are finding large niche markets for their technology.
- 9. Universities struggling with the pros and cons of whether or not they should exploit the technology they have developed by starting their own companies. Such spinoffs will occur at a growing rate as universities compete with traditional for-profit corporations.
- 10. The takeover of at least one major U.S. firm blocked by the U.S. government due to that firm's strategic position in a technology that is critical to U.S. defense and industrial goals.

Beogradska škola '89

INFORMACIONE BIOTEHNOLOGIJE

Neuroračunari * Neuročip * Molekularni čip

I-10.I 1989 Mirjana Anđelković

- BIOLOŠKE OSNOVE NEURONSKIH MREŽA

II-14.II 1989 Vladan Lučić

INŽENJERSKE OSNOVE NEURONSKIH MREŽA

III-24.II 1989 Srđan Ribar

- UVOD U ADAPTIVNO UPRAVLJANJE I UČEĆE SISTEME

IV-21.II 1989 Dejan Todorović

- NEURONSKE MREŽE ZA VIZUELNO OPAŽANJE

V-28.II 1989 Ferenc Kermendi

- MATEMATIČKI MODEL VEŠTAČKOG MOZGA SA EMOCIJAMA

VI-7.III 1989 Sanja Dugandžija

- JONSKE STRUJE KOD NEURONA

VII-14.III 1989 Mirjana Anđelković, Đuro Koruga

- MOZAK: EEG, JEZIK I INTELEKTUALNE FUNKCIJE

VIII-21.III 1989 D.Raković, Đ.Koruga, Ž.Martinović, Đ.Đaković, V.Desimirović

- RELATIVISTIČKI FENOMENI NEURONSKIH MREŽA

IX- 28.III 1989 Đuro Koruga, Zoran Mitrović

UPRAVLJAČKI MODEL NEURONSKE MREŽE

X-4.IV 1989 S.Ribar, G.Vitošević, Đ.Koruga

- OSNOVE NEURONSKIH MREŽA ZA SISTEME AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

XI-11.IV 1989 Aleksandar Kovačević

- ARHITEKTURA MIKROPROCESORA I RAČUNARA

XII-18.IV 1989 V.Lučić, A.Kovačević, S.Ribar, G.Vitošević, V.Masnikosa, Đ.Koruga

- NEURONSKA UPRAVLJAČKA JEDINICA

XIII-25.IV 1989 G.Vitošević

- OSNOVE PROGRAMIRANJA NEURONSKIH MREŽA U JEZIKU C

XIV-9.V 1989 V.Cvekić, M.Anđelković, M.Milić, D.Raković, Đ. Koruga

- OSNOVE NEUROČIPA

XV-16.V 1989 D.Raković, Đ.Koruga

- OSNOVE MOLEKULARNOG ČIPA

XVI-23.V 1989 M.Anđelković, B.Stamenović, Đ.Koruga

- MOLEKULARNE OSNOVE SUB-NEURONSKE MREŽE

XVII-30.V 1989 A.Škokljev, B.Stamenović, Đ.Koruga

- YIN-YANG KONCEPT U BIOMEDICINSKIM ISTRAŽIVANJIMA

XVIII-6.VI 1989 Vladan Đorđević

- MATEMATIČKE OSNOVE SOLITONA

XX-3.X 1989 Ferenc Kermendi
 FIZIČKE OSNOVE SOLITONA

XXI-10.X 1979 M.Satarić, Z.Ivić, R.Žakula, J.Simić-Krstić, Đ.Koruga
 MODEL SOLITONA KOD MIKROTUBULA

XXII-17.X 1989 P.Dvornić
 POLIMERNI INŽENJERING

XXIII-24.X 1989 J.Simić-Krstić, Đ.Koruga
 OSNOVE MOLEKULARNOG BIOINŽENJERINGA

XXIV-31.X 1989 Milorad Jeremić
 MOLEKULARNA SPEKTROSKOPIJA

XXV-7.XI 1989 V.Cveković, Radmila Timčenko, B.Stamenović, Đ.Koruga
 BIOSENZORI

XXVI-14.XI 1989 Dimitrije Voronjec
 BIOTERMODINAMIKA ČELIJE

XXVII-21.XI 1989 Đorđe Kozić
 OSNOVE TERMODINAMIKE MOLEKULARNOG ČIPA NA BAZI SOLITONA

XXVIII-6.VI. 1989 Mirko Milić
 NELINEARNI FENOMENI I MODELIRANJE RADA BIOLOŠKIH SISTEMA

XIX -28.XI 1989 Zoran Golubović
 PRIRODNE I VEŠTAČKE MEMBRANE

XXIX-5.XII 1989 D.Raković, V.Šijački-Žeračić, J.Simić-Krstić, Đ.Kozić, Đ.Koruga
 MOGUĆA TEHNOLOŠKA REŠENJA ČIPA NA MOLEKULARNOM NIVOU

XXX-12.XII 1989 Lj.Čirić
 TEORIJA SKUPOVA I LOGIKA

XXXI-19.XII 1989 Đ.Koruga
 ALEF LOGIKA ZA NEURORAČUNARE

XXXII-26.XII 1989 G.Vitošević, Đ.Koruga
 OSNOVE JEZIKA NEURON

Predavanja će se održavati na Mašinskom fakultetu u Beogradu, ul.27.Marta 80, Beograd, sala 104 i 302.

Sve informacije u vezi sponzorstva, kotizacije, pisanih materijala i dr. možete dobiti na adresi:

Dr Đuro Koruga
MAŠINSKI FAKULTET U BEOGRADU
CENTAR ZA MOLEKULARNE MAŠINE
 ul. 27.Marta 80, 11000 Beograd
 tel. (011) 320-207
 Utorak 13³⁰-15³⁰ časova

Nova domača knjiga o vakuumski tehniki


Iz strokovnega glasila Vakuumist, št.16, december 1988

Proti koncu lanskega leta je pri založbi "Naučna knjiga" v Beogradu izšla nova domača vakuumška knjiga avtorjev dr.Milana Kurepe in Dr. Branke Čobić z naslovom »Fizika i tehnika vakuuma«, (naklada 500 izvodov, 777 strani, format 16,5x24 cm, cena 160.000.- din; v Sloveniji zbira naročila zanjo tehnični oddelek knjigarne Mladinska knjiga, Titova 3, Ljubljana). V prvem delu (fizika-238 strani) so obravnavana naslednja področja; statika in dinamika kapljevin, lastnosti idealnih in realnih plinov, molekularni pojavi v plinu, procesi pretokov v plinu, fazni prehodi, vezani plini in električni tok v plinih. Drugi del (tehnika vakuuma - 539 strani) pa obravnava: osnove črpanja, vakuumske črpalke (cca 120 strani), stekleni vakuumski sistemi, kovinski vakuumski sistemi, iskanje mesta in stopnje netesnosti vakuumskega sistema, projektiranje vakuumskega sistema in metrologija vakuumskih veličin.

Knjiga je razširitev, dopolnitev in preureditev dveh knjig istih avtorjev (vakuumška fizika za III. in IV. razred usmerjenega izobraževanja), ki sta izšli pri isti založbi v letih 1979 in 1980. Napisana je v srbohrvaščini, v latinici, zgoščeno in pregledno. Prvi del - fizika vakuuma zahteva v glavnem visokošolsko znanje tehniških fakultet, drugi del pa je namenjen širšemu tehničnemu izobraženstvu. Za dobro razumevanje vključuje tekst skupno še nad 700 različnih slik, diagramov in tabel.

Očitno je, da sta avtorja pri zasnovi knjige imela pred očmi dejstvo, da se je bodo posluževale osebe različne strokovne izobrazbe, katerih skupna naloga je uporaba vakuuma za raziskovalne, tehnično razvojne in tehnološke namene. Zato je na mestih, kjer je snov zahtevnejša, podrobneje in bolj na široko razložena.

Opazen je tudi poudarek na prikazu problemov konstrukcije vakuumskih naprav in natančnega merjenja tlaka, kar je v času ko so zaradi slabih ekonomskih možnosti, nakupi v tujini vse težji, vsekakor zelo dobrodošlo. Knjiga Fizika i tehnika vakuuma je prva domača knjiga s celovitim prikazom in razlago teoretičnih in praktičnih problemov naše panoge. Služila bo kot učbenik študentom pri predmetih, ki obravnavajo ali se dotikajo vakuuma ter kot odličan pripomoček inženirjem in tehnikom pri obvladovanju praktičnih problemov. Zato je prav, da bi se znašla na policah knjižnic vseh tistih delovnih organizacij, kjer je tehnologija vezana na vakuumsko tehniko.

 **Andrej Pregelj, dipl.ing.**
 IEVT, Teslova 30
 61000 Ljubljana

BIROSTROJ - POSVETOVANJE V CAVTATU

Tradicionalna posvetovanja o uporabi moderne informacijske tehnologije, ki jih prireja Birostroj za uporabnike računalniške opreme vsako leto pritegnejo 200 do 250 udeležencev iz vse Jugoslavije, verjetno že poznate.

Radi bi vas obvestili, da bomo takšno posvetovanje organizirali tudi letos in sicer v Cavtatu, od 24. do 26. maja.

Okvirni program posvetovanja je naslednji:

Sreda, 24. maja 1989:

- 9.30 Svečana otvoritev
- 10.00 Podelitev priznanj
- 10.30 Predavanje: Delovni dan z osebnim računalnikom
- 11.00 Predavanje: Delo v lokalni mreži BiroLan
- 11.30 Odmor
- 12.00 Predavanje: AskSam - osebni informacijski sistem za vodilne in strokovne delavce
- 16.00 Predstavitve aplikativnih programskih rešitev

Četrtek, 25. maja 1989:

- 9.00 Predavanje: Periferne enote - kakšne, kdaj, kje?
- 9.30 Predavanje: Operacijski sistem Novell Advanced NetWare 2.12 (primerjava, prednosti, novosti)
- 10.00 Odmor
- 10.15 Predavanje: Uporaba komunikacijskega protokola TCP/IP - povezava lokalne mreže z drugimi sistemi
- 10.45 Predavanje: Operacijski sistem UNIX z vidika uporabnika
- 11.15 Odmor
- 11.30 Predavanje: Integralni knjigovodski sistem IKS na sistemu X -20/40 Superteam
- 15.00 Predstavitve aplikativnih programskih rešitev

Vabimo vas, da nas obiščete! Vabilo z vsemi materiali in potrebnimi informacijami zahtevajte na naslov:

*Birostroj Maribor
62000 Maribor, Glavni trg 17/b
Tržna služba*

NOVI ČLANI DRUŠTVA MIDEM

- 1. Hozjan Štefan, 632, Tehniška fakulteta, Maribor
- 2. Jakopović Željko, 626, Elektrotehniški fakultet, Zagreb
- 3. Kolonić Fetah, 625, Elektrotehniški fakultet, Zagreb
- 4. Kovačić Zdenko, 624, Elektrotehniški fakultet, Zagreb
- 5. Nišić Sumedin, 630, Unis Tesla, Tvornica akumulatora, Brčko
- 6. Peitl Adi, 627, Iskra Polprevodniki, Trbovlje
- 7. Rošelj Janko, 631, Iskra, Tovarna keramičnih kondenzatorjev, Žužemberk
- 8. Stipančić Mladen, 628, Elektrotehniški fakultet, Banja Luka
- 9. Vacić Zoran, 629, Ei: Mikroelektronika, Niš

KOLEDAR PRIREDITEV

MAJ

8.-10. Vakuumelektronik und Diespleys (posvet) Garmisch-Partenkirchen (Info.VDE)

8.-12. COMP-EURO 89, Int.Conf.on VLSI and Computer Phiperals, Hamburg (W.W.Proebster, IBM Lab PO Box 1380, D-7030 Boeblingen)

9.-11 MIEL 89, 17.jug.posvetovanje o mikroelektroniki, Niš (MIDEM, Ljubljana)

10.-12. CCC 89, 2.Hungarian Custom Circuits Conference, Szeged (MATE Secretariat 1055 Budapest, Kosuth L.ter 6-8 te. (1) 531406

21.-26. MIPRO-89 Opatija (MIPRO,DSEIT Rijeka, Trg P.Togliatti 4/1)

24.-26. ISHM EUROPE - 89, 7.Eropean Hybrid Microelectronics Conference Hamburg Messe and Congress GmbH, Congress Org.PO Box 302480,D-2000 Hamburg 36)

12.-17. ETAN XXXIII, Novi Sad, ETAN Beograd

JUNIJ

18.-22.11. jug.simp.o elektrokemiji, Rovinj (Hrvatsko kemijsko društvo)

22.6.-1.7. Kemija granica faza, 8. Int.letna šola in konferenca z mednarodnima simpozijema Elektrokemijski dvosloj in Adsorpcija bioloških molekula i mikromolekula, Rovinj (Inst. R.Bošković, Zagreb)

JULIJ

3.-14. The Oxford/ Berkeley Summer Engineering Programme (D.Cowley, Oxford OX1 2JA, tel. (0865)270360)

Detaljno:

3-4 July Microsensors and Microactuators

3-7 July Modern Digital Communication Techniques

3-6 July Superconductive Electronics

3-4 July An Introduction to Modern Optics and Optoelectronics

5-6 July Wafer Topography Management

5-7 July Optical Fibre Technology

5-6 July Fundamentals of Integrated and Thin-Film Waveguide Optics

7 July Electro-Optic and Acousto-Optic Integrated Optical Devices and Subsystems

10-11 July Ion Implantation for VLSI Fabrication

10 July Chemical Vapour Deposition for Integrated-Circuit Applications

11 July Polycrystalline Silicon for Integrated-Circuit Applications

10 July Semiconductor Lasers

11 July Towards Monolithic Integrated Optics

12 July Advanced Topics in Integrated Optisc

12-14 July Architectures for Digital Signal Processing

12-14 July Synthesis-Directed Design of Electronic Systems

13 July Optoelectronic Systems and Devices

AVGUST

6.-18. VLSI 89 (Conference of International Federation for Information Prossessing), Muenchen (IFIP, Info.VDE)

SEPTEMBER

3.-7. ECOC 9 (15.European Conference on Optical Communication, Goetteborg (Info VDE)

13.-15. SD 89 Simpozij o elektronskih sestavnih delih in materialih, Maribor (MIDEM, Birostroj)

14.-19. ISSWAS 89, Int.Symp. on Surface Waves in Solids and Layered structures and AE Accoustoelectronics - 89, VARNA, Bolgarija (Institute of Solid State Physics 1784 Sofia, Blvd Lenin 72)

26.-29.IVC-11 in ILSS, Medunarodni vakuumski kongres in medunarodna konferenca o površinah trdnih snovi, Koeln (A.Benninghoven, Phys.Inst. Univ. Munster, W.-Klemm Str. 10, D 4000 Munster)

OKTOBER

9.-11.- EPE (3 European Conference on Power Electronics and Applications) Aachen (Info.VDE)

9.-13. GADEST 89, Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology, Garzau-Frankfurt (Oder) DDR (Academy of Sciences of the GDR Institute of Semiconductor Physics, W.Korsing Str. 2, P.B.409 GDR 1200, Frankfurt (Oder)

27.-28. SEMI 5th European Step Conference Defect Control and Yield Management Brussels, Sheraton Hotel (G.Cochrane 01-353- 8807)

NOVEMBER

8.-12. Electronica 88, Razstava Muenchen

28.-30. European Conference on Satellite Communications, Muenchen (Info.VDE).

NAVODILA AVTORJEM

Informacije MIDEM je znanstveno-strokovno-društvena publikacija Strokovnega društva za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale-MIDEM. Časopis objavlja prispevke domačih in tujih avtorjev, še posebej članov MIDEM, s področja mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov, ki so lahko:

izvirni znanstveni članki, predhodna sporočila, pregledni članki, razprave z znanstvenih in strokovnih posvetovanj in strokovni članki.

Članki bodo recenzirani.

Časopis objavlja tudi novice iz stroke, vesti iz delovnih organizacij, inštitutov in fakultet, obvestila o akcijah društva MIDEM in njegovih članov ter druge relevantne prispevke.

Strokovni prispevki morajo biti pripravljeni na naslednji način

- 1. Naslov dela, imena in priimki avtorjev brez titula.
- 2. Ključne besede in povzetek (največ 250 besed).
- 3. Naslov dela v angleščini.
- 4. Ključne besede v angleščini (Keywords) in povzetek v angleščini (Abstract).
- 5. Uvod, glavni del, zaključek, zahvale, dodatki in literatura.
- 6. Imena in priimki avtorjev, titule in naslovi delovnih organizacij, v katerih so zaposleni.

Ostala splošna navodila

1. Članki morajo biti tipkani na listih A4 formata v vrsticah dolžine 16 cm. Rob na levi strani mora biti širok 3.5-4 cm.

2. V članku je potrebno uporabljati SI sistem enot oz. v oklepaju navesti alternativne enote.

3. Risbe je potrebno izdelati s tušem na pavs ali belem papirju. Širina risb naj bo do 7.5 oz. 15 cm. Vsaka risba, tabela ali fotografija naj ima številko in podnapis, ki označuje njeno vsebino. Risb, tabel in fotografij ni potrebno lepiti med tekst, ampak jih je potrebno ločeno priložiti članku. V tekstu je potrebno označiti mesto, kjer jih je potrebno vstaviti.

4. Delo je lahko napisano in bo objavljeno v kateremkoli jugoslovanskem jeziku v latinici in v angleščini.

Uredniški odbor ne bo sprejel strokovnih člankov, ki ne bodo poslani v treh izvodih.

Avtorji, ki pripravljajo besedilo v urejevalnikih besedil, lahko pošljejo zapis datoteke na disketi (360 ali 1,2) v formatih ASCII, wordstar (3.4, 4.0), wordperfect, word, ker bo besedilo oblikovano v programu Ventura 2.0. Poslanih disket ne vračamo!

Avtorji so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka. Rokopisov ne vračamo.

Rokopise pošljite na naslov

Uredništvo Informacije MIDEM
Elektrotehniška zveza Slovenije
Titova 50, 61000 Ljubljana

UPUTE AVTORIMA

Informacije MIDEM je znanstveno-strokovno-društvena publikacija Strokovnega društva za mikroelektroniko, elektronske sestavne dijelove i materijale - MIDEM. Časopis objavljuje priloge domaćih i stranih autora, naročito članova MIDEM, s područja mikroelektronike, elektronskih sastavnih dijelova in materijala koji mogu biti:

izvirni znanstveni članci, predhodna priopćenja, pregledni članci, izlaganja sa znanstvenih i stručnih skupova i stručni članci.

Članci će biti recenzirani.

Časopis također objavljuje novosti iz struke, obavijesti iz radnih organizacija, instituta i fakulteta, obavijesti o akcijama društva MIDEM i njegovih članova i druge relevantne obavijesti.

Stručni članci moraju biti pripremljeni kako slijedi

- 1. Naslov članka, imena i prezimena autora bez titula.
- 2. Ključne riječi i sažetak (najviše 250 riječi).
- 3. Naslov članka na engleskom jeziku.
- 4. Ključne riječi na engleskom jeziku (Key Words) i sažetak na engleskom jeziku (Abstract).
- 5. Uvod, glavni dio, zaključni dio, zahvale, dodaci i literatura.
- 6. Imena i prezimena autora, titule i naslovi institucija u kojima su zaposleni.

Ostale opšte upute

1. Prilozi moraju biti strojno pisani na listovima A4 formata u redovima dužine 16 cm. Na lijevoj strani teksta treba biti rub širok 3.5 do 4 cm.

2. U prilogu treba upotrebljavati SI sistem jedinica od. u zagradi navesti alternativne jedinice.

3. Crteže treba izraditi tušem na pauzu ili bijelom papiru. Širina crteža neka bude do 7.5 odnosno 15 cm. Svaki crtež, tablica ili fotografija treba imati broj i naziv koji označuje njen sadržaj. Crteže, tabele i fotografije nije potrebno lijepiti u tekst, već ih priložiti odvojeno, a u tekstu samo naznačiti mjesto gdje dolaze.

4. Rad može biti pisan i biti će objavljen na bilo kojem od jugoslavenskih jezika u latinici i na engleskom jeziku.

Autori mogu poslati radove na disketama (360 ili 1,2) u formatima tekst procesora ASCII, wordstar (3.4. i 4.0), word, wordperfect pošto će biti tekst dalje obrađen u Venturi 2.0. Poslanih disketa ne vraćamo!

Urednički odbor će odbiti sve radove koji neće biti poslani u tri primjerka.

Za sadržaj članaka autori odgovaraju u potpunosti. Rukopisi se na vraćaju.

Rukopise šaljite na adresu:

Uredništvo Informacije MIDEM
Elektrotehnička zveza Slovenije
Titova 50, 61000 Ljubljana

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Informacije MIDEM is professional-scientific-social publication of Yugoslav Society for Microelectronics, Electronic Components and Materials. In the Journal contributions of domestic and foreign authors, especially members of MIDEM, are published covering field of microelectronics, electronic components and materials. These contributions may be:

original scientific papers, preliminary communications, reviews, conference papers and professional papers.

All manuscripts are subject to reviews.

Scientific news, news from the companies, institutes and universities, reports on actions of MIDEM Society and its members as well as other relevant contributions are also welcome.

Each contribution should include the following specific components:

- 1. Title of the paper and authors' names.
- 2. Key Words and Abstract (not more than 250 words).
- 3. Introduction, main text, conclusion, acknowledgements, appendix and references.
- 4. Authors' names, titles and complete company or institution adress.

General information

1. Papers should be typed on page format A4 in lines up to 16 cm long. Space on left side of the text should be at least 3.5 to 4 cm long.

2. Authors should use SI units and provide alternative units in parentheses wherever necessary.

3. Illustrations should be in black on white or tracing paper. Their width should be up to 7.5 or 15 cm. Each illustration, table or photograph should be numbered and with legend added. Illustrations, tables and photographs are not to be placed into the text but added separately. However, their position in the text should be clearly marked.

4. Contributions may be written and will be published in any Yugoslav language and in english.

Authors may send their files on formatted diskettes (360 or 1,2) in ASCII, wordstar (3.4 or 4.0), word, wordperfect as text will be formatted in Ventura 2.0. Diskettes will not be sent back!

Papers will not be accepted unless three copies are received.

Authors are fully responsible for the content of the paper. Manuscripts are not returned.

Contributions are to be sent to the address:

Uredništvo Informacije MIDEM
Elektrotehniška zveza Slovenije
Titova 50, 61000 Ljubljana,
Yugoslavia