

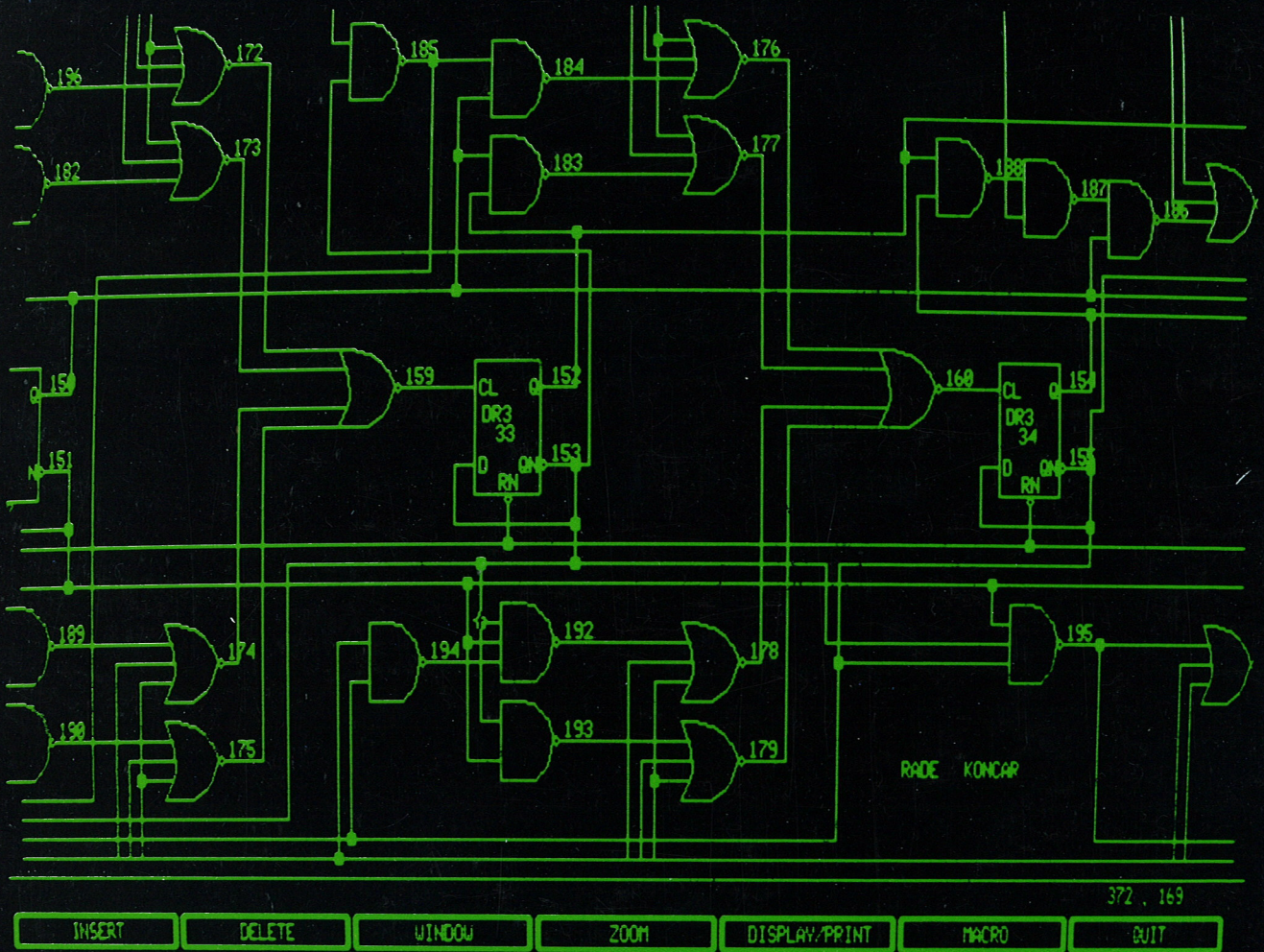
# INFORMACIJE MIDEM

Strokovno društvo za mikroelektroniko,  
elektronske sestavne dele in materiale

Stručno društvo za mikroelektroniku,  
elektronske sestavne delove i materijale

**4** ○ **1986**

LJUBLJANA, DEC. 1986, LETNIK-GODINA 16, ŠTEVILKA-BROJ 40



Segmenti LSI sklopa RK3—1099.01  
projektiranog u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«

# I N F O R M A C I J E M I D E M

Izdaja trimesečno Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale

Izdaje tromesečno Stručno društvo za mikroelektroniku, elektronske sestavne delove i materijale

Glavni, odgovorni in tehnični urednik Alojzij Keber, dipl. ing.  
Glavni, odgovorni i tehnički urednik

Uredniški odbor Mag Milan Slokan, dipl. ing.  
Redakcioni odbor Miroslav Turina, dipl. ing.  
Mag Stanko Solar, dipl. ing.  
Dr Rudi Ročak, dipl. ing.  
Pavle Tepina, dipl. ing.

Člani izvršnega odbora MIDEM  
Članovi izvršnog odbora MIDEM

Mr Vlada Arandelović, dipl. ing. — Ei-Poluprovodnici, Niš  
Mr Mladen Arbanas, dipl. ing. — RIZ-KOMEL, Zagreb  
Franc Beravs, dipl. ing. — Iskra-Polprevodniki, Trbovlje  
Mr Željko Butković, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Zagreb  
Jasminka Čupurdija, dipl. ing. — Rade Končar-ETI, Zagreb  
Mr Miroslav Damjanović, dipl. ing. — VTI, Beograd  
Prof dr Tomislav Đekov, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Skopje  
Mihajlo Filiferović, ing. — Mipro, Rijeka  
Prof dr Jože Furlan, dipl. ing. — Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
Tajnik-sekretar Mr Miroslav Gojo, dipl. ing. — RIZ-KOMEL, Zagreb  
Franc Jan, dipl. ing. — Iskra-HIPOT, Šentjernej  
Mr Slavoljub Jovanović, dipl. ing. — Ei-Poluprovodnici, Niš  
Alojzij Keber, dipl. ing. — Institut Jožef Stefan, Ljubljana  
Prof dr Drago Kolar, dipl. ing. — Institut Jožef Stefan, Ljubljana  
Podpredsednik Ratko Krčmar, dipl. ing. — Rudi Čajavec, Banja Luka  
Mag Milan Mekinda, dipl. ing. — Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana  
Podpredsednik Mr Vladimir Pantović, dipl. ing. — Ei-IRI, Zemun  
Ljutica Pešić, dipl. ing. — Institut Mihailo Pupin, Beograd  
Ervin Pirtovšek, dipl. ing. — Iskra IEZE, Ljubljana  
Predsednik Dr Rudi Ročak, dipl. ing. — Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana  
Dr Alenka Rožaj-Brvar, dipl. ing. — Iskra-Center za elektrooptiko, Ljubljana  
Tajnik-sekretar Pavle Tepina, dipl. ing. — Ljubljana  
Prof dr Dimitrije Tjapkin, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Beograd  
Prof dr Lojze Trontelj, dipl. ing. — Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
Mag Stanko Solar, dipl. ing. — Iskra-Avtoelektrika, Nova Gorica  
Podpredsednik Mag Milan Slokan, dipl. ing. — Ljubljana  
Prof dr Ninoslav Stojadinović, dipl. ing. — Elektronski fakultet, Niš  
Prof dr Sedat Širbegović, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Banja Luka  
Mr Srebrenka Ursić, dipl. ing. — Rade Končar-ETI, Zagreb

Naslov uredništva Uredništvo Informacije MIDEM  
Adresa redakcije Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50, 61000 LJUBLJANA  
telefon (061) 316-886, (061) 329-955

Člani MIDEM prejema jo Informacije MIDEM brezplačno

Članovi MIDEM primaju Informacije MIDEM besplatno

Po mnenju Republiškega komiteja za kulturo SRS številka 4210-56/79 z dne 2. 2. 1979 je publikacija oproščena plačila davka od prometa proizvodov.

Mišljenjem Republičkog komiteta za kulturo SRS broj 4210-56/79 od 2. 2. 1979 publikacija je oslobođena plaćanja poreza na promet.

Tipkanje besedila: Metka Vidmar  
Tisk: Partizanska knjiga, Ljubljana  
Tisk ovojnice: Kočevski tisk, Kočevje  
Naklada: 1000 izvodov

Prepis teksta: Metka Vidmar  
Tisak: Partizanska knjiga, Ljubljana  
Tisak omota: Kočevski tisk, Kočevje  
Tiraž: 1000 komada

VSEBINA - SADRŽAJ

|   | Str. |
|---|------|
| Alojzij Keber<br>DRUŠTVU MIDEM JE POTREBNA POMLADITEV ČLANSTVA  | 176  |
| Štefan Dolhar<br>PRVO JUGOSLOVANSKO POSVETOVANJE O DOMAČI OPREMI ZA PROIZVODNJO<br>ELEKTRONSKIH SESTAVNIH DELOV IN ELEKTRONIKO                              | 177  |
| Zoran Živić<br>SEMINAR O PROGRAMIMA ZA SIMULACIJU U RAZVOJU POLUPREVODNIČKIH PROCESA I<br>KOMPONENATA   | 182  |
| Herman Vidmar<br>33. MEDNARODNA RAZSTAVA "SODOBNA ELEKTRONIKA '86"  | 184  |
| Milan Slokan<br>PRONIC '86  | 186  |
| Alojzij Keber<br>POSVETOVANJA NA 12. MEDNARODNEM SEJMU ELEKTRONIKE V MUNCHENU   | 188  |
| Franc Vodopivec<br>60 LET DIPL. ING. DUŠANA GNIDOVCA  | 192  |
| Milan Slokan<br>Prof. RADOVANU TAVZESU IN MEMORIAM  | 193  |
| Milan Slokan<br>35 LET ISKRE KONDENZATORJI IZ SEMIČA  | 194  |
| Ninoslav Stojadinović<br>IZVEŠTAJ O REZULTATIMA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG RADA NA PROJEKTU<br>"POUZDANOST POLUPROVODNIČKIH KOMPONENATA" ZA PERIOD 1983 - 1986 G. | 195  |
| Franc Runovc<br>RAČUNALNIŠKE SIMULACIJE PROCESOV IN ELEMENTOV ZA RAZVOJ POLPREVODNIŠKIH<br>TEHNOLOGIJ   | 201  |
| N.V. Novaković<br>POKRETLJIVOST ELEKTRONA U PLAZMI ARGONA   | 211  |
| B. Jelenković, S. Radovanov, Z. Petrović<br>RF PLAZMA KAO TEHNIKA ZA NAGRIZANJE MATERIJALA U MIKROELEKTRONICI   | 215  |
| Ilona Lutz, Vladimir Pantović<br>MEMBRANSKE TASTATURE   | 219  |
| Art Kapoor, Derek Bowers<br>DIVERSE CIRCUITS EXPLOIT MATCHING IN QUAD-TRANSISTOR IC   | 220  |
| Varužan Kevorkijan, Milan Slokan, Drago Kolar<br>PREGLED DOMAĆIH SIROVINA ZA DIELEKTRIČNU I MAGNETNU KERAMIKU   | 229  |
| Miroslav Turina<br>VIJESTI IZ ZEMLJE  | 237  |

## DRUŠTVU MIDEM JE POTREBNA POMLADITEV ČLANSTVA

Slediti eksplozivni razvoj elektronike v svetu pomeni imeti sposobne kadre, ki imajo željo, voljo in sposobnost slediti ta razvoj ter njegove izsledke prenašati v vsakodnevno prakso. Tam, kjer se je potrebno vsak dan naučiti mnogo novega, kjer je potrebno vsak dan reševati zahtevne tehnične in tehnološke probleme, kjer je potrebno prestrukturirati proizvodnjo, je težko pričakovati, da bomo lahko izpeljali zastavljene cilje brez maksimalnega vključevanja mladih, ambicioznih in sposobnih strokovnjakov. In kaj smo za njihovo vključitev pripravljeni storiti? Marsikje zelo malo. To velja tudi za Strokovno društvo MIDEM. Res je sicer, da je danes mlajše kolege veliko težje pritegniti k društvenemu delu, kot je bilo to nekoč. Gotovo k temu veliko prispeva silovit tempo življenja, slabšanje materialne baze strokovnjakov in še mnogi drugi vplivi, ki ustvarjalnim ljudem jemljejo koristni prosti čas. Res pa je tudi, da temu problemu skorajda ne posvečamo pozornosti. Vedno se najde med večino starejših članov MIDEM tudi kakšen novinec, pa smo kar zadovoljni. V povprečju je starostna struktura našega članstva višja, kot bi za tako impulzivno vejo tehnike kot je elektronika, smela biti. Če želimo, da bo društvo MIDEM lahko tudi v bodoče suvereno obvladovalo problematiko, ki mu je zaupana, potem je zanj že danes pomladitev članstva imperativ. Naloga je izvedljiva, je pa res, da zahteva obširne in organizirane priprave in vztrajnost pri vključevanju mladih v naše vrste.

To pa ne velja samo za vključevanje mladih članov v MIDEM, temveč tudi za njihovo vključevanje v organe upravljanja društva. Če bo to doseženo, potem lahko pričakujemo od MIDEM tudi v bodoče tehtno načrtovane, predvsem pa visoko strokovno izpeljane akcije, kar prav gotovo vsi želimo.

Prav tako to velja za uredniški odbor Informacije MIDEM. Tudi tu bi bilo potrebno mnogo svežega vetra. Želim, da mesto glavnega in odgovornega urednika Informacije MIDEM prevzame mlajši član društva. Naj bo ta zamenjava vzgled in začetek temeljite kadrovske pomlajevalne prenove v društvu MIDEM.

Urednik

Alojzij Keber, dipl.ing.



# PRVO JUGOSLOVANSKO POSVETOVANJE O DOMAČI OPREMI ZA PROIZVODNJO ELEKTRONSKIH SESTAVNIH DELOV IN MIKROELEKTRONIKO

**Štefan Dolhar**

Težave z uvozom sodobne opreme in nujna po tehnološkem napredku so primorale mnoge OZD domače elektronske industrije, da so pristopile k intenzivnejšemu izkoriščanju lastnega znanja in pridobljenih izkušenj za konstruiranje in izdelavo naprav za elektronsko industrijo.

Da bi bili dosežki domačega znanja znani in koriščeni tudi širše, je Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale - MIDEM pod pokroviteljstvom Iskre - DO Industrija elementov za elektroniko, Gospodarske zbornice Slovenije - Splošnega združenja elektroindustrije in Gospodarskega razstavišča, iz Ljubljane, organiziralo dne 7.10.1986 v Ljubljani v naslovu navedeno posvetovanje. Prisotnih je bilo preko 80 strokovnjakov iz raznih krajev Jugoslavije. Poleg domačih še iz SR Hrvaške, Srbije in Makedonije. Delovni program je obsegal 12 strokovnih referatov in poster sekcijo z 29 plakati.

Udeležence so uvodoma pozdravili predstavniki pokroviteljev in dr. Rudi Ročak, predsednik MIDEM, ki je v svojem govoru navedel tudi glavni namen prireditve, to je izmenjavo informacij o dosežkih na tem področju. Opozoril je tudi na to, da bo v bodoče potrebno še bolj povezati znanje in izkušnje ter v večji meri pritegniti proizvajalce in uporabnike, ki bi jim nadaljnja tovrstna srečanja omogočila temeljitejše seznanjanje z domačimi dosežki. Skupni cilj posvetovanja naj bi bila ugotovitev, kaj že proizvajamo in kaj od tega že lahko ponudimo trgu ter pridobitev smernic za nadaljnje delo.

V plenarnem delu posvetovanja so raziskovalci in konstrukterji poročali o svojih dosežkih in dokazali, da lahko z domačim znanjem že na mnogih področjih uspešno konkuriramo inozemskemu. Predstavljena oprema je obsegala

preko 120 specialnih strojev, obsežnejših naprav, mikroprocesorsko vodenih linij za proizvodnjo, kontrolo in montažo elektronskih in mehanskih elementov in iz njih sestavljenih izdelkov. Poleg tega je bilo ugotovljeno, da je naša industrija sposobna nuditi že preko 30 kompletnih izdelčnih tehnologij vključno z opremo. Med njimi so:

- ogljenoplastni, metalfilm, melf in žični upori,
- ogljeni potenciometri na pertinaksu in keramiki, cermet in precizne miniaturne potenciometre,
- trde in mehke ferite,
- Al NiCo magnetne, magnetne iz redkih zemelj - Co,
- silicijeve usmerniške diode, mostiče in stavke,
- hibridna debeloplastna vezja, itd.

Na posterjih je bila prikazana domača oprema, ki je že uspešno vključena v proizvodnjo, kot razni avtomati, vakuumski sistemi, oprema za folijske kondenzatorje, diode in druge aksialne elemente, ferite, žične upore, hibridna vezja, laserske naprave za špiralizacijo, točkasto varenje in izpisovanje, laboratorijska oprema za proizvodnjo magnetov redke zemlje - Co, ter vrsta naprav in pripomočkov, ki se uporabljajo pri proizvodnji integriranih vezij.

Prikazana oprema je pretežno rezultat tesnega sodelovanja s strokovnjaki raznih znanstvenih institutov in fakultet.

Večina na posvetovanju predstavljenih naprav je unikatnih ali izdelanih le v manjših serijah za lastne potrebe. Serijsko se proizvajajo le izjemoma in to v DO, ki imajo v ta namen organizirane posebne enote. Večino opreme tudi ni možno izdelovati serijsko, ker jo je običajno potrebno prilagoditi izdelku uporabnika. Za hitrejšo realizacijo se proizvajalci tudi povezujejo z drobnim gospodarstvom, ki je že sposobno hitro in kvalitetno izdelati precej opreme,

še posebno po izdelanih prototipih. S krepitvijo in širitvijo tega sodelovanja bi lahko izdelali še bistveno več kvalitete opreme. Proizvajalci-nosilci osnovnih tehnologij tudi stremijo za prodajo opreme skupaj s tehnologijo. Trenutno je dokaj aktivnosti na tem področju v državah SEV, Kitajski in Indiji.

Trend potrošnje elektronskih elementov je v stalnem porastu in s tem raste tudi potreba po sodobni opremi. Za naslednje obdobje lahko pričakujemo, da bo pomembno tržišče na razvoju in izdelavi opreme za komponente za površinsko montažo. Tu se kažejo tudi največje možnosti prodaje.

Domače tržišče je razmeroma majhno, zato bi bilo zaželeno, da se proizvajalci bolj povežejo in hitreje izmenjujejo informacije. Tako bi boljše izkoristili omejene kadrovske in ostale kapacitete in ne bi trošili deviz za opremo, ki jo lahko dobimo doma ali naredimo sami.

Na posvetovanju se je pokazalo, da zaradi neinformiranosti nastaja že delno prekrivanje proizvodnih programov, kar zmanjšuje našo učinkovitost. Zaradi tega so udeleženci v povzetkih izpostavili potrebo po stalnem informacijskem sistemu, ki bi omogočil celovit pregled stanja na tem področju v Jugoslaviji, kaj je že osvojeno in kaj kdo lahko ponudi trgu, kaj je v razvoju in kaj kdo potrebuje. Prisotni so se tudi strinjali, da je bil storjen s posvetovanjem pomemben korak v tej smeri, ki bo znatno pripomogel k poglobljanju strokovnih stikov in vzpodbudil željo po širšem sodelovanju, zato naj bi postalo tradicionalno.

## DODATEK

Na osnovi podatkov podanih na I. jugoslovanskem posvetovanju o domači opremi za proizvodnjo elektronskih sestavnih delov in mikroelektroniko smo izdelali seznam tehnologij in opreme domačih proizvajalcev. Čeprav seznam ne kaže dejanskega stanja na tem področju v Jugoslaviji in še zdaleč ni popoln, je vendarle dokaj zanimiv.

Upamo, da bo za marsikoga tudi koristen.

## 1. ISKRA DO ELEMENTI

### 1.1. TOZD Keramika

Tehnologije:

- ZnO varistorji - proizvodnja mas in izdelkov
- keramični nosilci uporov
- keramični substrati za HV, potenciometre, itd. (1. 87/88)
- tehnična keramika - stiskana

Oprema:

- postrojenja za pripravo keramičnih mas
- stiskalnice za stiskanje izdelkov iz granulato in za sekanje nalitih folij
- ekstrudorji
- sušilniki
- namenska oprema za izdelavo uporovnih nosilcev (vrtanje, rezanje, bobnanje, brušenje, itd.)
- trakanje radialnih elementov s kontrolo in označevanjem

### 1.2. TOZD Upori

Tehnologije:

- carbon film upori
- metal film upori
- melf upori
- debeloplastni ship upori
- žični upori
- debeloplastne uporovne verige in diskretni upori

Oprema:

- stroji za elektronsko kontrolo in trakanje aksialnih in radialnih elementov
- linija za površinsko zaščito, označevanje, kontrolo in tiskanje aksialnih elementov
- pirolitska peč
- laserski spiralizacijski sistem z računalnikom
- abrazivni spiralizacijski stroj
- stroj za kapičenje
- stroj za sortiranje
- avtomatske montažne linije za MF in CF upore
- avtomatske montažne linije za melf upore
- naprava za navijanje, impregnacijo in razrez žičnih uporov
- sortiranje za MELF upore

- linija za površinsko zaščito, označevanje, kontrolo in tiskanje aksialnih elementov
- linija za montažo in zaščito debeloplastnih verig
- naprave za naprevanje kovinskih optičnih plasti v vakuumu
- računalniško podprta merilna oprema za testiranje uporovnih elementov

#### Hibridna debeloplastna vezja

Tehnologija: za izdelavo hibridnih debeloplastnih vezij

Oprema:

- naprave in pribor za izdelavo sit in mask
- sitotiskarski stroj - ročni in avtomatski
- tunnelske in sušilne peči za HV
- naprave za aktivno trimanje hibridov
- reflow solder naprava za spajkanje vezij s površinskimi komponentami
- naprave za natiskanje kontaktov
- naprave za inkapsulacijo HV durez in epoxi ohišja
- merilni in testni sistem za HV
- robotski manipulator za montažo komponent
- ročni tiskalnik primeren za laboratorije in pilotsko proizvodnjo

#### Potenciometri

Tehnologije:

- ogljeni potenciometer na pertinaksu ali keramiki
- cermet potenciometri
- miniaturni večobratni in precizni potenciometri

Oprema:

- oprema za pripravo uporovnih past
- sitotiskarski stroji za nanos plasti
- oprema za nanos uporovne plasti s polivanjem
- orodja za izdelavo sestavnih delov

#### Tekočekristalni prikazalniki

Tehnologija:

- nudijo kompletno tehnologijo in večino opreme za proizvodnjo LC prikazalnikov

#### TOZD Elektrolitski kondenzatorji

Tehnologije:

- kompletna tehnologija za izdelavo radialnih in aksialnih

elektrolitskih kondenzatorjev fi 5.8 navzgor za področja - 40 %, 85°C

- izdelava Al lončkov
- priprava elektrolitskih mešanic
- tehnologija za motostart in močnostne elektrolitske kondenzatorje

Oprema:

- postrojenje za pripravo elektrolitov
- naprava za vakuumsko impregnacijo svitkov
- postrojenje za izdelavo Al lončkov
- stroj za izdelavo priključkov
- peči za sušenje svitkov

#### TOZD Keramični kondenzatorji

Tehnologije:

- multilayer chip kondenzatorji
- radialni keramični kondenzatorji
- single layer keramični kondenzatorji
- priprava keramičnih prahov
- izdelava keramičnih diskov

Oprema: Kompletna postrojenja za proizvodnjo:

- single layer kondenzatorjev
- multi layer kondenzatorja
- multi layer chip kondenzatorja
- merilno testna oprema za keramične kondenzatorje
- oprema za izdelavo keramičnih folij in diskov
- oprema za pripravo keramičnih trakov za kondenzatorje

#### TOZD Feriti

Tehnologija za pripravo mas in proizvodnjo:

- trdih feritov
- mehkih feritov
- vseh vrst navitih komponent za široko potrošne in profesionalne aplikacije

Oprema:

- kroglični mlin do 3.5  $\mu$
- stroj za sortiranje lončkov po Al vrednosti
- rotacijska kalcinacijska peč 1100°C, 100 kg/h
- stiskalnice za praškaste materiale 15 t in 6 t
- ploskovni brusilni stroj za kontinuirano brušenje keramičnih izdelkov
- avtomatski stroj za brušenje rež pri feritnih lončkih

- profilni brusilni stroj za brušenje radiusov feritnih magnetnih segmentov
- tunelska peč za sintranje mehkih feritov (do 1400°C) z računalniškim vodenjem
- avtomatski merilni sistem za mehke ferite (vse parametre) z računalniškim vodenjem
- razpršilni sušilnik

#### TOZD Magneti

##### Tehnologije:

- lite in praškaste tehnologije za vse vrste AlNiCo magnetov
- tehnologija za proizvodnjo magnetov redke zemlje - Co

##### Oprema:

- livarska orodja vseh vrst
- naprave za magnetiziranje
- peči za izotermno magnetno obdelavo
- tunnelske peči za popuščanje
- peči za visoko temperaturno popuščanje
- magnetni sistemi in mize

#### TOZD Polprevodniki

##### Silicijeve diode:

##### Tehnologije za:

- proizvodnjo usmerniških diod od 1A do 60A
- montažo in procesiranje
- proizvodnjo usmerniških mostičev
- proizvodnjo usmerniških stavkov do več 1000 A

##### Oprema: stroj za kontrolo, polarizacijo, označevanje in tiskanje diod

- stroj za sortiranje aksialnih elementov (dioda, upori)
- robotski manipulator za montažo usmerniških mostičkov
- orodja in postrojenja za izdelavo in galvansko zaščito kontaktov na traku za hibridna vezja
- galvanske linije in tehnologije za zaščito sestavnih delov (niklanje, kosiranje)
- razne peči za temperaturne obdelave
- temperaturne komore do +600°C ali -40°C (-80°C) do +180°C za testiranje elementov
- laminar flow kabine
- UZV čistilniki in sistemi

- naprave za označevanje (TAMPOPRINT)

Možna je tudi izdelava postrojenj po naročilu, gradnja na ključ, itd.

#### TOZD Naprave

Oprema: 60 t stiskalnica za stiskanje keramičnih in feritnih izdelkov (nosilci, substrati itd.) po postopku suhega stiskanja

#### ISKRA DO KONDEZATORJI

Oprema: postrojenje za impregnacijo papirnih kondenzatorjev

- montažna linija za radialne kondenzatorje
- stroj za rezanje tankih plastičnih folij za proizvodnjo kondenzatorjev, SMM-103
- naprava za mešanje in doziranje dvokomponentnih sond ND-01 (EPOMIX)
- avtomat za snemanje izolacije APV445
- avtomat za snemanje izolacije, pocinjevanje in kovičenje

#### ISKRA DO KIBERNETIKA

##### Oprema:

- mikroprocesorska montažna miza tip MM-200 za ročno vstavljanje elektronskih elementov
- montažni robot "Roki-200" za montažo elektronskih in finomehanskih komponent
- enota za tiskanje s tamponom - več tipov
- naprava za sitotisk
- paketirni in zakovalni avtomat
- avtomati za sestavljanje kontaktnih priključkov
- modulna strežna naprava MSN-01 za avtomatsko stregostiskalnic
- polavtomat za izolacijo in navijanje žice na kompenzacijsko jedro
- enota za privijanje vijakov do M6x16
- delilna miza SD
- prenosna montažna proga
- Kompletni nabor modulnih enot za sestavljanje avtomatskih proizvodnih in montažnih linij
- dozirnik za lepila, olja, itd. volumen doziranja min. 0.05 cm<sup>3</sup>



FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, LJUBLJANA

TOZD Polprevodniki

Oprema: Sistemi za depozicijo amorfnega silicija s plin-  
sko razelektrivijo

INSTITUT IEVT:

- Ultravisoki vakuumski sistemi
- Spektrometer na Augerjeve elektrone za površinske  
analize
- vakuumski sistem za izdelavo specialnih elektronk v  
ultravakuumu
- univerzalni visokovakuumski sistem
- visokovakuumski sistem s sorpcijskimi črpalkami
- vakuumski merilniki
- rotacijske črpalke
- oljne difuzijske črpalke
- miniaturne ionsko-getrske črpalke
- sorpcijske pasti
- vakuumski ventili
- vakuumski vezni elementi

ELEKTROTEHNIČNI FAKULTET, NIŠ

RO Ei - Poluprovodnici, Niš

Oprema: sistem za procese v plazmi

RO VLADO BAGAT

OOOR ALPA, Zadar

Oprema:

- avtomat za elektroodporno varenje kontaktov "ALPA-  
KONT"
- avtomati za obdelavo elektrovodnikov "ALPACRI MP"
- montažni avtomat
- vrtljive mize z lastnim pogonom
- naprave za uvaljanje navojev
- prenosniki moči
- varilne glave za kontaktno, rotacijsko in točkasto var-  
jenje
- elektro krmilne enote
- visokončinski transformatorji z vodnim hlajenjem

# SEMINAR O PROGRAMIMA ZA SIMULACIJU U RAZVOJU POLUPROVODNIČKIH PROCESA I KOMPONENATA

Zoran Živić

Simulacija i analiza poluprovodničkih procesa i komponenta postala je poslednjih godina neophodno sredstvo za dalji, veoma brzi, razvoj poluprovodničke tehnologije u svetu. Nepoštovanjem ove činjenice poluprovodnička tehnologija u Jugoslaviji bila je osudjena na još veće zaostajanje u odnosu na svetske domete u ovoj oblasti. Ovo je bio osnovni motiv da se u organizaciji MIDEM-a u Ljubljani od 24. - 28. novembra održi seminar posvećen programima za simulaciju poluprovodničkih procesa i komponenta.

Domaćin seminara je bila DO Iskra Mikroelektronika koja je učesnicima seminara iz Fakultete za elektrotehniko - Ljubljana, Elektronskog fakulteta Niš, TOZD Tovarne poluprovodnikov - Trbovlje, DO Iskre Mikroelektronike, stavila na raspolaganje svoj računski sistem VAX 11/780 (operacioni sistem VMX 4.3) u kome su implementirani sledeći programi za simulaciju obuhvaćeni ovim seminarom:

## I. PROGRAMI ZA SIMULACIJU PROCESA

1. SUPREM II (The Stanford University Process Engineering Models) program omogućuje simulaciju pojedinih procesnih koraka ili niz različitih procesnih koraka koji se sreću u tehnološkom nizu izrade poluprovodničkih komponenta. Modeli ugrađeni u ovaj program omogućuju simulaciju jonske implementacije, predepozicije, oksidacije i/ili difuzije, epitaksijalnog rasta, nagrizavanja  $\text{SiO}_2$  ili Si i depoziciju oksida. U DO Iskra Mikroelektronika je pridodat i fenomenološki model oksidacije Si u smesi  $\text{O}_2/\text{HCl}$  pošto se ovakva oksidacija uobičajeno koristi pri izradi kvalitetnog oksida kanala u MOS tehnologijama.
2. SAMPLE (Simulation And Modeling of Profiles in Lithography and Etching - University of California, Berkeley) je program koji simulira fotolitografski proces. Modeli koje program sadrži omogućuju simulaciju nanošenja

fotorezista, pečenja, eksponiranja, razvijanja i uklanjanja polimerizovanog fotorezista. Kao rezultat simulacije dobija se oblik profila fotorezista posle razvijanja kod likova koji su eksponirani.

## II. SIMULACIJA POLUPROVODNIČKIH KOMPONENATA

1. MINIMOS 2/3 (Technische Universität Wien) je program koji omogućuje dvodimenzionalnu numeričku simulaciju planarnih MOS tranzistora. Sadrži modele za pokretljivost, koncentracione profile, proces udarne ionizacije i efekat "vrućih" nosilaca (MINIMOS 3). Rezultati simulacije se pomoću programa MOSPLOT mogu prikazati grafički.
2. BAMB I (Basic Analyzer of MOS and BIpolar Devices - Technische Universität Wien) program se može koristiti za dvodimenzionalnu simulaciju proizvoljnih poluprovodničkih struktura sa više dielektričnih slojeva. Rezultati simulacije su numeričke vrednosti promenljivih u tačkama strukture definisanim mrežom i vrednosti struja na priključenim elektrodama simulirane strukture. Program BAMPLOT (generisan u DO Iskra Mikroelektronika) omogućuje grafički prikaz rezultata simulacije.
3. HALVFEM (Kraljevska visoka tehnička škola - Stockholm) omogućuje dvodimenzionalnu simulaciju poluprovodničkih struktura koje definiše sam korisnik. U pogledu supstrata nije ograničen samo na Si a u pogledu simuliranog područja ne zahteva pravouganu geometriju. Kod ovog programa gustinu mreže u pojedinim oblastima simulacije definiše sam korisnik. Izlazni rezultati se pomoću programskog modula IPP mogu prikazati u grafičkom obliku.
4. VLSICAP (Technische Universität Wien) program služi za simulaciju i analizu kapacitivnosti veza i spojeva kod kompleksnih integrisanih kola.

STROKOVNO DRUŠTVO ZA MIKROELEKTRONIKO, ELEKTRONSKE SESTAVNE  
DELE IN MATERIALE — MIDEM — S TEM POTRBUJE, DA JE TOVARIS

*Iztok Šorli*

USPEŠNO OPRAVIL SEMINAR:

**SIMULACIJSKA ORODJA PRI RAZVOJU  
POLPREVODNIŠKIH PROCESOV,**

KI JE BIL ORGANIZIRAN V ISKRI — MIKROELEKTRONIKA OD 24. DO 27.  
NOVEMBRA 1986

Ljubljana, 27. XI. 1986

VODJA SEMINARJA:  
DR. FRANC RUNOVČ

*Franc Runovc*



PRESEDNIK MIDEM:  
DR. RUDOLF ROČAK

*Rudolf Ročak*

Faksimile priznanja Društvu MIDEM

III. POMOČNI PROGRAMI

Grafički programi IPP, MOSPLOT i BAMPLOT su pomoćni programi koji omogućuju grafički prikaz rezultata simulacije HALVFEM, MINIMOS i BAMBI. Program SUPMINI (DO Iskra Mikroelektronika) rezultate simulacije koncentracijskih profila pomoću programa SUPREM II transformiše u datoteku takvog formata koji zahteva program MINIMOS 2/3.

Osim teoretskog upoznavanja sa svakim programom (organizacija i struktura programa, modeli korišćeni u programu ...) učesnicima seminara je prezentiran i niz praktičnih primera od kojih su neke i sami kreirali. Organizacija i kvalitet seminara koji je pod vodstvom dr. F. Runovca realizovala grupa stručnjaka iz sektora za projektovanje, istraživanje i razvoj DO Iskra Mikroelektronika (Z. Kri-vokapič, M. Jenko, M. Koželj, A. Vodopivec) od strane učesnika su ocenjeni najvišom ocenom. Izraženo je mišljenje da bi bilo veoma korisno nastaviti sa praksom organizovanja ovakve vrste seminara na kojima bi se obradivale savremene i aktuelne teme iz oblasti poluprovodničke tehnologije.

Adresa autora: Zoran Živić  
Iskra Mikroelektronika  
Stegne 15 d  
61000 LJUBLJANA

## 33. MEDNARODNA RAZSTAVA SODOBNA ELEKTRONIKA '86

### Herman Vidmar

Letošnjo 33. mednarodno razstavo elektronike, telekomunikacij, avtomatizacije, računalništva, robotizacije in nukleonike je priredilo Gospodarsko razstavišče v dnevih od 6. do 10. oktobra 1986 v prostorih Gospodarskega razstavišča v Ljubljani. Razstava je bila po obsegu kakor tudi po številu tako domačih kakor tudi tujih razstavljalcev največja. Razstavljalo je 625 razstavljalcev, kar predstavlja skupno 15 % več kot lani. Od tega je nastopilo 197 domačih (porast za 50) in 428 tujih (porast za 35) razstavljalcev. Najštevilnejši so bili iz Jugoslavije (197), od inozemskih iz 21 dežel pa so sledili iz ZR Nemčije (127), Avstrije (70), ZDA (51), Švice (43), Velike Britanije (26), Francije (28), Italije (19), DR Nemčije (12), Japonske (9) ter nato Belgije, Madžarske, Kanade, Švedske, Danske, Nizozemske, ZSSR, ČSSR, Poljske in ostalih. Pri tem so razstavljali kolektivno ZSSR, DR Nemčija in ČSSR.

Za razstavo je vladalo vse dneve veliko zanimanje, saj jo je obiskalo skupno preko 73.000 obiskovalcev iz vse Jugoslavije in tudi iz inozemstva.

Letos je število razstavljalcev po panogah dejavnosti ponovno potrdilo profesionalni značaj razstave SODOBNA ELEKTRONIKA, saj so predstavljale

- profesionalne elektronske naprave (v širšem smislu), to je telekomunikacije, RTV difuzija, profesionalna elektronika (v ožjem smislu), računalniki in inženiring

|                                     |                 |        |
|-------------------------------------|-----------------|--------|
|                                     | polovico        | 50,7 % |
| - sestavni deli, enote in materiali |                 |        |
| zanje                               | tretjino        | 32,5 % |
| - oprema za proizvodnjo             | skoraj desetino | 9,4 %  |
| - zabavna elektronika               |                 | 7,4 %  |

Razen vse domače elektronske industrije in institutov so zavzeli inozemski razstavljalci, ki jih je bilo po številu 3/4, okoli 2/3 razstavnega prostora. To kaže na komercialni interes inozemskih razstavljalcev predstaviti izdelke,

ki jih pri nas ne izdelujemo v zadostnem asortimanu in/ali kvaliteti. Med te lahko prištevamo predvsem nekatere profesionalne elektronske naprave in kvalitetne sestavne dele ter enote zanje, visokokvalitetne elektronske merilne instrumente, najsodobnejšo opremo za proizvodnjo elektronskih naprav in sestavnih delov, nekatere elektronske računalnike, predvsem pa periferne naprave in slično.

Po številu razstavljalcev, zbranih po raznih panogah dejavnosti, je bila udeležba naslednja:

SESTAVNI DELI, ENOTE IN MATERIALI so predstavljali najmočnejše zastopano panogo dejavnosti in so obsegali 1/3 (32,5 %) vseh razstavljalcev, kjer je bilo letos 51 razstavljalcev ali 2 % več kot lani. Pri tem je razstavljalo elektronske sestavne dele in enote 14,8 % razstavljalcev, žice, kable in pribor 5,4 % ter materiale za proizvodnjo elektronskih naprav in sestavnih delov 6,6 % od vseh razstavljalcev, sestavne dele za avtomatizacijo pa 61 razstavljalcev, to je 5,7 %. Od 139 razstavljalcev elektronskih sestavnih delov je bila velika večina inozemskih.

Širokemu asortimanu domačih proizvajalcev sestavnih delov in enot so se v veliki meri pridružili predstavniki specializiranih inozemskih firm tako, da so interesenti za najsodobnejše in kvalitetne sestavne dele imeli vsestransko možnost izbora.

PROFESIONALNA ELEKTRONIKA v ožjem smislu je bila letos druga najmočnejše zastopana in je obsegala 1/4 (24,4 %) vseh razstavljalcev. S skoraj enakim številom razstavljalcev kot lani je bila merilna in regulacijska elektronika v tej panogi na prvem mestu (10,0 %), industrijska elektronika sledi s 6,5 %, avtomatizacija in robotika (3,7 %), medicinska elektronika (1,6 %), viri električne energije (1,9 %) in nuklearna elektronika (0,6 %) vseh razstavljalcev.

Razen že poznanih je bilo opaziti, da nekatera domača industrija razširja svojo dejavnost tudi na industrijsko elektroniko, predvsem tuji razstavljalci pa prijavljajo novosti na področju elektronskih merilnih instrumentov in avtomatizacije.

Od panog SODOBNE ELEKTRONIKE se začinja izredno hitro razvijati in dosega že znatne rezultate pri uresničevanju racionalnejšega in ekonomičnejšega proizvodjanja ROBOTIZACIJA in FLEKSIBILNA AVTOMATIZACIJA. V želji, da bi javnost pravočasno in čim bolj popolno opozorili na razvoj te panoge v svetu in pri nas, so v okviru letošnje razstave ponovno posvetili tej dejavnosti posebno specializirano razstavo, ki so jo poimenovali 2. jugoslovanska razstava ROBOTIZACIJE JUROB 86.

Vabilu k sodelovanju so se odzvali vsi glavni razvijalci in proizvajalci, ki delujejo na področju robotizacije, fleksibilnih strežnih naprav, robotskih podskeopov in komponent, merilnih aparatov, računalniško podprtih dejavnosti, robotskih programskih jezikov, elementov umetne inteligence ter z robotizacijo povezane sodobne tehnologije in inženiringa. Obseg letošnje razstave JUROB je bil po površini dvakrat večji od lanskega.

Iz obsežne panoge PROFESIONALNA ELEKTRONIKA je obravnaval strokovno problematiko relejne zaščite in lokalne avtomatizacije elektroenergetskih sistemov simpozij RZ 86, problematiko zanesljivosti v merilno-procesnih sistemih seminar ISEMEC 86, o uporabi elektronike in avtomatizacije v železniškem, cestnem in luškem prometu pa je bilo govora na simpoziju EP.

TELEKOMUNIKACIJE IN RTV DIFUZIJA je bila po obsegu tretja panoga dejavnosti razstave (15,0 %). Po posameznih panogah prednjačijo telekomunikacijski aparati in terminali (4,7 %), telekomunikacijske naprave za prenos informacij (3,2 %), teleinformatika - usluge (2,0 %), oprema za radijske in televizijske studije (1,7 %), telekomunikacijske naprave za komutacijo (1,3 %) in radijski ter televizijski oddajniki in pretvorniki (1,6 %).

Zelo obsežno problematiko o telekomunikacijah je obravnaval jubilejni XX SIMPOZIJ O TELEKOMUNIKACIJAH YUTEL 86, kjer se je zbrala večina vidnejših strokovnjakov industrije, eksploatacije in institutov te panoge.

OPREMA ZA PROIZVODNJO je bila zastopana s skoraj 10 % razstavljalcev in je bila posebno zanimiva za spoznavanje jugoslovanske industrije z novostmi na področju, ki je nujno potrebna za posodobitev obstoječe elektronske industrije.

V času razstave je bilo I. Jugoslovansko posvetovanje o domači opremi za proizvodnjo elektronskih sestavnih delov in mikroelektroniko DOMAČA OPREMA. Zbrani predstavniki industrije, institutov, fakultet in snovalcev ter izdelovalcev opreme so predstavili svoje dosežke in izmenjali izkušnje, kar je gotovo pospešilo interes za to izdelavo in v prihodnje tudi za razstavljanje.

RAČUNALNIŠTVO je prikazalo z 8,6 % razstavljalcev porast proti lanskem letu. Letos je razstavljalo 62 razstavljalcev elektronskih računalnikov in perifernih naprav (5,8 %), računalniško programsko opremo je predstavljalo 20 razstavljalcev (1,9 %), računalniško podprte dejavnosti (CAD, CAM, CAE...) pa 10.

ZABAVNA ELEKTRONIKA je bila s 7,4 % v istem obsegu kot lani. V tej panogi je na prvem mestu skupina za elektroakustične HI-FI naprave (2,0 %), gramofoni in naprave za magnetni zapis tona in slike (1,8 %), sledijo radijski in televizijski sprejemniki (1,4 %), oprema za elektroakustične studije (1,3 %) in antene ter antenske naprave za RTV sprejem (0,9 %).

Poleg stalnega programa domače industrije so letos ponovno razstavljale manjše delovne enote lastne predvsem elektroakustične FI-FI naprave, dočim je interes inozemskih proizvajalcev za razstavljanje te opreme iz poznanih vzrokov manjši.

INŽENIRING IN LITERATURA sta bila predstavljena z 2,7% razstavljalcev, od katerih je predstavljalo inženiring in projektivo 28, to je 2,6 %, literaturo pa 0,1 % razstavljalcev.

Kot smo že omenili, je bil integralni del razstave tudi spremljajoči program SIMPOZIJEV jugoslovanskih in inozemskih strokovnjakov. Skupno je bilo podanih preko 200 referatov, ki so bili vsi na visoki strokovni ravni. Preko 100 referatov je bilo podanih na letos jubilejnem 20. Sim-

poziju o telekomunikacijah YUTEL in z zelo aktualno usmerjeno temo "Razvoj telekomunikacij in njihova nadaljna usmeritev v svetu in pri nas", kjer so bile podane smernice razvoja telekomunikacijskega omrežja, s ciljem sodobnega digitalnega omrežja ISDN. Seminar o merilno procesni tehniki ISEMEC je obravnaval meritve v robotiki in meritve temperature; Simpozij o relejni zaščiti in lokalni avtomatizaciji elektroenergetskih sistemov RZ 86 je obravnaval zanimivo problematiko s strokovnjaki - elektroenergetiki; Simpozij o elektroniki v prometu EP 86 je letos prvič poleg uporabe elektronike v cestnem, železniškem in luškem prometu obravnaval tudi letalski promet. Letos povsem novo je bilo še Posvetovanje o domači opremi za proizvodnjo elektronskih sestavnih delov in mikro-

elektroniko, s prikazom doma konstruirane in izdelane opreme.

Zasedanjem simpozijev je prisostvovalo skoro 1900 priznanih strokovnjakov iz vse Jugoslavije, ki so z izmenjavo izkušenj in dosežkov na simpozijih ter s strokovnimi razgovori s predstavniki razstavljalcev obogatili svoje strokovno znanje, razstavljalcem pa so dali možnost novih stikov s prominentnimi elektronskimi strokovnjaki.

Avtorjev naslov: Herman Vidmar, dipl. ing.

Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50  
61000 Ljubljana

## **PRONIC '86**

### **Milan Slokan**

To mednarodno razstavo opreme in izdelkov za elektroniko v Parizu izmenjujejo od leta 1984 vsako drugo leto s Produktronico v Münchnu. Ker so Francozi pričeli s takimi razstavami kasneje kot Nemci, je tudi razstava PRONIC ustrezno manjša, pa tudi manj pregledno organizirana kot Produktronica v Münchnu. Res pa je, da so znali organizatorji prisluhniti in se s spremljajočimi konferenca-ami navezati na pereče teme današnje elektronike.

Letošnja razstava, ki je bila od 18. do 21. novembra na razstavišču Porte de Versailles, je zavzela 38.000 m<sup>2</sup> prostora (31 % več kot leta 1984) oziroma 16.661 m<sup>2</sup> čiste površine razstavnih stojnic. Tudi število razstavljalcev se je povečalo od leta 1984 za 25 %, letos jih je bilo skupaj 827 iz 19 držav. Največ jih je seveda bilo iz Francije (413), slede ZDA (129), ZR Nemčija (89), Švica (54), Velika Britanija (53), Italija (26), Japonska (18), itd.

Razstava je bila razdeljena na štiri sekcije, kjer so razstavljali opremo, materiale in izdelke za elektroniko:

- v sekciji A za proizvodnjo polprevodnikov, integriranih vezij in hibridnih vezij (118 razstavljalcev),
- v sekciji B za proizvodnjo tiskanih vezij in pasivnih ele-

- mentov (21 razstavljalcev),
- v sekciji C za montažo sestavnih delov (196 razstavljalcev) in
- v sekciji D za meritve, kontrolo, testiranje in spremljajočo avtomatizacijo (78 razstavljalcev).

Ostali razstavljalci so bili založbe, združenja, izobraževalne ustanove, itd.. Ocenjujejo, da je razstavo obiskalo približno 25.000 strokovnjakov iz vsega sveta.

Prostor seveda ne dopušča podrobne obravnave eksponatov, sliko o smereh razvoja na najbolj aktualnih področjih oziroma tematikah sodobne elektronike pa nam dajeta dve mednarodni konferenci na visokem nivoju: prva o opremi in tehnologijah za proizvodnjo polprevodnikov in mikroelektronike (Wafer Fab 86) ter druga o površinski montaži elementov (CMS 86 - composants montés en surface, kar je francoska inačica za SMD). Prva konferenca je bila posvečena predvsem avtomatizaciji proizvodnih in kontrolnih procesov v industriji mikroelektronike, v pogojih vedno manjših dimenzij oziroma vedno večje gostote mikroelektronskih vezij. Težišče je bilo na fotolitografiji, ionski implantaciji in montaži.

Druga konferenca je prikazala stanje razvoja in tendence površinske montaže elementov ter dosedanje rezultate, ki so toliko bolj prepričljivi, ker je cena SMD padla praktično že na raven klasičnih elementov. Konferenca je bila tudi odraz prikazov na sami razstavi, kjer je bilo videti več kot 200 naprav za površinsko montažo elementov (pri čemer je v Evropi le 2 % usposobljenih izdelovalcev opreme za površinsko montažo, nasproti 20 % v ZDA in 50 % na Japonskem).

Društvo MIDEM je organiziralo na razstavo Pronic letalsko potovanje, ki se ga je udeležilo 39 naših članov in drugih strokovnjakov iz vse Jugoslavije. Naša skupina je bila deležna s strani organizatorjev (z našim posredovanjem) vseh možnih ugodnosti s prostim vstopom na razstavo in brezplačnimi katalogi. Uspeli smo od organizatorja dobiti tudi zbornika referatov obeh omenjenih konferenc (višina kotizacije za posamezno konferenco je znašala po 1.500 FF<sub>r</sub>), ki sta na razpolago članom MIDEM za fotokopiranje v knjižnici MIDEM v Ljubljani, Titova 50. Za orientacijo o razpoložljivem gradivu navajamo angleške naslove in avtorje v obeh zbornikih objavljenih referatov.

Prihodnja razstava PRONIC 88 bo v Parizu od 15. do 18. novembra 1988.

#### WAFER - TAB - 86

1. M.V. Delcroix, CEA-IRDI-LETI, Francija  
Possible R and D contribution to the definition of future integrated circuit production lines /F/
2. M.J. Canteloup, ACATEL, Francija  
Real time control of IC etching by optical emission spectroscopy /F/
3. M.J.P. Lazzari, CEA-LETI, Francija  
Future integrated circuit technological needs - Their influences on microlithography /F/
4. M.R.E. Williams, General Electric, USA  
Contrast enhancement materials. Effects of process variables on critical dimension control with Altolith CEM-420 /A/
5. M.S. Yoshida, NIKON, Japonska  
Direct step on wafer microlithography progress /A/
6. M.B. Fay, MICRONIX, USA  
A practical submicron lithography system using a conventional source X-ray stepper /A/

7. M.C. Guenais, MANOMASK, Francija  
Electron beam photomasks supply - A service, a must for microelectronic industry /F/

#### SMT - 86

1. M.G. Menozzi, CROUZET, Francija  
High density interconnect - Surface Mount Technology /F/
  2. M.W. Malwald, Siemens, Nemčija  
Development of CMD assemblies under production conditions /A/
  3. M.D. Friedrich, Siemens, Nemčija  
STM - the new Surface Mount Technology for printed circuit boards /A/
  4. M.J. Klein Wassink, Philips, Nizozemska  
Drawbridging of leadless components /A/
  5. M.B. Ouldali, ESPCEI, Francija  
An application of a new optimization method to automated hybrid circuit lay out
  6. M.B. Dreyfus-Alain, INTERFACE, Francija  
Clean surfaces: How to get them? How to keep them? /F/
  7. M.M. Strahm, Microelectronic-Marin, Švica  
TAB: Possibilities - Reliability /A/
  8. M.M. Colonna Ceccaldi, Thomson, Francija  
Printed boards for surface mount technology - New base materials and processes /F/
  9. M.D. Martin, PCK Technology Division, Francija  
What is CERACLAD /A/
  10. M.D.C. Frisch, PCK Technology Division, USA  
New PCB substrates expand packaging engineer's choices /A/
  11. M.G. Lin, DECELECT Electronique, Francija  
Test using SMD technics for PCB /F/
  12. M.J. Granger, CNET, Francija  
SMD systems approval procedures by French Telecommunication Administration /F/
- Avtorjev naslov: Mag. Milan Slokan  
MIDEM  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

## POSVETOVANJA NA 12. MEDNARODNEM SEJMU ELEKTRONIKE V MÜNCHNU

**Alojzij Keber**

V času 12. mednarodnega strokovnega sejma elektronike ELECTRONICA 86 od 11. do 15. novembra 1986 v Münchnu so se odvijala tudi strokovna posvetovanja, ki so vsakoletna spremljajoča dejavnost münchenskega razstavišča ob sejmu elektronike ali produktronike. Letos so se strokovnjaki lahko udeležili 12. mednarodnega kongresa Mikroelektronika, 3. mednarodne konference Makroelektronika, simpozija Zagotavljanje kvalitete na področju elektronike ter strokovnega posveta Sensorika. Ker je pristojbina za poslušalce na teh strokovnih manifestacijah za jugoslovanske razmere sorazmerno visoka, je težko verjeti, da se je kdo iz Jugoslavije udeležil tega posveta, saj vemo, da je v marsikateri delovni organizaciji težko "odrinti" že denar za obisk sejma. No, četudi je pri pravkar napisanem kakšna izjema, se zavedamo, da večina bralcev nima koristnih informacij o tem, kaj se je dogajalo na letošnjih posvetih. Z društvu MIDEM značilno iniciativo smo se tudi tokrat oglasili pri organizatorjih posvetovanj s prošnjo, da nam za našo strokovno knjižnico odstopijo po dva izvođa vsakega zbornika. Hvaležni moramo ugotoviti, da je bila naša prošnja takoj izpolnjena, kar ponovno dokazuje, da so vezi med vodstvom Münchener Messe - und Ausstellungen GmbH in društvom MIDEM dobre - še posebej po zaslugi uvidnih in razumevajočih posameznikov v vodstvu münchenskega razstavišča ter vztrajnih in pronicljivih aktivistov društva MIDEM.

Z namenom, da naše člane seznanimo z vsebino posvetov, navajamo autorje in naslove referatov. Zborniki so na vlogled v knjižnici društva MIDEM, Titova 50, 61000 Ljubljana. Kopije zelenih referatov lahko naročite tudi na telefon (061) 316 886 - Tepina. MIDEM zaračuna stroške kopiranja in poštino.

12. mednarodni kongres - MIKROELEKTRONIKA,  
10. in 11. november 1986

Microelectronics - World Market and  
Technologies

- 1.\* M. Penn, Dataquest, London/GB  
MICROELECTRONICS - WORLD MARKET AND TECHNOLOGIES
- 2.\* K. Taniguchi, Hitachi, Tokyo/J  
COMPETITION OF TECHNOLOGIES - VLSI SHIFTS IN THE APPLICATION OF MOS AND BIPOLAR
- 3.\* A. Wieder, Siemens, München/D  
REVIVAL OF BIPOLAR TECHNOLOGY IN THE SUBMICRON RANGE
- 4.\* P. Verhofstadt, Fairchild, Santa Clara, Ca./USA  
TRENDS IN STANDARD ICs
- 5.\* B. Murphy, AT and T, Redding/USA  
BEYOND SILICON - GaAs?
- 6.\* J. Borel, Thomson Semiconducteurs, Grenoble/F  
BEYOND SILICON - SILICON?
- 7.\* P. Draheim, Valvo, Hamburg/D  
NEW SOLUTIONS IN DIGITAL SIGNAL PROCESSING THROUGH VLSI
- 8.\* P. Lin, Motorola Semiconductor, Austin, Texas/USA  
VLSI HIGH PIN-COUNT PACKAGING TRENDS

Strokovni posvet o razvoju procesorjev

9. L. Mary, Thomson Semiconducteurs, Vélizy-Villacoublay/F  
THIRD GENERATION SIGNAL PROCESSORS FOR TELECOM APPLICATIONS
10. T. Takeuchi, H. Tanaka, I. Kuroda, H. Koyama, T. Nukiyama, NEC, Kawasaki/J



## A 32-BIT FLOATING POINT SIGNAL PROCESSOR

11. G. Baum, T. Miller, Fairchild Semiconductor, Palo Alto, Ca./USA

## A HIGH-PERFORMANCE 32-BIT MICROPROCESSOR

12. A. Strupat, Advanced Micro Devices, Newport Beach, Ca./USA

## VLSI GRAPHICS PROCESSOR FOR HIGH RESOLUTION WORK STATIONS

## Posvet o konceptih pakiranja

13. M. Kelly, 3 M, Bracknell, Berksh./GB

## TAPE AUTOMATED BONDING (TAB):

## ANSWER TO VLSI PACKAGING PROBLEMS?

14. H. Steckhan, Siemens München/D

## TAB - A COST EFFECTIVE SOLUTION FOR VLSI PACKAGING CONCEPTS

15. M. Levi, National Semiconductor, Santa Clara, Ca./USA

## TAPE PAK - A NOVEL APPROACH TO PACKAGING

16. W. Bloch, W. Möller, MBB, Kirchheim (Teck)/D

## THERMAL BEHAVIOUR OF SMD PACKAGING

17. C. Cognetti, R. Tiziani, SGS Microelettronica, Agrate-Brianza/I

## STATUS OF POWER PACKAGES AND EVOLUTION TOWARD POWER SMD's

## Plenarno zasedanje

18. \*B. Höfflinger, Institut für Mikroelektronik, Stuttgart/D  
APPLICATION SPECIFIC VLSI (ASICs) - A NEW QUALITY IN THE CUSTOMER/VENDOR RELATION

## Strokovni posvet o ASIC

19. G. Göttle, O. Bernecker, EUROSIL electronic, Eching/D  
FORTH-PROGRAMMABLE ASICs - AN EASILY ADAPTABLE PROCESSOR SUITABLE AS MACRO CELL

20. E. Jones, K.R. Lobo, LSI Logic, Milpitas, Ca./USA  
AN APPLICATION SPECIFIC MEGACELL APPROACH TO VLSI DESIGN

21. V. Coli, Monolithic Memories, Santa Clara, Ca./USA  
NEW PROGRAMMABLE LOGIC ARCHITECTURES EASE SYSTEM DESIGN

22. J. Tatje, G. Biehl, ISDATA, Karlsruhe/D

## A SOFTWARE PACKAGE OFFERING A COMMON APPROACH FOR PLD AND ASIC

23. R. Koo, AMI International, Unterpremstätten/A

## THE USE OF ANALOG MACROCELLS IN ASIC-DESIGNS

\* povabljeni referent

3. mednarodna konferenca - MAKROELEKTRONIKA, 13. november 1986

## Inteligentni močnostni polprevodniki

1. K. Rischmüller, Thomson Semiconductors, Aix-en-Provence/F

## NEW INTELLIGENT POWER COMPONENTS

2. C. Cini, C. Diazzi, D. Rossi, S. Storti, SGS Microelettronica, Milano/I

## HIGH SIDE MONOLITHIC SWITCH IN MULTIPOWER BCD TECHNOLOGY

3. P. Davies, M. Null, Integrated Power Semiconductors, Livingston/GB

## A CONFIGURABLE POWER CONTROL/DRIVE IC FOR THREE-PHASE BRUSHLESS DC MOTORS

4. King Owyang, General Electric, Syracuse, NY/USA  
RECENT ADVANCES IN POWER IC TECHNOLOGY

5. P. Hrassky, SGS Design Center, Grafing/D  
INTEGRATED BRUSHLESS DC MOTOR DRIVER

## Novi močnostni tranzistorji

6. A. Morgan, SGS Semiconductor, Aylesbury/GB  
IMPROVED POWER TRANSISTOR PERFORMANCE BY "HOLLOW EMITTER" CONSTRUCTION

7. L. Lorenz, Siemens AG, München/D  
THE SIRET - A NEW BIPOLAR TRANSISTOR WITH VERY SHORT SWITCHING TIMES AND EXTENDED SAFE OPERATING AREA

8. L. Lorenz, H. Amann, Siemens AG, München/D  
W. Schierz, Semikron, Nürnberg/D  
INVESTIGATIONS ON A NEW POWER MOSFET MODULE

9. T. Schulz, RCA, Quickborn/D  
GATE DRIVE CIRCUITS FOR THE COMFET

## Vezja z GTO Thyristorji

10. H. Conrad, Technische Universität, Dresden/DDR,  
U. Nicolai, VEB Mikroelektronik "K. Liebknecht",  
Stahnsdorf/DDR  
CHOICE CRITERIA FOR POWER SEMICONDUCTORS:  
GTO THYRISTOR OR BIPOLAR TRANSISTOR
  11. J. Steinke, Ruhr-Universität, Bochum/D  
SNUBBER NETWORK COMPONENTS FOR GTO THYRISTORS  
WORKING AT HIGH SWITCHING FREQUENCIES
  12. T. Schütze, T. Stück, Technische Universität, Berlin/D  
COMPARISON OF PASSIVE AND ACTIVE SNUBBER NET-  
WORKS FOR GTO THYRISTORS IN CHOPPER CIRCUITS
  13. M. Jung, Technische Universität, Berlin/D  
TURN-OFF CHARACTERISTICS OF THE GTO THYRISTOR  
IN THE CASCODE CIRCUIT
- Povratno delovanje pretvornikov in stikal-  
nih elementov na mrežo, motnje motorjev
14. D. Anke, F. Schmidt, Universität der Bundeswehr,  
München/D  
EMI ANALYSIS OF INVERTER CONCEPTS
  15. M. Grötzbach, Universität der Bundeswehr, München/D  
R. Merkel, Siemens AG, München/D  
LINE SIDE HARMONICS OF CONTROLLED SIX PULSE  
BRIDGE CIRCUITS WITH DC CURRENT RIPPLE
  16. H. Pichler, F. Steinhauser, Technische Universität,  
Wien/A  
SMPS WITH SINUSOIDAL INPUT CURRENT
  17. M. Herfurth, Siemens AG, München/D  
A NEW INTEGRATED CIRCUIT FOR ACTIVE HARMONIC  
FILTERS IN RECTIFIER CIRCUITS
  18. T. Nishimura, University of Oita/J  
M. Nakaoka, T. Maruhashi, University of Kobe/J  
NOISE CHARACTERISTICS OF AN INDUCTION MOTOR  
DRIVEN BY A PWM INVERTER WITH 20 kHz SWITCHING  
FREQUENCY EMPLOYING BIMOS POWER TRANSISTORS

SIMPOZIJ - ZAGOTAVLJANJE KVALITETE NA PODROČJU  
ELEKTRONIKE, 12. november 1986

- Zagotavljanje kvalitete - potreben element  
pri kooperaciji in partnerstvu proizvajal-  
cev opreme in komponent
1. A. Spencker, FTZ Darmstadt/D  
QUALITY ASSURANCE FOR ELECTRONIC COMPONENTS  
USED IN TELECOMMUNICATION EQUIPMENT OF THE  
DEUTSCHE BUNDESPOST - HOW TO INFLUENCE QUALI-  
TY ASSURANCE MEASURES OF SUPPLIERS
  2. K.H. Pflüger, IBM, Hannover/D  
A METHOD TO IMPROVE GRADUALLY THE RELIABILITY  
OF ELECTRONIC COMPONENTS AND ASSEMBLIES
  3. R. Balasus, Blaupunkt, Hildesheim/D  
EFFECTIVE METHODS OF COMMUNICATION BETWEEN  
COMPONENT- AND EQUIPMENT-MANUFACTURER -  
NECESSARY CONDITION FOR ZERO DEFECTS
  4. A. Swamy, Rohde and Schwarz, München/D  
COOPERATION BETWEEN MANUFACTURERS AND USERS -  
TO IMPROVE THE QUALITY CONTINUOUSLY IS OBLI-  
GATION ON BOTH
  5. E. Sakai, Murata, Kyoto/J  
INTERACTION WITH CUSTOMERS - A STRATEGIC ELE-  
MENT OF QUALITY ASSURANCE OF MONOLITHIC CHIP  
CAPACITORS
  6. H. Benseck, Valvo, Hamburg/D  
GRADUAL IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF TAPES  
FOR SURFACE MOUNTED DEVICES
  7. M. Busacker, Endress + Hauser, Maulburg/D  
PRACTISING QUALITY ASSURANCE IN A MEDIUM-  
SIZED COMPANY
  8. H. Keller, Robert Bosch GmbH, Reutlingen/D  
APPLICATION-ORIENTED QUALIFICATION OF STAN-  
DARD-ICs: CHANCES AND LIMITS FOR QUALITY-IM-  
PROVEMENT OF SYSTEMS
  9. H. Schwerdtner, Texas Instruments Deutschland GmbH,  
Freising/D  
HOW A SEMICONDUCTOR MANUFACTURER WORKS IN  
PARTNERSHIP WITH CUSTOMERS AND SUPPLIERS TO  
ACHIEVE THE LOWEST COST OF OWNERSHIP FOR INTE-  
GRATED CIRCUITS

STROKOVNI POSVET - SENZORIKA, 14. november 1986

1. W. Rienecker, Analog Devices, München/D  
SENSOR SIGNAL CONDITIONING AND MEASUREMENT  
SIGNAL PREPROCESSING
2. A. Nausch, Force Computers GmbH, München/D  
BUSSYSTEMS - THE COMMUNICATION CHANNEL FOR  
FLEXIBLE SIGNAL HANDLING
3. S. Friederich, Valvo, Hamburg/D  
THE INTER-IC BUS ( $I^2$  BUS): A SERIAL MULTIPRO-  
CESSOR SYSTEM WITH MINIMAL CHIP COUNT
4. M. Lobjinski, Siemens AG, München/D  
MICROCOMPUTER-CONTROLLED ADAPTION OF THE  
FILTER FUNCTION IN SUPERSONIC RANGING
5. G. Bauer, Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH,  
München/D  
POSSIBILITIES OF SENSOR SIGNAL PROCESSING - AN  
OVERVIEW, EXPLAINED BY SELECTED ALGORITHMS  
AND APPLICATIONS
6. D. Anke, Universität der Bundeswehr, München/D  
NOISE IMMUNITY (EMC) OF SENSOR SYSTEMS

Zapisal: Alojzije Keber, dipl.ing.

MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana

## 60 LET DIPL. ING. DUŠANA GNIDOVCA



### Franc Vodopivec

Nič v pojavi in v obnašanju Dušana Gnidovca ne kaže, da je prestopil prag 60. let. Drža je pokončna, govor duhovit in odrezav, zanimanje za dogajanja v okolici živo in kritično, duh pa vedno enako iščoč in ustvarjalen, kako bi s sredstvi in sodelavci na Metalurškem inštitutu in drugod ustvaril kaj novega in porabnega za domačo elektro-predelovalno in elektronsko industrijo.

Rojen v decembru 1926 v Ljubljani, maturant realke, partizan od leta 1944 in diploma na metalurgiji leta 1953, po-diplomski študij na Quenss University-Kingston, Ontario. Prva služba ga je pripeljala v Skopje, v železarno, ki se je prav tedaj načrtovala in začela graditi. Vendar ga že leta 1956 srečamo na IEV v oddelku za ferite, kjer napreduje do položaja vodje po odhodu prof. Zege. Po ustanovitvi ga srečamo v novem oddelku Magnetni materiali z zelo zahtevno nalogo, razvojem domače tekstuirane transformatorske pločevine. Ta razvoj je uspešno končal, vendar je ostal na nivoju laboratorija, saj se je prav tedaj začela preorientacija v Železarni Jesenice iz vroče valjanih tankih plošč na hladno valjanje trakov, kar je zahtevalo drugačen razvojni pristop, za katerega pa tedaj ni bilo zanimanja. Naslednja naloga je bil razvoj tanke pločevine in masivnih delov iz zlitine Permalloy C. V letu 1961 se je razvoj mehkomagnetnih materialov sporazumno prenesel iz ISKRE na Metalurški inštitut, z njim pa se je preselil tudi jubilar. Razvoj permalloya je bil končan na Inštitutu, kjer se še danes proizvaja v različnih oblikah, palicah, trakovih in štančanih izdelkih. Tudi na Inštitutu je ostalo zanimanje jubilara naprej na materialih za elektroniko in elektrotehniko. Razvito je bilo precej novih zlitin, na primer permalloy D za namensko proizvodnjo, kovar za vtljevanje v mehko steklo, Permil 50 za jedra in magnet-

ne oklope, permenorm za magnetna jedra, termil za temperaturno kompenzacijo magnetenja, posebne elektrode za anodno zaščito podzemnih konstrukcij in drugo. Posegel pa je tudi na področja materialov za druge namene, posebej velja izpostaviti različne stellite zlitine odporne proti obrabi in koroziji in biokompatibilne materiale za zobno protetiko in implantate. Vse razvite zlitine se pilotno proizvajajo na Metalurškem inštitutu in jubilar to proizvodnjo uspešno vodi. To ni lahka naloga, saj Inštitut nima tehnoloških naprav, ki so potrebne za proizvodnjo. Dogaja se, da se neka zlitina v eni DO vlije, v drugi se bloki skujejo, v tretji se vroče zvaljajo v žico ali pločevino in v četrti hladno zvaljajo oziroma izvlečejo in odžarijo, v peti pa se kontrolirajo njihove lastnosti.

Vsem problemom organizacije dela je jubilar uspešno kos, včasih z nekoliko nerveze, večinoma pa nonšalantno in navidez brez napora.

Tudi vnaprej velja njegovo posebno zanimanje materialom za elektroniko, trdo in mehkomagnetnim zlitinam in sodobnim zlitinam s posebnimi fizikalnimi lastnostmi. Od leta 1986 ima naziv znanstveni svetnik, ki ga je pridobil na osnovi razvojnih uspehov in objav v strokovnem tisku.

Ob jubileju mu vsi sodelavci, prijatelji in znanci čestitamo. Želimo, da bi ostal še naprej zdrav, aktiven in uspešen, da bi še vedno ohranil do sodelavcev odkrit, malce odrezav odnos ter pripravljenost za pomoč z nasvetom in z delom.

Napisal: Dr. Franc Vodopivec  
Metalurški inštitut  
Lepi pot 11  
61000 Ljubljana

# PROFESORJU RADOVANU TAVZESU IN MEMORIAM

Milan Slokan

Septembra 1986 je na preživljanju letnega dopusta nenadoma preminil naš dolgoletni član Radovan Tavzes, vodja oddelka za elemente na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani, star komaj 63 let.

Že kot študent je bil pred vojno radioamater, v času italijanske okupacije Ljubljane je bil zaprt in interniran, zatem pa je odšel v partizane in je najprej delal v oficirski šoli v Črnomlju, potem pa v partizanskih radijskih delavnicah 99d v Starih žagah. Po osvoboditvi se je takoj vključil v nastajajočo Iskro v Kranju. Tu se je pričelo njegovo delo na elektronskih sestavnih delih, ko je s svojo ekipo že leta 1947 pričel razvijati in je kasneje, brez tuje licence, uvedel proizvodnjo selenskih usmernikov, obenem pa so konstruirali in izdelali vso potrebno tehnološko opremo. Kasneje je v petdesetih letih nadaljeval delo na polprevodniški tehnologiji. V tem obdobju sta bila razvita domač silicijev transistor in dioda. Po združitvi slovenske elektro in elektronske industrije leta 1961 je deloval v Zavodu za avtomatizacijo Iskre v polprevodniškem laboratoriju, ki je postal leta 1963 laboratorij za mikroelektroniko. Po njegovi nepremišljeni ukinitvi leta 1968 pa je Rado Tavzes prešel v Institut za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani. Tu je s svojo skupino razvil in osvojil proizvodnjo najzahtevnejših visoko profesionalnih tankoplastnih potenciometrov, miniaturnih relejev in drugih elektronskih sestavnih delov, ki so namenjeni tudi za namensko uporabo. To je Radotu Tavzesu uspevalo, ker je znal kot fizik razumevati delovanje sestavnih delov, pa tudi vzroke napak, obenem pa je kot izvrstni vodja ekipe odločilno prispeval k uspehu s konstruiranjem izdelkov ter za njihovo izdelavo potrebne opreme.

V zadnjih letih je, čeprav že v pokoju in z načetim zdravjem, vztrajal pri svojem priljubljenem delu ter je bil poln

snovanj in zamisli, ko je omahnil, zadet od kapi, v nenadno smrt.

Ob ustanovitvi Zveznega strokovnega odbora za elektronske sestavne dele v Ljubljani leta 1962, se je takoj vključil v strokovno delo in je vodil strokovno skupino za polprevodnike. Organiziral je prvi jugoslovanski posvet polprevodničarjev leta 1963 v Beogradu; leta 1965 je bil soorganizator prve jugoslovanske konference o mikroelektroniki v Ljubljani. Iz njegovega bogatega raziskovalnega in strokovnega opusa najdemo tedaj ter kasneje, na skoraj vseh naših simpozijih o sestavnih delih in materialih SD oziroma na posvetovanjih o mikroelektroniki MIEL prispevke Radovana Tavzesa in njegove skupine. Za njegovo dolgoletno aktivno delo v SSESD (v zadnji mandatni dobi je bil tudi član izvršilnega odbora sekcije) je bil leta 1985 imenovan za zaslužnega člana.

Značilnost Radovana Tavzesa v njegovem življenju in delu je bila preudarnost, skromnost in objektivnost, pa tudi človeška toplina in tovarištvo do sodelavcev in soljudi. Ker pa je Rado vse to povezal z izredno delavnostjo in občutkom odgovornosti, nam bo vsem, ki smo ga poznali in imeli radi, ostal svetel vzgled socialističnega raziskovalca in strokovnjaka, ki je bil pionir naše elektronske industrije.

Z Radovanom Tavzesom smo izgubili enega svojih najboljših članov, ki se je nesebično posvečal strokovnemu in organizacijskemu delu. Vsi, ki smo ga poznali in smo z njim sodelovali, ga ne bomo pozabili.

Napisal: Mag. Milan Slokan  
MIDEM  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

# 35 LET ISKRE KONDENZATORJI IZ SEMIČA

**Milan Slokan**

Prvi redni podpornik naše Sekcije za elektronske sestavne dele, mikroelektroniko in materiale, predhodnice MIDEM, je bila (obenem z Iskra Elementi) prav Iskra Industrija kondenzatorjev v Semiču. Zato nam je v iskreno zadovoljstvo, da lahko tej največji specializirani tovarni navitih kondenzatorjev in elementov za odpravo radiofrekvenčnih motenj v Jugoslaviji v naših Informacijah iskreno čestitamo ob petintrideset letnici dela, za katerega je značilen nenehni ustvarjalni vzpon, pa tudi izredna zavzetost celotnega kolektiva in vodilnih delavcev za izpolnjevanje zastavljenih nalog.

Iz ene od zibelk naše elektronike, Inštituta za elektrozveze v Ljubljani, kjer so bili v letih 1948 do 1950 razviti in uvedeni v malo proizvodnjo prvi jugoslovanski naviti kondenzatorji, je bila proizvodnja prenešana v Semič v Beli Krajini. To ni bil slučaj, saj tu živi ljudstvo, ki je med narodno osvobodilno vojno dalo vse za osvoboditev ter je delavno, kot malokje drugje. Tudi prvi vodilni kadri so izšli iz centralnih partizanskih radijskih delavnic, ki so bile ob robu Bele Krajine, v Starih žagah pri Čermošnjicah.

V prvem obratu leta 1951 v Semiču je bilo zaposlenih le 12 delavk in delavcev, danes pa šteje Industrija kondenzatorjev Iskre v Semiču 1700 zaposlenih.

Prostor nam ne dopušča podrobnejšega opisa razvoja Iskre v Semiču v teku preteklih 35 let, niti ne natančnejšega navajanja njenega obširnega proizvodnega programa. Omejimo se na ugotovitev, da je Industrija kondenzatorjev Semič razdeljena na štiri TOZD, ki proizvajajo vse vrste navitih kondenzatorjev za elektroniko, energetskih kondenzatorjev, elementov za odpravo RF motenj ter tudi mehanske dele, naprave in opremo za lastno proizvodnjo kondenzatorjev in za prodajo. Velja reči, da so več kot 80 % svoje proizvodne opreme v tovarni izdelali sami in

da so razvili visoko produktivne avtomatske navijalne stroje, krmiljene z mikroprocesorji, ki so konkurenčni na svetovnem tržišču.

Semiška Iskra je primer domače industrije elektronskih in drugih sestavnih delov ter domače ustvarjalnosti, na katero smo lahko ponosni. Tu najdemo zgled izredne delavnosti, zagnanosti za dvig strokovnega nivoja ter strem-ljenje po sodobnem organiziranju dela, kar je iz nerazvitega kraja, s skrbjo tovarne za občane, ustvarilo delo za 25 % vseh zaposlenih v občini Črnomelj. Tako torej ni čudno, če smo pri njih naleteli vedno na razumevanje, ko je šlo za moralno in materialno pomoč nekdanji SSESD in današnjemu MIDEM, saj se zavedajo, da je dvig strokovnega nivoja inženirjev in tehnikov ter njihovo sodelovanje - poleg zagnanosti za delo - eden ključnih pogojev za inovativnost in ustvarjalnost. Zaradi te povezanosti z društveno strokovnim delom je SSESD tudi podelil Iskri Industriji kondenzatorjev Semič posebno priznanje.

Organizacija, kot je Iskrina Industrija kondenzatorjev v Semiču, je dokazala, da je s svojimi ljudmi tudi v naših gospodarskih prilikah sposobna konkurenčnosti na konvertibilnem tržišču, ker imajo neprenehoma pred očmi nujnost visoke kakovosti in zanesljivosti svojih izdelkov, uporabo najsodobnejših in ekonomsko najustrežnejših materialov ter razvoj in osvajanje najustrežnejših tehnologij in računalniško vodenih procesnih naprav, upoštevajoč pri tem tudi ustrezno zaščito okolja.

Pri zastavljenih nalogah in načrtih jim želimo tudi strokovni kolegi iz MIDEM še mnogo uspehov ter boljše pogoje gospodarjenja, kot jih imajo danes.

Mag Milan Slokan

MIDEM  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

# IZVJEŠTAJ O REZULTATIMA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG RADA NA PROJEKTU »POUZDANOST POLUPROVODNIČKIH KOMPONENATA« ZA PERIOD 1983—1986 GODINA

**Ninoslav Stojadinović**

Institucije koje su realizovale projekat

- Elektronski fakultet, Niš
- RO "EI - Poluprovodnici", Niš

Institucije koje su finansirale projekat

- Osnovna zajednica nauke regiona Niš
- RO "EI - Poluprovodnici", Niš

Rukovodilac projekta

Prof. dr. Ninoslav Stojadinović

## PRIKAZ REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj istraživanja na ovom projektu bio je da se najpre ispituju pouzdanost i uzroci otkaza poluprovodničkih komponenata iz proizvodnog i razvojnog programa RO "EI-Poluprovodnici" u Nišu (CMOS integrisana kola, planarne bipolarne komponente i bipolarne komponente snage), a da se zatim korektivno deluje na tehnologije izrade ovih poluprovodničkih komponenata u cilju povećanja njihove pouzdanosti. Na osnovu ovako postavljenog cilja, program istraživanja na ovom projektu bio je usmeren ka sledećim temama:

1. FIZIKA I TEHNOLOGIJA
2. MATEMATIČKE METODE ZA ANALIZU POUZDANOSTI
3. MERNE METODE I TESTOVI ZA ANALIZU POUZDANOSTI I UZROKA OTKAZA
4. POUZDANOST I UZROCI OTKAZA
5. METODE ZA POVEĆANJE POUZDANOSTI.

Plan istraživanja za protekli period 1983-1986. godina u potpunosti je realizovan, a veliki broj rezultata do kojih se pri tome došlo već je publikovan u obliku 30 radova u renomiranim internacionalnim časopisima (Microelectro-

tics and Reliability i Physica Status Solidi), Zborniku sa internacionalne konferencije RELECTRONICS-85 i zbornici- ma sa domaćih konferencija (MIEL, ETAN i SD), ili su izloženi u vidu 2 javna predavanja (Univerzitet u Bohumu i Politehnički univerzitet u Varšavi). Treba istaći da je rad dr Ninoslava Stojadinovića, pod naslovom "Failure Physics of Integrated Circuits - A Rewiev" publikovan kao glavni rad specijalnog izdanja internacionalnog časopisa Microelectronics and Reliability pod naslovom "EUROPEAN INTEGRATED CIRCUIT RELIABILITY". Takodje, iz ovih istraživanja je proisteklo 10 tema za diplomske radove i 1 tema za magistarski rad saradnika na projektu koji su već uspešno odbranjeni. Najzad, treba istaći da je dr Ninoslav Stojadinović bio gost urednik internacionalnog časopisa Microelectronics and Reliability pod naslovom "ADVANCES IN MICROELECTRONICS", a bio je i predavaajući sednice "RELIABILITY PHYSICS" na Internacionalnoj konferenciji RELECTRONICS-85 koja je održana u Madjarskoj.

Spisak svih publikovanih radova biće dat na kraju ovog rezimea, dok će najvažniji rezultati sadržani u njima biti ukratko opisani u daljem tekstu.

### 1. FIZIKA I TEHNOLOGIJA

#### 1.1. Nesavršenosti CMOS komponenata izazvane plazma procesima

Pokazano je da nagrivanje oksida gejta u plazmi kiseonika dovodi do formiranja sledećih nesavršenosti: pozitivnih naelektrisanja u oksidu, razmeštaja atoma kiseonika u rešetki oksida i implantiranih jona kiseonika u oksidu. Gustina ovih nesavršenosti je zanemarljiva pri snagama sistema za nagrivanje nižim od 0.2 kW, dok pri većim snagama gustina ovih nesavršenosti naglo raste.

Pokazano je da proces plazma čišćenja, koji se primenjuje kao dodatni proces posle foto postupka na aluminijumu u cilju uklanjanja zaostalog silicijuma iz legure Al-Si nakon hemijskog nagrivanja aluminijuma, dovodi do formiranja naelektrisanja u oksidu gejtta i na površinskim stanjima. Formiranje ovih naelektrisanja posebno je izraženo ukoliko se proces plazma čišćenja primenjuje pre procesa legiranja aluminijuma.

### 1.2. Strujno pojačanje bipolarnih tranzistora snage

Pokazano je da povećanje odnosa obima i površine emitora bipolarnih tranzistora snage u Darlingtonovoj sprezi dovodi do povećanja strujnog pojačanja, kao i do pomeranja njegove maksimalne vrednosti ka većim kolektorskim strujama. Takođe, pokazano je da strujno pojačanje i otpornost emitor-baza rastu sa porastom temperature.

### 1.3. Efekti proboja kod poluprovodničkih komponentata

Pokazano je da je najopasniji efekat proboja kod CMOS komponentata broj parazitnog lateralnog NPN tranzistora koji može da dovede i do aktiviranja parazitne tiristorske strukture.

Pokazano je da su kod snažnih dioda, kod kojih se P-N spoj dobija hemijskim oblikovanjem površine (tzv. "meza" spoj), problemi znatno izraženiji u slučaju negativnog nagiba P-N spoja, dok se u slučaju pozitivnog nagiba P-N spoja postižu znatno bolje električne karakteristike u oblasti proboja.

## 2. MATEMATIČKE METODE ZA ANALIZU POUZDANOSTI

### 2.1. Matematičko-fizički model za proračun naelektrisanja kod CMOS komponentata

Izvršena je generalizacija i dopuna modela za napon praga CMOS komponentata uključivanjem efekata naelektrisanja u oksidu gejtta i na površinskim stanjima u razmatranje. Takođe, predložen je model za zavisnost faktora pojačanja CMOS komponentata od naelektrisanja u oksidu gejtta i na površinskim stanjima. Na osnovu ovih modela razradjen je jednostavan matematički metod za razdvajanje i proračun naelektrisanja u oksidu gejtta i na površinskim stanjima.

### 2.2. Matematičko-fizički model bipolarnog tranzistora u uslovima termičkog cikliranja

Višeslojna struktura bipolarnog tranzistora snage u uslovima termičkog cikliranja modelirana je pomoću termičkog ekvivalentnog kola. Korišćenjem razvijenog modela određene su promene temperature u karakterističnim tačkama strukture u toku testa termičkog cikliranja, pri čemu je dobijen znatan pad temperature idući od peleta ka hladnjaku.

## 3. MERNE METODE I TESTOVI ZA ANALIZU POUZDANOSTI I UZROKA OTKAZA

### 3.1. Merna metoda za analizu nestabilnosti kod CMOS komponentata

Razvijena je jednostavna merna metoda za analizu nestabilnosti CMOS komponentata koja se zasniva na merenju napona praga i faktore pojačanja na osnovu prenosnih karakteristika CMOS tranzistora. Ova merna metoda znatno nadmašuje do sada poznate postupke koji se zasnivaju na merenju C-V karakteristika testnih MOS struktura, s obzirom da omogućava i analizu nekih važnih efekata (efekti vrućih nosilaca i efekti zračenja) koji do sada nisu mogli da budu korektno analizirani.

### 3.2. Kvalifikaciona ispitivanja poluprovodničkih komponentata

Uspostavljen je sistem standardizacije poluprovodničkih komponentata koje se proizvode za vojne namene u koji je ugradjen kompleksan prilaz obezbedjenju pouzdanosti čije su osnove utvrđene u vojnom standardu SNO 5441. Napravljen je pregled osnovnih zahteva obezbedjenja pouzdanosti, sa posebnim osvrtom na kvalifikaciju proizvodne linije CMOS komponentata u RO "Ei-Poluprovodnici".

### 3.3. Primena elektronske mikroskopije za analizu otkaza poluprovodničkih komponentata

Detaljno su izučeni konstrukcija i princip rada elektronskog mikroskopa (SEM), sa posebnim osvrtom na njihova unapredjenja neophodna za analizu otkaza kod savremenih poluprovodničkih komponentata (SEM sa EBIC kontrastom,



SEM sa naponskim kontrastom, SEM sa stroboskopskim naponskim kontrastom i TEM). Na osnovu sopstvenog iskustva i literaturnih podataka napravljen je pregled najvažnijih primena elektronske mikroskopije u analizi i otkaza savremenih poluprovodničkih komponenata.

#### 4. POUZDANOST I UZROCI OTKAZA

##### 4.1. Mehanizmi otkaza poluprovodničkih komponenata

Na osnovu višegodišnjeg iskustva u ispitivanju pouzdanosti i uzroka otkaza CMOS komponenata i bipolarnih komponenata snage koje se proizvode u RO "Ei-Poluprovodnici", kao i podataka iz literature, napravljen je pregled mehanizama otkaza poluprovodničkih komponenata. Pri tome je pokazano da su najopasniji mehanizmi otkaza sa aspekta pouzdanosti VLSI komponenata efekti defekata supstrata, proboj tankog oksida gejta, elektromigracija i korozija metalizacije, efekti elektrostatičkog pražnjenja i efekti zračenja. Takođe, napravljena je korelacija između mehanizama otkaza i testova pomoću kojih se ovi mogu da otkriju.

##### 4.2. Pouzdanost i uzroci otkaza CMOS komponenata

Izvršena je uporedna analiza pouzdanosti i uzroka otkaza 8 tipova CMOS komponenata različitih proizvođača (Ei-Jugoslavija, SGS-Italija, Motorola-SAD i National Semiconductors-SAD). Dobijeni rezultati (pokazatelji pouzdanosti, vremenska stabilnost, itd.) pokazuju da nema bilo kakvog bitnog odstupanja u pouzdanosti CMOS komponenata bilo kog od različitih proizvođača, što potvrđuje da su CMOS komponente proizvodnje RO "Ei-Poluprovodnici" sa aspekta pouzdanosti ravne CMOS komponenata eminentnih svetskih proizvođača.

Pokazano je da su najčešći uzroci otkaza CMOS komponenata koja se proizvode u RO "Ei-Poluprovodnici" kratki spojevi oksida gejta iznad  $P^+$  difuzionih oblasti, struje curenja P-N spojeva, aktiviranje parazitne tiristorske strukture i nestabilnosti napona praga.

##### 4.3. Nestabilnosti CMOS komponenata

U okviru ispitivanja nestabilnosti CMOS komponenata naprežanjem visokotemperaturnim stvaranjem sa polarizacijom dobijeno je da pokretni joni u oksidu gejta i dalje predstavljaju važan uzrok nestabilnosti, pri čemu su nestabilnosti izraženije pri negativnoj polarizaciji gejta. S druge strane, negativna polarizacija gejta može da dovede i do povećanja gustina pozitivnog naelektrisanja na centru zahvata u oksidu gejta.

U okviru ispitivanja nestabilnosti CMOS komponenata naprežanjem jakim poljem u oksidu gejta pokazano je da pri negativnoj polarizaciji gejta dolazi do povećanja gustine pozitivnog naelektrisanja u oksidu gejta. Takođe, pokazano je da i pri pozitivnoj polarizaciji gejta dolazi do povećanja gustine pozitivnog naelektrisanja u oksidu gejta, ali je mehanizam generisanja naelektrisanja različit. Najzad, pokazano je da protok tunelske struje kroz oksid gejta dovodi do povećanja naelektrisanja na površinskim stanjima, pri čemu su ovi efekti izraženiji pri pozitivnoj polarizaciji gejta.

##### 4.4. Pouzdanost i uzroci otkaza bipolarnih komponenata

U okviru ispitivanja pouzdanosti planarnih bipolarnih NPN tranzistora primenom testa visokotemperaturnog starenja sa polarizacijom dobijena je velika promena električnih parametara (strujnog pojačanja pri malim strujama, inverzne struje emitor-baza i niskofrekventnog šuma), što je dovelo do postepenih otkaza 80 % testiranih tranzistora. Pri tome su promene električnih parametara naročito izražene kada su kod tranzistora prisutne dislokacije oko planarnih ivica emitora.

U okviru ispitivanja pouzdanosti bipolarnih NPN tranzistora snage primenom testa termičkog cikliranja usled efekta termičkog zamora je otkazalo 9 % ispitivanih tranzistora. Pri tome su kod 3 % ispitivanih tranzistora registrovani postepeni otkazi usled promene električnih parametara (strujnog pojačanja, inverznih struja emitor-baza i kolektor-emitor i pada napon emitor-baza). S druge strane kod 6 % ispitivanih tranzistora registrovani su iznenadni

otkazi usled oštećenja peleta (naprsline peleta, naprsline zaštitnog laka, pojava "vrućih" tačaka i sakupljanje lema na peletu).

## 5. METODE ZA POVEĆANJE POUZDANOSTI

### 5.1. Nova tehnologija izrade CMOS komponenta

Predložena je nova struktura NMOS tranzistora kod CMOS komponenta koja obezbeđuje poboljšanje karakteristika u odnosu na standardnu strukturu i pojednostavljenje tehnologije u odnosu na strukturu sa produženim drejnom. Pokazano je da primena nove strukture NMOS tranzistora u proizvodnji CMOS komponenta ne dovodi do pojave bilo kakvog novog uzroka otkaza koji bi bio posledica nove strukture i tehnologije njene izrade. Štaviše, nova struktura NMOS tranzistora obezbeđuje vremenski najstabilnije karakteristike CMOS komponenta.

### 5.2. Nova tehnologija montaže planarnih bipolarnih tranzistora

Predložena je i verifikovana nova tehnologija montaže planarnih, bipolarnih tranzistora u kućište TO-39, u kojoj se standardno pozlačeno kućište zamenjeno znatno jeftinijim niklovanim kućištem. Primenom predložene tehnologije u RO "Ei-Poluprovodnici" proizvedeni su visokopouzdaniji tranzistori sa prosečnim prinosom od oko 85 %, a sve to uz znatno pojeftinjenje proizvodnje.

### 5.3. Optimizacija tehnologije metalizacije poluprovodničkih komponenta

Pokazano je da kod homotaksijalnih tranzistora snage najbolju izdržljivost na sekundarni proboj obezbeđuje metalizacija kolektora pomoću hemijskog niklovanja (Ni) i toplog kalaisanja (Pb/Sn). S druge strane, kod tranzistora snage sa epitaksijalnom bazom najbolju izdržljivost na sekundarni proboj obezbeđuje metalizacija kolektora pomoću napanjanja legure Ti/Ni. Takođe, dobijeno je da kod ovih tranzistora debljina metalizacije emitora utiče na izdržljivost na sekundarni proboj. Najzad, pokazano je da kod visokonaponskih tranzistora snage legiranje pomoću lemnog diska (Pb/In/Ag) obezbeđuje najveću izdržljivost na sekundarni proboj.

Pokazano je da srednje vreme do otkaza Al-metalizacije kod integrisanih komponenta usled efekta elektromigracije opada sa smanjenjem širine metalnih linija, sve dok širina metalnih linija ne postane uporedljiva sa veličinom Al-zrna. Takođe, pokazano je da primena Al-metalizacije sa dodatkom 1 % Cu i sa TiN slojem kao barijerom dovodi do znatnog povećanja srednjeg vremena do otkaza metalizacije.

## 6. SPISAK PUBLIKOVANIH RADOVA

1. N.D. Stojadinović, "Failure Physics of Integrated Circuits - A Review", *Microelectron. Reliab.*, Vol. 23, pp. 609-707 (1983)
2. N. Stojadinović, S. Dimitrijević, S. Mijalković, Z. Živić, "Reliability of n-Channel and p-Channel MOSTs in CMOS Integrated Circuits", *Phys. Stat. Sol. (a)*, Vol. 76, pp. 357-364 (1983)
3. Lj. Ristić, S. Orlović, Z. Pavlović, M. Vlačković, "Ispitivanje uticaja metalizacije kolektorske strane tranzistora snage sa epitaksijalnom bazom na sekundarni proboj", *Zbornik radova XI Jugoslovenskog simpozijuma o mikroelektronici*, pp. 447-456, Zagreb, April (1973)
4. Z. Pavlović, Lj. Ristić, S. Orlović, M. Vlačković, "Uticaj metalizacije kolektora homotaksijalnih tranzistora snage na sekundarni proboj", *Zbornik radova XXVII Jugoslovenske konferencije za ETAN*, V sveska, pp. 259-266, Struga, Jun (1983)
5. L. Ilić, R. Radojković, "Zavisnost sekundarnog proboja visokonaponskih tranzistora snage od procesa legiranja na montaži", *Zbornik radova XI Jugoslovenskog simpozijuma o mikroelektronici*, pp. 437-445, Zagreb, April (1983)
6. Z. Pavlović, S. Milosavljević, N. Stojadinović, "Eksperimentalna analiza strujnog pojačanja tranzistora snage", *Zbornik radova XXVII Jugoslovenske konferencije za ETAN*, V sveska, pp. 243-249, Struga, Jun (1983)

7. N.D. Stojadinović, "Effects of Accelerated Temperature Testing on Low-Frequency Noise of Planar NPN Transistors", *Microelectron. Reliab.*, Vol. 23, pp. 889-901 (1983)
8. S.D. Ristić, "Sopstvena koncentracija nosilaca naelektrisanja u jako dopiranom silicijumu", *Zbornik radova XXVII Jugoslovenske konferencije za ETAN*, V sveska, pp. 219-226, Struga, Jun (1983)
9. N. Stojadinović, "Advances in Microelectronics" Editorial Preface, *Microelectron. Reliab.*, Vol. 24, pp. 201-203, (1984)
10. Lj. Ristić, Z. Pavlović, S. Orlović, L. Ilić, S. Djordjević, "A Review of Failure Occuring During the Processing of Bipolar Power Transistors", *Proc. 12th Yugoslav Conference on Microelectronics*, Vol. 2, pp. D69-D95, Niš, May (1984)
11. Lj. Ristić, Z. Pavlović, S. Orlović, S. Djordjević, M. Vlaković, "Ispitivanje uticaja debljine metalizacije emitora na PBR tranzistora snage sa epitaksijalnom bazom", *Zbornik radova XXVIII Jugoslovenske konferencije za ETAN*, II sveska, pp. 197-204, Jun (1984)
12. N. Stojadinović, D. Dimitrijević, S. Pešanović, "Uticaj ubrzanog temperaturnog testiranja radnog veka na niskofrekventni šum bipolarnih tranzistora", *Zbornik radova XII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, I sveska, pp. 105-111, Niš, Maj (1984)
13. S. Milosavljević, D. Dimitrijević, D. Janković, N. Stojadinović, "Otkazi bipolarnih tranzistora snage usled termičkog zamora", *Zbornik radova XII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, I sveska, pp. 112-121, Niš, Maj (1984)
14. Lj. Ristić, S. Rašić, B. Ilić, "Verifikacija tehnologije montaže planarnih tranzistora u niklovanom kućištu TO-39", *Zbornik radova XXIX Jugoslovenske konferencije za ETAN*, X sveska, pp. 23-30, Niš, Jun (1985)
15. Z. Pavlović, S. Djordjević, "Strujno pojačanje Darlington tranzistora snage", *Zbornik radova XXI Jugoslovenskog simpozijuma o sastavnim delovima i materijalima*, pp. 145-150, Ljubljana, Oktobar (1985)
16. R. Loc, M. Golubović, "Prilaz obezbedjenju nivoa kvaliteta mikrokola sa primerom iz prakse", *Zbornik radova XIII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, II sveska, pp. 675-682, Ljubljana, Maj (1985)
17. Z. Živić, A. Živić, N. Stojadinović, "The Effects of Avalanche Hot-Carrier Injection in a New NMOST Structure", *Proc. 6th International Conference on Reliability in Electronics*, pp. 458-465, Budapest, August (1985)
18. N. Stojadinović, S. Dimitrijević, S. Mijalković, "Effect of High Field Stresses on Threshold Voltage of CMOS Transistors", *Microelectron. Reliab.*, Vol. 25, pp. 275-279, (1985)
19. Z. Živić, A. Živić, N. Stojadinović, "A New CMOS IC Structure and its Characterization", *Microelectron. Reliab.*, Vol. 25, No. 1, pp. 123-146, (1985)
20. S. Dimitrijević, N. Stojadinović, "Instability Mechanisms of CMOS Integrated Circuits", *Zbornik radova XIII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, II sveska, pp. 575-582, Ljubljana, Maj (1985)
21. Lj. Ristić, Lj. Nikolić, M. Gušić, N. Stojadinović, "Zavisnost probojnog napona dioda snage od tehnologije izrade P-N spoja", *Zbornik radova XII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, I sveska, pp. 263-270, Niš, Maj (1984)
22. Z. Pavlović, S. Djordjević, "Ekvivalentno termičko kolo tranzistora snage u uslovima termičkog cikliranja", *Zbornik radova XII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici*, I sveska, pp. 235-244, Niš, Maj (1984)
23. Z. Živić, A. Živić, "Characteristics of Different N-channel MOSFET Structures", *Proc. 12th Yugoslav Conference on Microelectronics*, pp. 318-327, Niš, May (1984)
24. Z. Živić, "Efekti injekcije vrućih nosilaca izazvanih lavinskom multiplikacijom kod N-kanalnog MOS tranzistora, izradjenog dvostrukom implantacijom N-oblasti", *Zbornik radova XX Jugoslovenskog simpozijuma o sastavnim delovima i materijalima*, pp. 21-25, Ljubljana, Oktobar (1984)
25. N. Stojadinović, S. Dimitrijević, "Efekti elektrostatič-

- kog pražnjenja kod mikroelektronskih komponenata", Zbornik radova I srpskog simpozijuma iz primenjene elektrostatike, pp. 24. I-24 . 10, Niš, Novembar (1984)
26. N. Stojadinović, S. Dimitrijević, S. Mijalković, "Threshold Voltage Instabilities of CMOS Transistors Induced by Gate Bias Stress", Zbornik radova XII Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici, I sveska, pp. 94-103, Niš, Maj (1984)
27. H.-U. Schreiber, B. Pešić, Lj. Živković, "Investigation of Electromigration Interface Effects in TiN-Al (1 % Cu) Metallization", Zbornik radova XIV Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici, I sveska, pp. 267-274, Beograd, Maj (1986)
28. B. Pešić, "Otkazi aluminijumske metalizacije usled mehanizma elektromigracije", Zbornik radova XXX Jugoslovenske konferencije za ETAN, X sveska, pp. 39-45, Herceg Novi, Jun (1986)
29. M. Pejović, S. Golubović, M. Miljković, "Defekti u  $\text{SiO}_2$  nastali tokom jonskog nagrizanja", Zbornik radova XIV Jugoslovenske konferencije o mikroelektronici, I sveska, pp. 259-266, Beograd, Maj (1986)
30. E. Jelenković, "Uticaj plazma čišćenja na stabilnost MOS tranzistora", Zbornik radova XXII Jugoslovenskog simpozijuma o sastavnim delovima i materijalima, pp. 123-127, Otočac na Krki, Septembar (1986)
7. SPISAK ODRŽANIH PREDAVANJA
1. N. Stojadinović, "Failure Physics of Integrated Circuits", Elektronik-Kolloquium, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Elektronik, Bochum, September 1983.
2. Failure Mechanisms of VLSI Integrated Circuits", 1st Symposium on Diagnostics and Yield, Warsaw University, September 1986 .
8. SPISAK MAGISTARSKIH RADOVA
1. S. Dimitrijević, "Nestabilnosti CMOS integrisanih kola s aluminijumskim gejtom", Magistarski rad, Elektronski fakultet Niš, 1985.

Rukovodilac projekta: Prof dr Ninoslav Stojadinović  
Elektronski fakultet  
Beogradska 14  
18000 NIŠ

# RAČUNALNIŠKE SIMULACIJE PROCESOV IN ELEMENTOV ZA RAZVOJ POLPREVODNIŠKIH TEHNOLOGIJ

Franc Runovc

## 1. UVOD

Simulacija in analiza polprevodniških tehnoloških procesov ter polprevodniških elementov je postala v zadnjih nekaj letih močno orodje, ki ga s pomočjo vedno bolj dostopne računalniške strojne opreme uporabljajo razvojni inženirji v industriji polprevodniških komponent - tako diskretnih kakor tudi integriranih.

Trije osnovni motivi pospešujejo delo na področju računalniško podprte analize in simulacije tehnoloških procesov pri izdelavi integriranih vezij ter pri električni analizi osnovnih polprevodniških gradnikov.

Moderni tehnološki postopki pri izdelavi integriranih vezij so izjemno zahtevni, dragi in tudi časovno potratni. Razvoj novega skupka tehnoloških stopenj, ki vodijo do izdelave integriranega vezja, je povezan z uporabo drage procesne opreme, operaterskega časa ter z dolgotrajnim eksperimentalnim delom [1].

Računalniške simulacije in optimizacije posameznih tehnoloških korakov ter njihovega zaporedja olajšajo delo razvojnemu inženirjem, skrajšajo čas razvoja tehnologije in omogočajo napoved odnosov med posameznimi procesnimi koraki in snovnimi lastnostmi polprevodniške strukture.

Tretji motiv podaja nujnost transparentnega odnosa med tehnološkim procesom in načrtovalskim procesom. Razvijalec integriranih vezij mora razpolagati z zanesljivo tehnološko podatkovno bazo, saj mu tudi ta podaja vplive procesa na električne lastnosti posameznih gradnikov vezja oziroma podsklopov.

Računalniška programska oprema na tem področju omogoča kompletno simulacijo tehnoloških korakov pri izdelavi integriranega vezja, rezultat teh simulacij pa so osnovni in geometrijski podatki polprevodniške strukture [2, 3].

Novi polprevodniški postopki in ustrezna oprema omogočajo izdelavo osnovnih gradnikov, pri kateri postanejo vertikalne in lateralne dimenzije primerljive. Fenomenološki modeli, ki napovedujejo električno vedenje na primer bipolarnega oziroma unipolarnega transistorja, ne dajejo več zanesljivih rezultatov, ko postane debelina osiromašene plasti v tranzistorju primerljiva z debelino njegove baze oziroma dolžino kanala [4].

Numerična analiza in simulacija takih struktur je zasnovana na reševanju osnovnih (klasičnih) diferencialnih enačb, ki povezujejo koncentracije nosilcev naboja, električni potencial in gostote tokov. Ta način analize je postal zelo popularen pri geometrijski in snovni optimizaciji osnovnih gradnikov na osnovi zelenih električnih lastnosti [5, 7].

Dvodimenzionalna statična simulacija je postala standarden način uporabe teh programov na mini-računalnikih, medtem ko zahteva tridimenzionalna tranzientna analiza najzmogljivejše računalnike, ki pa so dostopni le velikim razvojnim centrom proizvajalcev integriranih vezij.

## 2. SIMULACIJA PROCESNIH KORAKOV

Zaporedje procesnih korakov, ki tvorijo polprevodniški tehnološki proces, tvori osnovo za izdelovanje zelo obširnih integriranih vezij [1]. Skupek tehnoloških postopkov izdelave integriranih vezij zajema izjemno široko paleto procesov, ki segajo od oksidacije, difuzije, implantacije, do razvijanja fotopolimerov in postopkov jedkanja različnih plasti. Razvijalci računalniške programske opreme na tem področju skušajo podati rezultate v obliki topografije površine polprevodnika skupaj s porazdelitvijo primesi v plasteh. Taka podatkovna baza služi kasneje kot vhod programskim paketom za električno simulacijo polprevodniških struktur [6]. Pot do take idealizirane situacije je še dolga tako v svetu kakor tudi pri nas.

## 2.1 SUPREM

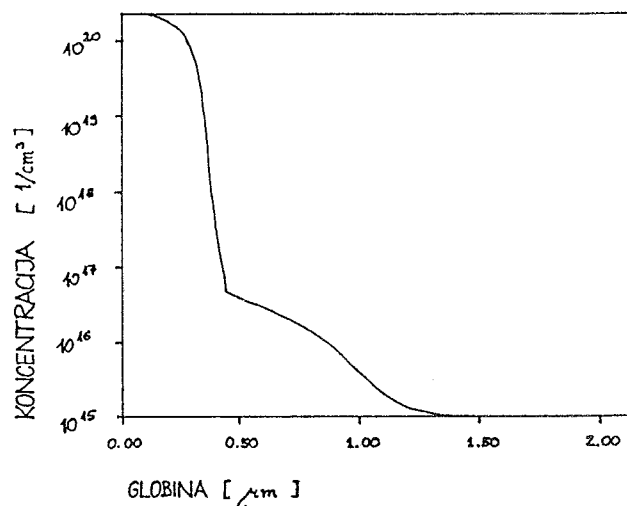
Program SUPREM II [9, 12] je že nekaj let najbolj razširjen program za simulacijo polprevodniških tehnoloških procesov. Zaradi dostopnosti in enostavne uporabljivosti je danes tudi v Iskri Mikroelektroniki standardno orodje procesnih inženirjev tako v proizvodnji kakor tudi v razvoju integriranih vezij. Program je možno implementirati z manjšimi spremembami na vrsti računalnikov od večjih sistemov DEC/VAX ali PRIME preko računalnikov tipa MicroVAX do namiznih računalnikov tipa IBM PC/XT.

To je druga verzija osnovnega programa SUPREM I [8], v kateri je ohranjena osnovna arhitektura programa in filozofija vhodno/izhodnih enot. Sintaksa vhodnega jezika omogoča hitro in učinkovito uporabo programa. Program je zastavljen tako, da omogoča simulacijo individualnih procesnih stopenj ali pa njihovo zaporedje, ki nastopa v dejanski izdelavi integriranih vezij. V SUPREM II vgrajeni modeli omogočajo simulacijo naslednjih postopkov silicijeve polprevodniške tehnologije [8, 9]: ionske implantacije, predepozicije, oksidacije in/ali difuzije, epitaksialne rasti, jedkanja oksida ali silicija in depozicije oksida. Uporabnik komunicira s programom preko vhodne datoteke, medtem ko so rezultati simulacij - profili posameznih primesi, plastne upornosti, debeline, .. - shranjeni v izhodni datoteki. Sam program generira dodatne datoteke, ki jih uporabnik običajno ne potrebuje direktno. V eni izmed teh so podane samo porazdelitve primesi v polprevodniku. Ta datoteka služi kot vhod v programe za električno simulacijo, v našem primeru v dvodimenzionalna električna simulatorja MINIMOS IN HALVFEM. V tem primeru se seveda poslužujemo približka, da se porazdelitev primesi v lateralni smeri ne spreminja. Analize pa kažejo, da je tak približek boljši kakor analitični opis porazdelitve primesi, kar uporabljata programska paketa BAMBİ in VLSICAP.

Slika 1 prikazuje primer simulacije dvojne implantacije bora v kanalu tranzistorja MOS. V takem primeru določa implantacija blizu prehoda silicij/silicijev oksid pragovno napetost tranzistorja. Globlja implantacija pa poveča prebojno napetost med ponorom in izvorom tranzistorja [18].

Zaradi specifične tehnologije v Iskri Mikroelektroniki smo programu SUPREM II dodali fenomenološki model ok-

sidacije silicija v mešanici  $O_2/HCl$  [13]. To je standardni tehnološki postopek za izdelavo kvalitetnih oksidov nad vrati tranzistorjev MOS. Na ta način lahko točno napovemo debeline oksida v izbranih eksperimentalnih ali pa proizvodnih pogojih.



Slika 1: SUPREM II: Primer simuliranega profila dvojne implantacije bora v kanalu tranzistorja MOS

## 2.2 PROMIS

Programski sistem PROMIS je bil razvit na dunajski Visoki tehniški šoli in podpira reševanje splošnih eliptičnih in paraboličnih, nelinearnih, sklopljenih sistemov parcialnih diferencialnih enačb [11, 26]. Uporabljiv je za simulacijo polprevodniških tehnoloških postopkov predepozicije, ionske implantacije in difuzije v inertni atmosferi v dveh prostorskih in eni časovni dimenziji. Programski paket je odprt in fleksibilen, saj lahko uporabnik preko fortranskih podprogramov vgradi lastne modele ter robne in začetne pogoje.

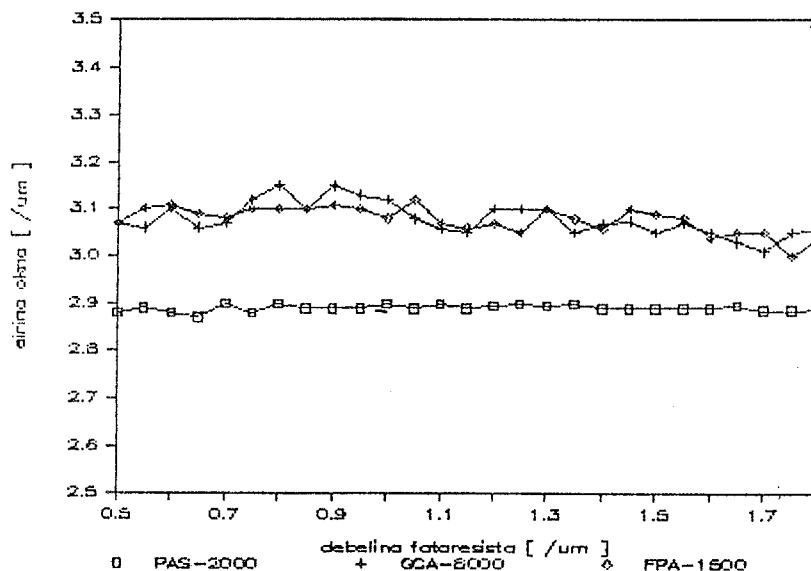
Izhod programa so numerične vrednosti računanih količin v mrežnih točkah, na osnovi teh podatkov pa pripravimo ustrezni grafični izhod.

Kljub splošnosti in odprtosti programskega paketa PROMIS vanj ni vključen primer gibajoče se meje, ki ustreza izračunu porazdelitve primesi ob oksidaciji silicijeve površine.

### 2.3 SAMPLE

Studij vedenja fotopolimerov med tehnološkim procesom izdelave integriranih vezij je bistvenega pomena pri razvoju novih tehnologij, pri evalvaciji različnih fotopolimerov in pri primerjavi različnih poravnalnikov mask. Program SAMPLE (verzija 1.2) je namenjen simulaciji osvetljevanja in razvijanja (jedkanja) fotopolimerov, novejša verzija tega programa pa na osnovi fenomenoloških mo-

delov simulirajo različne procese depozicij tankih plasti, ki jih uporabljamo v polprevodniških tehnoloških postopkih, oziroma jedkanje teh plasti [14]. Slika 2 prikazuje odvisnost širine okna nominalne razsežnosti  $3 \mu\text{m}$  od debeline fotopolimera za tri različne tipe modernih poravnalnikov mask. Tak način analize nam omogoča optimizacijo parametrov na posameznem tipu poravnalnika [17].



Slika 2: SAMPLE: Simulacija razvijanja vzorca nominalne razsežnosti  $3 \mu\text{m}$  za tri različne tipe poravnalnika v odvisnosti od debeline fotopolimera

Proces uporabe fotopolimera sestoji iz nanosa, utrjevanja, osvetljevanja, razvijanja in odstranjevanja polimera. Izračun osvetlitve polimera zahteva poznavanje njegovih optičnih konstant in optičnih konstant in debelin osnove oziroma plasti na njej.

### 3. SIMULACIJA POLPREVODNIŠKIH ELEMENTOV

Področje električne simulacije polprevodniških struktur je močnejše zaživelo predvsem z uporabo zmogljivejših računalnikov, saj potekajo simulacije in analize na osnovi diskretizacije (v dveh ali treh prostorskih dimenzijah) strukture ter s pomočjo primerne numerične metode. Uveljavili sta se predvsem metodi končnih diferenc in končnih elementov. Rezultati analiz novih struktur, pri katerih izhajamo iz želenih električnih lastnosti, vodijo do optimizacije tehnoloških postopkov izdelave teh struktur [18, 20].

Vsi v nadaljevanju opisani programi rešujejo osnovne klasične enačbe oblike [21]:

$$\text{div grad } U = q/\epsilon (n - p - C)$$

$$\text{div } \vec{j}_n - q \partial n / \partial t = q R$$

$$\text{div } \vec{j}_p + q \partial p / \partial t = -q R$$

$$\vec{j}_n = q \mu_n n \vec{E} + q D_n \text{ grad } n$$

$$\vec{j}_p = q \mu_p p \vec{E} - q D_p \text{ grad } p,$$

kjer je  $U$  elektrostatični potencial,  $q$  osnovni naboj,  $C$  koncentracija primesi,  $n$  in  $p$  koncentraciji elektronov in vrzeli,  $j_n$  in  $j_p$  gostoti tokov nosilcev naboja,  $R$  hitrost generacije-rekombinacije,  $\vec{E}$  električna poljska jakost,  $\mu$  gibljivost in  $D$  difuzijska konstanta.

Sistem enačb (1) - (3) rešujemo ob privzetih modelih za gibljivost in rekombinacijo ter ob ustreznih začetnih in

robnih pogojih. Enačbe običajno rešujemo na osnovi iterativnega postopka zaporednih rešitev osnovnih enačb ali pa na osnovi istočasnega reševanja vseh treh enačb.

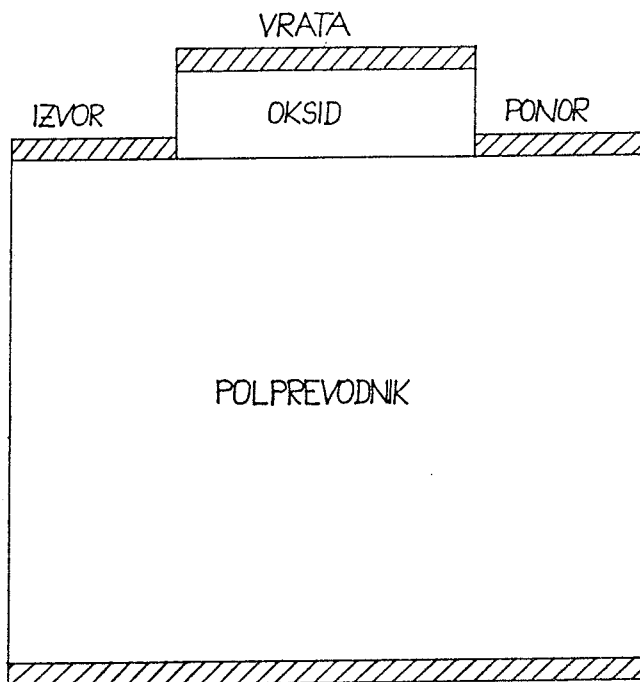
### 3.1 MINIMOS

Programski paket MINIMOS je bil razvit na dunajski Visoki tehniški šoli in je uporabniško prijazen programski paket za dvodimenzionalno numerično simulacijo planarnih tranzistorjev MOS [22]. V njem so vključeni ustrezni modeli za gibljivost, profile primesi in proces ionizacije. Podobno kot večina uporabniških programov s področja simulacije polprevodniških elementov in procesov tudi MINIMOS uporablja vhodno datoteko z ukazi in podatki, rezultate simulacij pa dobi uporabnik v obliki izhodne datoteke. Seveda so tudi tu grafične prezentacije najprimernejše za analizo in optimizacijo rezultatov. Grafični paket MOSPLOT [23] ustrezno prikaže rezultate simulacij s programom MINIMOS.

Enodimenzionalne porazdelitve primesi v področju kanala tranzistorja podamo lahko tudi preko ustrezno formatiranih datotek, ki jih generirajo procesni simulatorji, na primer SUPREM II. Sicer pa ima program vgrajen preprosto enodimenzionalni procesni simulator ionske implantacije in difuzije v inertni atmosferi. Le-ta uporablja analitične izraze za izračun koncentracije primesi v simulirani strukturi tranzistorja MOS v področjih izvora, ponora in kanala.

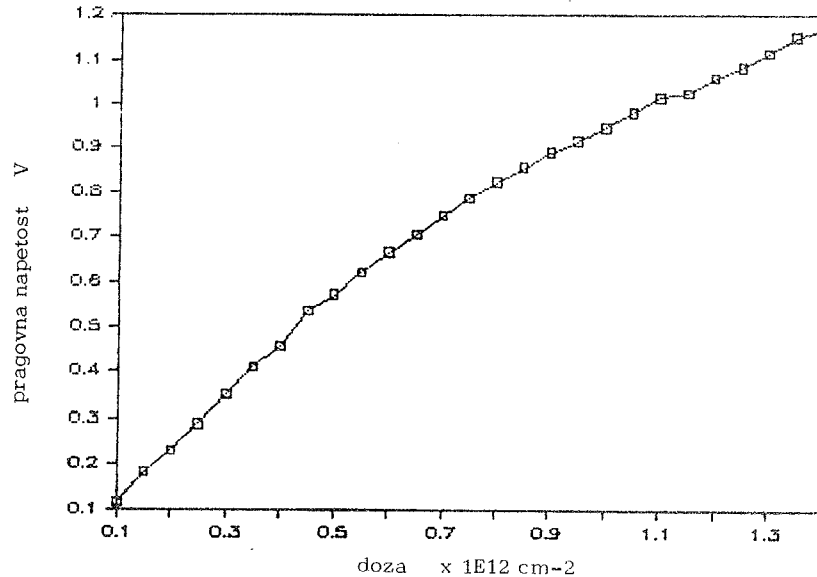
Program MINIMOS uporablja metodo končnih diferenc z neenakomerno mrežo (od 25 x 25 vozlišč do 60 x 60 voz-

lišč na simulirani strukturi), ki se avtomatsko prilagaja porazdelitvi primesi in potencialom. Slika 3 prikazuje osnovni pravokotni model tranzistorja MOS, ki ga uporablja program MINIMOS. Na sliki štiri pa so prikazani rezultati simulacije odvisnosti pragovne napetosti od doze implantacije za tranzistor MOS z dolžino kanala 1.5  $\mu\text{m}$ , širino kanala 20  $\mu\text{m}$ , debelino oksida nad kanalom 30 nm in koncentracijo primesi v substratu  $1\text{E}15\text{ cm}^{-3}$ . V našem primeru uporabljamo zadnjo verzijo programa MINIMOS 3.0.



Slika 3: MINIMOS - Osnovna geometrija tranzistorja MOS





Slika 4: MINIMOS - Simulacija odvisnosti pragovne napetosti od doze implantacije

### 3.2 BAMBI

Program BAMBI (Basic Analyzer of MOS and Bipolar Devices) je bil razvit na dunajski Visoki tehniški šoli in je primeren za simulacijo poljubno oblikovane polprevodniške strukture z več dielektriki [24]. Program sam uravnava časovni korak pri transientni analizi in uporablja metodo "končnih škatelj", ki je optimizirana izpeljanka dvodimenzionalne metode končnih diferenc [25].

Programski paket BAMBI uporablja običajni trodelni pristop, saj je sestavljen iz vhodnega procesorja, numeričnega procesorja in izhodnega procesorja. Slednji pripravi tudi ustrezne datoteke za grafični postprocesor (na primer MOSPLOT).

Uporabnik lahko preko zunanjih datotek (v obliki fortran-skih podprogramov) definira porazdelitve primesi, gubljenosti nosilcev naboja, hitrost generacije/rekombinacije in intrinzično število.

Izhod programa so numerične vrednosti spremenljivk v mrežnih točkah strukture ter vrednosti tokov na priključnih sponkah simulirane polprevodniške strukture.

### 3.3 HALVFEM

Program HALVFEM je bil razvit na Kraljevi tehniški viso-

ki šoli v Stockholmu na Švedskem in je namenjen analizi polprevodniških struktur, ki jih definira uporabnik [28].

Poissonova enačba in kontinuitetni enačbi nosilcev naboja se rešujejo numerično v dveh prostorskih dimenzijah in niso omejene na silicij kot polprevodnik ali na pravokotno geometrijo simuliranega področja. Tudi ta programski paket je razdeljen na vhodni procesor, numerični del in post-procesor, ki ga uporabljamo za prikaz rezultatov. Kot sem že omenil, je taka razdelitev značilna tudi za druge programske pakete, saj omogoča dovolj optimalno izkoriščenost računalniške strojne opreme in primeren prikaz rezultatov, ki jih potrebuje razvijalec/uporabnik.

Slika 5 prikazuje modula programa HALVFEM, povezave med njimi ter vhodne in izhodne podatke. Uporabnik s pomočjo modula MATP definira geometrijo polprevodniškega elementa, mrežo trikotnih končnih elementov ter potrebne snovne in modelne parametre. Enodimenzionalne porazdelitve primesi podamo lahko tudi preko ustrezno formatiranih datotek, ki jih generirajo procesni simulatorji, na primer SUPREM II za primer elementov na osnovi silicija.

Modul FEMA na osnovi podatkov, ki jih pripravi modul MATP ter na osnovi robnih in začetnih pogojev (napetosti na sponkah), ki jih poda uporabnik, reši osnovne polpre-

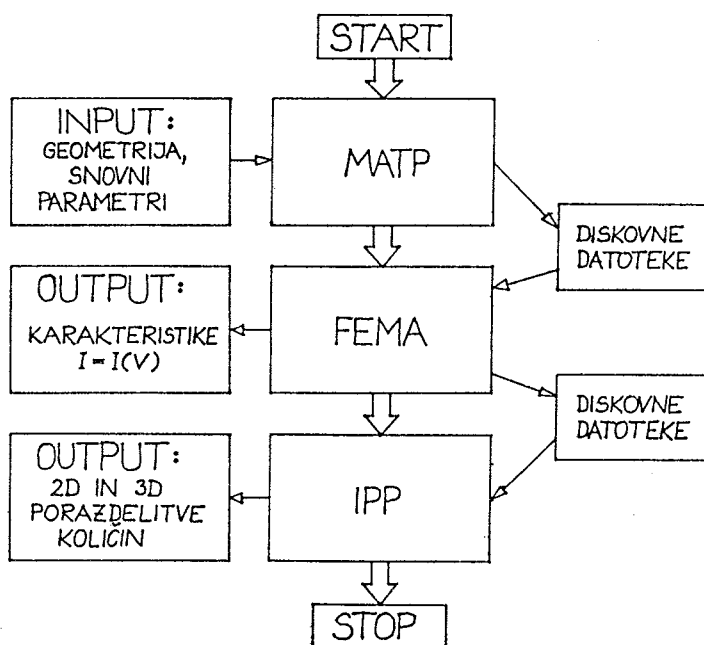
vodniške enačbe. Izhodni rezultati modula so vrednosti potenciala in obeh kvazi-Fermijevih potencialov (za elektrone in vrzeli) v mrežnih točkah. Slika 7 prikazuje primer mreže končnih elementov v primeru simulacije tranzistorja MOS. Sam paket omogoča tudi transientno analizo, kar smo uporabili pri študiju tiristorskega pojava v strukturah CMOS. Kot sem že omenil, služijo izhodni podatki iz programa SUPREM II za generiranje dvodimenzionalnih porazdelitev primesi v primeru simulacij na siliciju.

Modul IPP služi za izpis in izris rezultatov. Program je sklopljen tudi s simulatorjem električnih vezij SPICE (verzija 2G.5). Rezultate simulacij lahko tako prikažemo kot kvazi-tridimenzionalne porazdelitve računanih količin

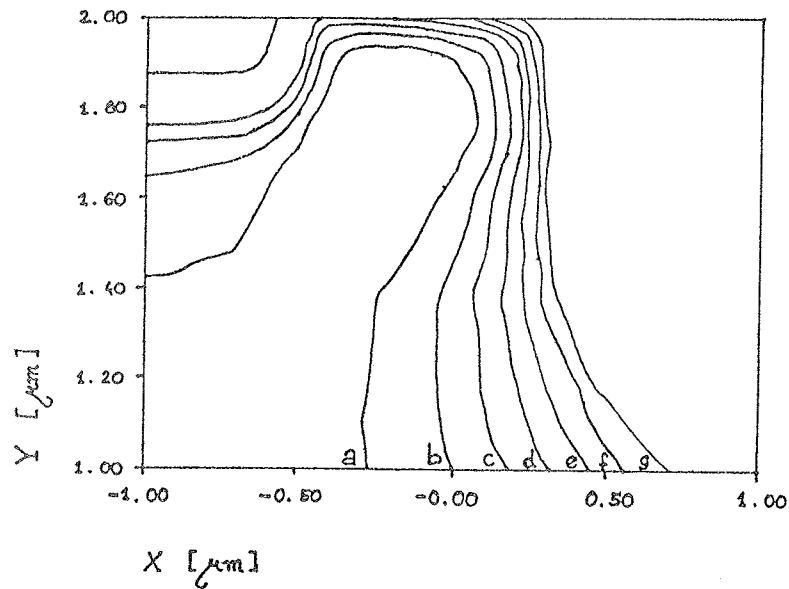
nad strukturo, kot dvodimenzionalne porazdelitve potenciala in drugih količin v strukturi, kot enodimenzionalne poteke računanih količin v želenem preseku dvodimenzionalne strukture ali pa kot poteke tokov in nabojev na sponkah strukture v odvisnosti od napetosti na njih.

Programski paket je bil uspešno uporabljen za vrsto primerov optimizacije različnih polprevodniških struktur FET [18, 29, 30], ki so bile realizirane tudi eksperimentalno tako na siliciju kakor tudi na galijevem arzenidu.

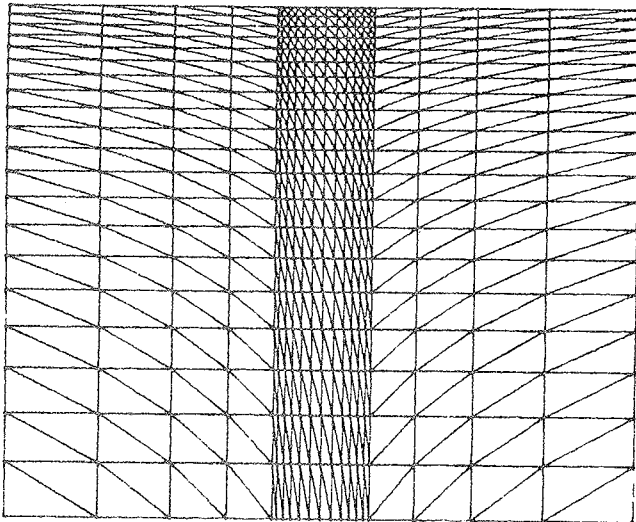
Slika 6 prikazuje izhod programskega modula IPP za primer prikaza poteka ekvipotencialnih črt v tranzistorju MOS s kratkim kanalom.



Slika 5: HALVFEM – shema modulov programa in povezav



Slika 6: HALVFEM - Potek ekvipotencialnih črt v tranzistorju MOS:  $L_m = 1 \mu\text{m}$ ,  $V_{cs} = 5 \text{ V}$ ,  $V_{gs} = 2.5 \text{ V}$ .



Slika 7: HALVFEM - Primer mreže končnih elementov pri simulaciji tranzistorja MOS

### 3.4 VLSICAP

Programski sistem VLSICAP je bil razvit na dunajski Višoki tehniški šoli in podpira analizo kapacitivnosti povezav in spojev v zelo obsežnih integriranih vezjih [27]. Tudi tu rešujemo Poissonovo enačbo v sistemu polprevod-

nikov, izolatorjev in prevodnikov (kontaktov) ob znani porazdelitvi primesi v polprevodniku.

Dvodimenzionalno področje, ki predstavlja presek polprevodniške strukture, je poligon, ki ga prvi programski modul MESHCP avtomatsko pretvori v mrežo trikotnih končnih elementov, ki imajo bikvadratne bažične funkcije.

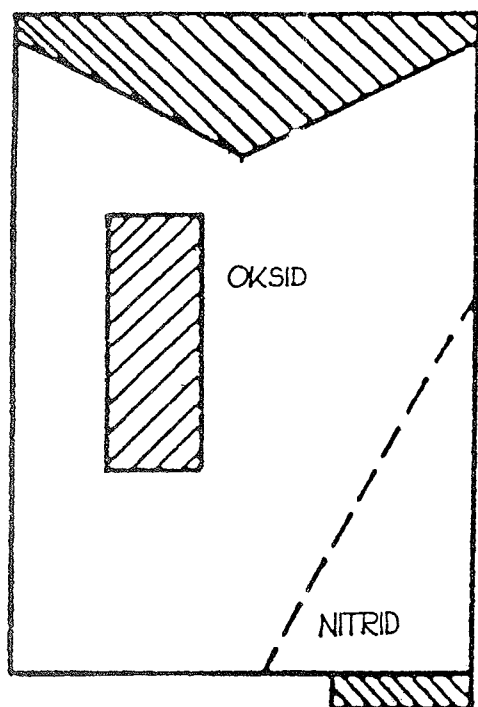
Naslednji modul, VLSICP, izračuna porazdelitev potenciala, energijo ter površinsko oziroma prostorsko gostoto naboja. Mreža trikotnih končnih elementov se pri tem avtomatsko gosti, kar omogoča enakomerno porazdelitev diskretizacijskih napak po simuliranem področju. To praktično pomeni gostitev mreže v področjih velikih gradientov računanih spremenljivk.

Kakor smo vajeni že pri ostalih simulacijskih programih, vodi postprocesor, v tem primeru modul POSTOP, do končnega rezultata. Rešitev linearnega sistema oblike:

$$U^2 \cdot \vec{C} = 2 \cdot \vec{W}$$

nam da neznan vektor koeficientov kapacitivnosti  $\vec{C}$  na osnovi vektorja energije  $\vec{W}$  in potencialne matrike  $U$ .

Slika 8 prikazuje preprost model polprevodniške strukture, kjer imamo tri kontakte, polprevodnik in dva dielektrika.



Slika 8: VLSICAP - primer preseka simulirane polprevodniške strukture

CONDITION= 4.545455E-01

COEFFICIENTS OF CAPACITANCE (F/M)

C 1 2 = 4.3197E-11 C 1 3 = 7.1802E-11

C 2 3 = 9.6163E-12

Slika 9: VLSICAP - koeficienti kapacitivnosti za primer na sliki 8.

#### 4. RAČUNALNIŠKA STROJNA OPREMA

Prav dostopnost in večja zmogljivost računalniške strojne opreme je znatno pripomogla k razširjenosti računalniške programske opreme za področje simulacije polprevodniških procesov in elementov. Kot smo videli iz kratkega opisa strukture programov, uporabljajo le-ti različne numerične metode pri diskretizaciji zadanega fizikalnega problema.

Omenjeni programi so bili implementirani na centralnem računalniku Iskre DO Mikroelektronika DEC VAX 11/780 z operacijskim sistemom VMS 4.3. Slika 10 prikazuje shemo celotnega računalniškega sistema. Sam računalnik je opremljen z enoto za hitre operacije s plavajočo vejico (FPA) in ima 6 MB centralnega pomnilnika ter 1,4 GB kapacitete na diskih. Ker je računalnik s svojo specifično grafično periferno opremo in z delovnimi postajami namenjen predvsem distribuiranemu načrtovanju uporabniških vezij v Iskri, so vsi omenjeni programi prirejani za paketno obdelavo izven konic obremenitve centralne procesorske enote. Tak način dela je priporočljiv za programe HALVFEM, MINIMOS, BAMBI, PROMIS in VLSICAP, medtem ko je možno programa SUPREM in SAMPLE uporabljati interaktivno. Računalniško omrežje v Iskri ter načrtovana povezava med centralnim računalnikom Iskre DO Mikroelektronika in Univerzitetnim računskim centrom v Ljubljani bodo omogočili večje izkoriščanje simulacijskega paketa v raziskovalne in pedagoške namene.

Program SUPREM II (pa tudi verziji I in III) uporablja numerično metodo končnih diferenc v eni dimenziji za reševanje nelinearne difuzijske enačbe. Posebnih numeričnih problemov tudi v tem primeru ni, saj je število mrežnih točk pri enodimenzionalni diskretizaciji majhno, urejenost lineariziranega sistema pa omogoča hitro pot do rezultatov.

Program SAMPLE (verzija 1.2) ne zahteva posebnih metod numerične analize pri izračunu parametrov osvetljevanja oziroma razvijanja fotopolimerov, tako da lahko program uporabljamo za interaktivno delo.

Program MINIMOS uporablja neenakomerno mrežo končnih diferenc v dveh dimenzijah. Kot tak je program primeren za delo v paketni obdelavi na sistemih s pospeševalnikom operacij s plavajočo vejico.

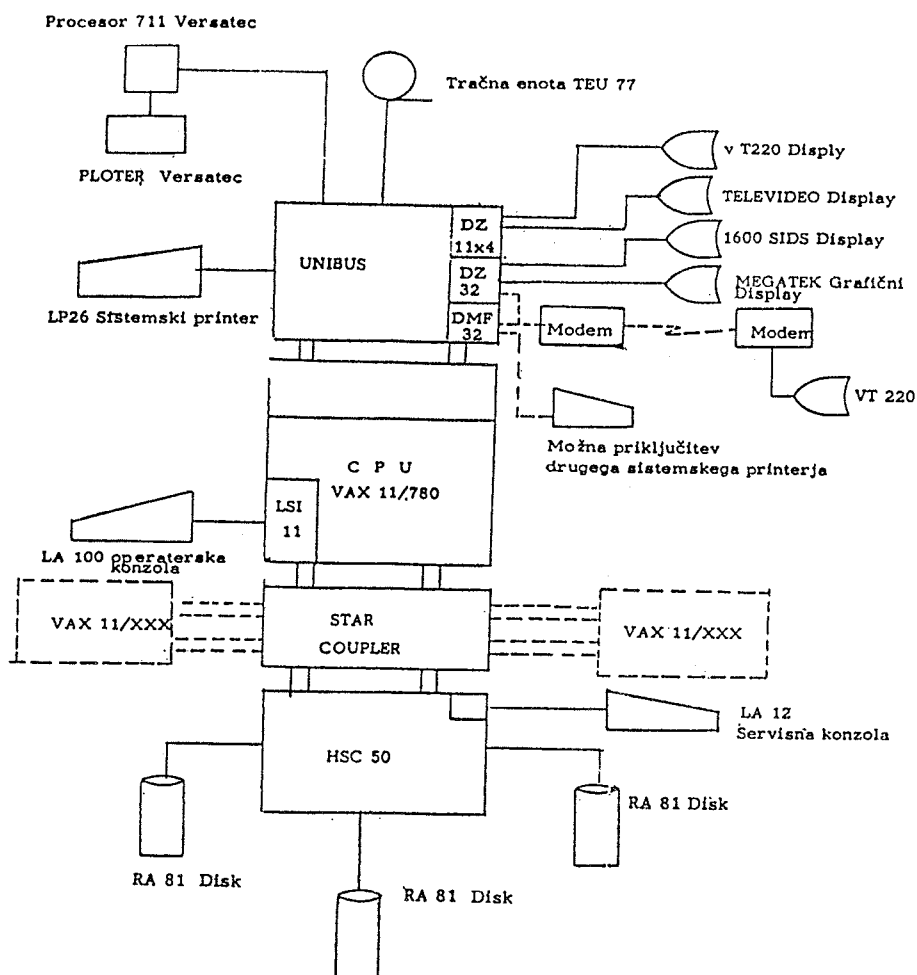
Program BAMBI (1.0) (predvsem njegov numerični del) zahteva že več računalniškega časa in ga je smiselno izvajati v paketnem načinu. Program HALVFEM (7.5) je od vseh opisanih programov najzahtevnejši glede računalniškega časa. Uporabnik sam pa lahko optimizira mrežo elementov in s tem velikost nelinearnega sistema. Seveda lahko uporabimo, na primer pri simulaciji tokov na sponkah tranzistorja MOS redkejšo mrežo, ne da bi bistveno

vplivali na točnost rezultatov. Pri študiju gostote toka v samem tranzistorju MOS ali pa pri analizi prebojev pa uporabimo gostejšo mrežo v področju pričakovanih večjih gradientov računanih količin.

Program PROMIS je moč izvajati interaktivno (ob majhni porabi računalniškega časa) za večino primerov procesne

simulacije. Zahtevnejše primere izvajamo v paketnem načinu.

Program VLSICAP je že po zasnovi primeren za paketno obdelavo, saj je tudi tu numerični del zasnovan na metodi končnih elementov. Kot tak je po porabi računalniškega časa primerljiv s programom PROMIS.



Slika 10: Računalniški sistem Iskre DO Mikroelektronika

## 5. SKLEP

Članek prikazuje uporabo programske opreme za simulacijo polprevodniških procesov in elementov v razvojnem industrijskem okolju. Opisani programski paketi in povezave med njimi omogočajo razvojnemu inženirjem hitro in kvalitetno delo pri razvoju novih tehnoloških procesov ter pri optimizaciji posameznih polprevodniških struktur.

Implementacija programov na zmogljivem mini-računalniku nudi možnost širokega in hitrega izkoriščanja programov in analize simulacij. Podani primeri kažejo, da večina programske opreme zadošča trenutnemu tehnološkemu stanju v Iskri. Vsekakor pa tehnološki razvoj na področju izdelave zelo obsežnih uporabniških integriranih vezij narekuje tudi nekatere posodobitve na področju, ki je opisan v tem članku.

## 6. ZAHVALA

Veliko rezultatov, prikazanih v tem članku, je lahko nastalo le na osnovi mojega dolgoletnega sodelovanja z raziskovalnimi skupinami v ZDA, v Avstriji in na Švedskem.

Prof. R. Dutton s Stanfordske univerze v Kaliforniji je omogočil razširjeno uporabo programa SUPREM II.

Stalni stiki s skupino prof. S. Selberherrja na dunajski tehniški visoki šoli so omogočili izkoriščanje programov MINIMOS, BAMBI, PROMIS in VLSICAP ter grafičnega postprocesa MOSPLOT.

Dr. T. Arnborg (RIFA, Stockholm, Švedska) me prijazno oskrbuje z novimi verzijami programa HALVFEM.

Programski inženirji Iskra DO Mikroelektronika so poskrbeli za primerno računalniško strojno okolje, v katerem učinkovito uporabljamo prikazano programsko opremo.

## 7. LITERATURA

1. S.M. Sze Editor, VLSI Technology, McGraw-Hill, New York, 1983
2. W. Fichtner et al., The Impact of Supercomputers on IC Technology Development and Design, Proceedings of IEE, Vol. 72, No. 1, str. 96-112, 1984
3. W.L. Engl, Editor, Process and Device Modeling, North-Holland, Amsterdam, 1986
4. K.M. Cham, S.-Y. Oh, J.L. Moll, Computer-aided design in VLSI device development, IEEE J. of Solid-State Circuits, Vol. SC-20, str. 495-500, 1985
5. W. Juengling et al., Simulation of Critical IC Fabrication Processes Using Advanced Physical and Numerical Methods, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-32, No. 2, str. 156-167, 1985
6. J. Lorenz et al., COMPCSITE - A complete modeling program of silicon technology, IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-32, str. 1977-1986, 1985
7. F. Runovec et al., Računalniško podprto načrtovanje proizvodnje in elementov integriranih vezij, Poročilo razvojne naloge 2/84, SOZD Iskra, Ljubljana, marec 1985
8. D.A. Antoniadis et al., SUPREM I -- A program for IC process modeling and simulation, Stanford Electronics Laboratories, Stanford University Technical Report No. 5019-1, maj 1977
9. D.A. Antoniadis et al., SUPREM II -- A program for IC process modeling and simulation, Stanford Electronics Laboratories, Stanford University Technical Report No. 5019-2, junij 1978
10. C.P. Ho and S.E. Hansen, SUPREM III --- A program for integrated circuit process modeling and simulation, Stanford Electronics Laboratories, Stanford University Technical Report No. SEL 83-001, julij 1983
11. P. Pichler et al., Simulation of critical IC-fabrication steps, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-32, No. 10, str. 1940-1953, 1985
12. R.W. Dutton, Modeling of the silicon integrated-circuit design and manufacturing process, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-30, No. 9, str. 968-986, 1983
13. A. Vodopivec, Diplomsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1984
14. W.G. Oldham et al., A General Simulator for VLSI Lithography and etching Processes: Part I - Application to Projection Lithography, IEEE Transaction on Electron Devices, ED-26, No. 4, str. 717-722, 1979
15. M.P.C. Watts, Analytical model of positive resist development applied to linewidth control in optical lithography, J. Vac. Sci. Technol., Vol. B 3 (1), str. 434-440, 1985
16. A.C. Neureuther, Process Modeling and Topography Design, Proceedings of IEEE, Vol 71, No. 1, str. 121-128, 1983
17. F. Runovec and T. Jutraz, Characterization of mask aligners by a photoresist process simulator, sprejet referat za MIEL'86, Beograd
18. F. Runovec, Doktorska disertacija, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Jugoslavija, 1982
19. C.R. Ratferty et al., Iterative methods in semiconductor device simulation, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-32, str. 2018-2027, 1985
20. S. Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices, Springer-Verlag, Wien, 1984
21. P.A. Markowich, The Stationary Semiconductor Device Equations, Springer-Verlag, Wien, 1986
22. S. Selberherr, Zweidimensionale Modellierung von MOS-Transistoren, Dissertation, Technische Universitaet Wien, Dunaj, januar 1981
23. C. Heinze et al., MOSPLOT - A software package for the graphical presentation of MINIMOS results, Technical University Vienna, Department for Applied and Numerical Mathematics, Dunaj, 1985
24. A.F. Franz and G.A. Franz, BAMBI 1.0 - Basic analyzer of MOS and bipolar devices, Technische Universitaet Wien, marec 1985
25. A. Franz et al., Firite Boxes - A Generalization of the Finite-Difference Method Suitable for Semiconductor Device Simulation, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-30, No. 9, str. 1070-1082, 1983
26. P. Pichler, PROMIS 1.0, Technische Universitaet Wien, Austria, 1985
27. F. Straker, VLSICAP V1.3 User's Guide, Technische

Universitaet Wien, Austria, april, 1986

28. T. Arnborg, Two-dimensional analysis of semiconductor structures using the finite element method, Report TRITA-TDE-8201, Department of Applied Electronics, Royal Institute of Technology, Stockholm, februar 1982
29. F. Runovc, T. Arnborg, K. Bjoerqvist, Experimental behaviour and two-dimensional simulations of MOS transistors in weak inversion region, Int. J. Electronics, Vol. 51, No. 3, str. 221-224. 1981

30. F. Runovc, Continuous model for the gate-induced charge in short-channel MOSFETs, Electronics Letters, Vol. 17, No. 18, str. 636-638, 1981

Avtorjev naslov: doc. dr. Franc Runovc

Iskra - DO Mikroelektronika  
Stegne 15 d  
61000 LJUBLJANA

## POKRETLJIVOST ELEKTRONA U PLAZMI ARGONA

**N. V. Novaković, S. M. Stojilković**

SADRŽAJ - U ovom radu je analizirana pokretljivost elektrona u plazmi argona različitog stepena jonizacije, zasnovana na korigovanoj vrednosti Debye-evog radijusa elektrostatičkog ekraniranja. Plazma je tretirana slabo neidealnom. Analiza je izvršena u temperaturskom intervalu od 2000 do 20000 K za različite pritiske, jednake ili manje od normalnog atmosferskog pritiska.

ABSTRACT - In this paper electron mobility in argon plasmas of various degrees of thermal ionization are evaluated with the aid of a revised definition of the Debye radius permitting to treat these plasmas formally as weakly non-ideal. The analysis is carried out for temperatures ranging from 2000 to 20000 K and for various initial pressures, equal to or smaller than the normal atmospheric pressure.

### 1. UVOD

Primena niskotemperaturne plazme za dobijanje jakih izvora zračenja uslovlila je veliko interesovanje za eksperimentalno, i teorijsko-numeričko ispitivanje višekompo-

nentnih sistema u plazmi, a posebno u inertnim gasovima. Stoga su transportne osobine inertnih gasova u većini tehnoloških procesa od izuzetnog značaja i stalni su predmet proučavanja u fizici plazme. Eksperimentalni i teorijski podaci o transportnim koeficijentima se veoma razlikuju iz dvojakih razloga: nepouzdanost eksperimenta i nedostatak korektnog teorijskog modela. Zato su činjeni i još uvek se čine mnogobrojni pokušaji da se problem neslaganja rezultata sagleda kompleksnije i pronadju odgovarajuća rešenja.

Najčešće primenjivani model za teorijsko-numeričko ispitivanje višekomponentnih plazmenih sistema je poznati model lokalne termodinamičke ravnoteže [1, 2]. Verovatno zato, što je vezan sa konkretnim karakterom samih jednačina konstanta ravnoteže koje operišu neposredno sa koncentracijama komponenta ravnotežnog sastava.

Definitivno je, međutim, konstatovano da postoji pojava neidealnosti u plazmi argona dobijenoj impulsnim pražnjenjem [3]. Ova pojava stvara izvesna ograničenja u pogledu primenljivosti pristupa za odredjivanje transportnih karakteristika, bar u većini slučajeva.

Ovaj rad sadrži neke rezultate o transportnim osobinama plazme argona, koji su dobijeni numeričkim postupkom. Analiza je izvršena za temperaturno područje od 2000 do 20 000 K za različite pritiske. Posebno je istaknut uticaj izbora preseka elastičnog rasejanja elektrona na atomima argona kao i problem neidealnosti plazme argona.

## 2. POKRETLJIVOSTI ELEKTRONA I DEBYE-EV RADIJUS PLAZME

Pokretljivost elektrona u plazmi intermedijarnog stepena jonizacije u čistom argonu zavisi od koncentracija konstituenata plazme i njihovih srednjih kolizionih učestanosti i računata je po formuli [4]

$$\mu = \frac{4\pi e}{3m_e} \frac{1}{n_e} \int_0^\infty \frac{d}{dv} \left[ \frac{v^3}{v(v)} \right] f_e^{oo}(v) dv, \quad (2.1)$$

gde je  $f_e^{oo}(v)$  Maxwell-ova funkcija raspodele po brzinama, a  $v(v)$  je koliziona učestanost elektrona brzine  $v$  sa elektronima, atomima i jonima, tj.

$$v(v) = 2\pi \sum_i n_i Q_{ei}(v)v, \quad (2.2)$$

gde su  $Q_{ei}(v)$  odgovarajući efikasni preseki, zavisni od brzine elektrona.

Elektron-jonska i elektron-elektronska koliziona učestanost (tj. odgovarajući preseki) zavise od Coulomb-ove interakcije elektrona sa jonima plazme [5], a elektron-atomska koliziona učestanost zavisi od koncentracije neutrala i preseka elastičnog rasejanja elektrona na atomima. Stvarna zavisnost elektron-atomskih sudarnih preseka od brzine kod argona je kao i kod ostalih inertnih gasova složena, između ostalog i zbog izraženog Ramsauer-ovog minimuma. Ovom prilikom je za određivanje preseka korišćena poluempirijska formula oblika [6]

$$Q_{ea}(v) = A \exp(-Bv^2) + C(v^2)^d \exp(-Fv^2), \quad (2.3)$$

gde su koeficijenti A, B, C, F i d numerički određeni iz zahteva najboljeg slaganja sa podacima iz eksperimentalnih merenja. Shodno tome, nadjeno je  $A=8.05 \cdot 10^{-20}$ ,  $B=7.79 \cdot 10^{-11}$ ,  $C=2.81 \cdot 10^{-12}$ ,  $d=1.74$ ,  $F=3.87 \cdot 10^{-13}$  za jednu grupu eksperimentalnih merenja [6] i  $A=2.00 \cdot 10^{-20}$ ,  $B=7.10 \cdot 10^{-10}$ ,  $C=4.40 \cdot 10^{-12}$ ,  $d=1.50$ ,  $F=4.27 \cdot 10^{-13}$  za drugu grupu podataka [7].

Ravnotežni sastav plazme je određen na osnovu jednačina kojima se izražava elektroneutralnost plazme, održanje broja teških čestica i zakon dejstva masa za procese prve, druge i treće jonizacije argona. Da bi se mogle koristiti korigovane formule Saha, neophodno je što preciznije poznavanje Debye-ovog radijusa plazme, jer kao mera neidealnosti može da posluži broj čestica u Debye-evoj sferi [3]

$$N_D = \frac{4\pi}{3} n_e r_D^3 \quad (2.4)$$

gde je  $n_e$  koncentracija elektrona, a  $r_D$  radijus elektrostatičkog ekraniranja u plazmi. On se obično izračunava po formuli [8]

$$r_D^2 = \frac{\epsilon_0 kT}{n_e (1+z_{eff})}, \quad (2.5)$$

i zavisi od temperature i koncentracije konstituenata plazme. Na rastojanjima reda veličine  $r_D$  može se smatrati da je "oblak" u potpunosti ekranirao polje centralnog jona. Stoga, iako su Coulomb-ove sile dugog dometa, svaka naelektrisana čestica plazme interaguje samo sa onim naelektrisanim česticama koje se nalaze u Debye-evoj sferi opisanoj oko naelektrisane čestice. Teorija elektrostatičkog ekraniranja je strogo primenljiva kada je broj naelektrisanih čestica u sferi Debye-evog radijusa mnogo veći od jedinice [3]. U cilju ispitivanja pouzdanosti informacija o slaboj neidealnosti plazme, nameće se problem detaljnije analize Debye-Hückel-ove teorije, odnosno određivanja radijusa elektrostatičkog ekraniranja.

Zbog obimnosti matematičke procedure u izvodjenju izraza za Debye-ev radijus elektrostatičkog ekraniranja, ovde je dat samo konačan izraz [9]

$$r_D^* = \frac{4\pi (\epsilon_0 kT)^2}{4\pi (\epsilon_0 kT)^{3/2} [e^2 n_e (1+z_{eff})]^{1/2} + e^4 z_{eff}^4 n_e Q}, \quad (2.6)$$

gde je

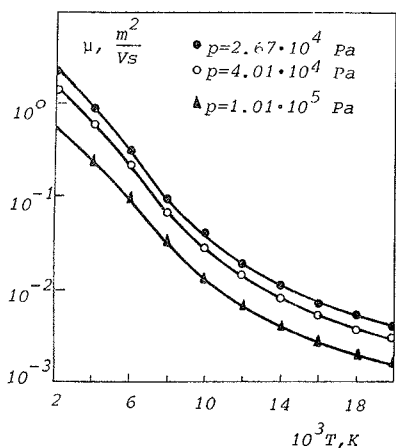
$$Q = 1.352 + 2 \ln(r_j/r_D), \quad (2.7)$$

a  $r_j$  radijus jona. Na osnovu izraza (2.6) može se određivati ne samo  $N_D^*$ , već i ostali parametri neidealnosti, između ostalog i Coulombov logaritama za analizu interakcije među naelektrisanim česticama.



## 3. ANALIZA REZULTATA

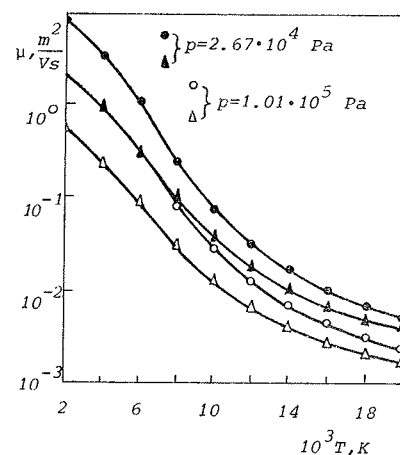
Grafik zavisnosti pokretljivosti elektrona od temperature dat je na slici 1 za početne pritiske  $p=2.67 \cdot 10^4$  Pa,  $p=4.01 \cdot 10^4$  Pa i  $p=1.01 \cdot 10^5$  Pa. Pokretljivost elektrona opada sa porastom temperature zbog povećanja koncentracije naelektrisanih čestica u plazmi. Ona ima najveće vrednosti za najniže pritiske (oko 200 torr-a), a za pritisak  $p=1.01 \cdot 10^5$  Pa najniže vrednosti. Sa slike se takodje vidi da pritisak argona, koji je uzet kao početni, ne utiče bitno na pokretljivost elektrona u onoj meri u kojoj se to očekuje. Snižanjem pritiska se, na osnovu izračunatih vrednosti, ne može očekivati linearno povećanje provodnosti elektrona, a naročito do pritiska  $p=4.01 \cdot 10^4$  Pa. Tako, na primer, na temperaturi od 10 000 K odnos pokretljivosti na pritiscima  $p=2.67 \cdot 10^4$  Pa i  $p=1.01 \cdot 10^5$  Pa iznosi 2.9, a na pritisku  $p=2.67 \cdot 10^4$  Pa i pritisku  $p=4.01 \cdot 10^5$  Pa je čak 1.3. Međutim, na temperaturama iznad 10 000 K preovladuju elektron-jonski i elektron-elektronski sudari, bez obzira na vrednosti odabranog pritiska, što se vidi na slici 1. Procesi rasejanja jona na atomima i jon-jonski sudari nisu uzeti u obzir.



Sl.1 Zavisnost pokretljivosti elektrona od temperature na različitim pritiscima

Od velikog značaja za određivanje pokretljivosti elektrona u plazmi inertnih gasova (naročito argona zbog veće energije jonizacije) je uticaj preseka elastičnog rasejanja elektrona na atomima. Stoga je, u svim numeričkim postupcima ovakve vrste, veoma važan izbor vrednosti preseka elektron-atomskih sudara. Dva primera izračunatih

vrednosti za pokretljivost elektrona na temperaturama od 2000 do 20 000 K za dva granična pritiska su data na slici 2,



Sl.2 Zavisnost pokretljivosti elektrona od temperature za različite preseke rasejavanja elektrona na atomima argona (● i ○ - [6], a ▲ i △ - [7])

pri čemu su korišćene eksperimentalno dobijene vrednosti za preseke različitih autora [6, 7] u poluempirijskoj formuli (2.3). Ovi primeri očigledno pokazuju koliko je važno da se ispita uticaj preseka elektron-atomskih sudara, dobijenih iz više različitih eksperimentalnih merenja, pa nakon toga bi moglo i smelo da se govori koliko su pouzdani teorijsko-numerički podaci o transportnim osobinama plazme argona i o smislu njihovog poređenja sa eksperimentalnim merenjima.

Broj čestica u Debye-ovoj sferi  $N_D$  i  $N_D^*$  dat je u Tabeli 1 i ukazuje da se korigovanom vrednišću Debye-evog radijusa dobijaju veoma zadovoljavajuća rešenja. Shodno tome, popravke ovakve vrste za plazmu argona predstavljaju veću mogućnost primene teorije slabe neidealnosti plazme argona na različitim pritiscima.

Jedan od kriterijuma za primenu Maxwell-ove funkcije raspodele elektrona po brzinama se definiše na osnovu odnosa kolizionih učestanosti elektrona sa teškim česticama u plazmi i elektron-elektronske učestanosti [10]

$$\delta = \sum_k \frac{m_e}{m_k} \frac{v_{ek}}{v_{ee}} \ll 1 ; \quad (k=1, 2, \dots, 4), \quad (3.1)$$

gde je  $m_e$  masa elektrona, a  $m_k$  masa teških čestica u plazmi. Dobijene vrednosti za  $\delta$  (Tabela 1) pokazuju da je opravdano primenjena Maxwell-ova funkcija raspo-

Tabela 1 Broj čestica u Debye-evoj sferi i kriterijum primenljivosti Maxwell-ove funkcije raspodele ( $p=2.67 \cdot 10^4$  Pa)

| T, K   | $N_D$ | $N_D^*$ | $\delta \cdot 10^5$ |
|--------|-------|---------|---------------------|
| 2 000  | 951   | 987     | 28.60               |
| 4 000  | 673   | 682     | 6.34                |
| 6 000  | 369   | 378     | 4.32                |
| 8 000  | 75    | 84      | 3.38                |
| 10 000 | 31    | 38      | 3.16                |
| 12 000 | 17    | 24      | 3.14                |
| 14 000 | 12    | 19      | 3.02                |
| 16 000 | 9     | 16      | 2.87                |
| 18 000 | 8     | 14      | 2.63                |
| 20 000 | 7     | 14      | 2.58                |

dele elektrona po brzinama prilikom izračunavanja pokretljivosti elektrona, a time i ostalih transportnih koeficijenata. Ovaj uslov je teže zadovoljiti u opisanoj plazmi, jer su teške čestice atoma i joni argona.

#### 4. ZAKLJUČAK

Izračunate vrednosti pokretljivosti elektrona i ostalih pratećih parametara koji karakterišu plazmu argona na nižim pritiscima od normalnog pritiska i na temperatura od 2000 do 20000 K mogu korisno da posluže prilikom izbora i analize podataka u eksperimentalnim uslovima. Ovim pristupom u numeričkoj analizi plazme (i plazme uopšte) dobija se obilje podataka, od kojih svaki na svoj način može da doprinese rešavanju prisutnih problema u fizici plazme. Između ostalog, u ovom radu se ukazuje na veliku ulogu atoma u plazmi argona intermedijarnog stepena jonizacije i stoga se elektron-atomski sudari nikako ne smeju zanemariti. Ovo znači da je neophodno is-

pitati u svakom slučaju ponaosob mogućnosti i načine izbora preseka elastičnog rasejanja elektrona na atomima. Vredna pažnje je i činjenica da se korigovanom vrednošću Debye-evog radijusa mogu na zadovoljavajući način pomeriti granice primenljivosti teorije slabe neidealnosti za mnoge plazmene sisteme prilikom određivanja lokalnih parametara plazme.

#### L I T E R A T U R A

- 1 Bokova N.A., Ivasenko N.F., *Teplophys. Vys. Temp.* 13 (1975) 241.
- 2 Haris L.P., *J. Appl. Phys.*, 34 (1963) 2958.
- 3 Kaklyugin A.S., Norman G.E., *Teplophys. Vys. Temp.*, 11 (1973) 238.
- 4 Huxley L.G.H., Crompton R.V., *The Diffusion and Drift of Electrons in Gases*. John Wiley and Sons, New York, 1982.
- 6 Vuković S.M., *Tenzor elektroprovodnosti plazme internih gasova intermedijalnog stepena jonizacije*. Mag. rad, Beograd, 1971.
- 7 Havashi M., *Recombination Values of Transport Cross Section for Elastic Collision*. Ngova, 1979.
- 8 Griem H.R., *Plasma Spectroscopy*. McGraw-Hill, New York, 1964.
- 9 Milić B.S., Novaković N.V., Stojilković S.M., *Transport Properties and Weak Non-ideality in Xenon and Argon Plasmas of Intermediate Degree of Ionization* (pripremljen za štampu).
- 10 Mitchner M., Kruger Ch.H., *Partially Ionised Gases*. John Wiley et Sons, New York, 1973.

# RF PLAZMA KAO TEHNIKA ZA NAGRIZANJE MATERIJALA U MIKROELEKTRONICI

**B. Jelenković, S. Radovanov, Z. Petrović**

## UVOD

Reaktivno jonsko nagrizanje (RJN) i plazma nagrizanje (PN) su takozvane suve tehnike koje se danas široko koriste za nagrizanje Si i SiO<sub>2</sub> ali i drugih poluprovodničkih materijala i metala koji se primenjuju u mikroelektronici (Tabela 1). RF plazma je našla ovu primenu zbog mogućnosti nagrizanja poluprovodnika na nižoj temperaturi i zbog preciznog i reproduktivnog dobijanja  $\mu\text{m}$  slika sa kontrolom pravca nagrizanja u odnosu na bočne ivice zaštitnih maski. PJN i PN se dopunjuju u ispunjavanju najvažnijih zahteva kod nagrizanja poluprovodnika: selektivnosti i anizotropije. Potpuno izotropno nagrizanje je problem koji sprečava razvoj električnih kola vrlo visokog stepena integracije (VLSI). Taj problem se rešava primenom RJN.

Tabela 1: Relativne brzine nagrizanja materijala u mikroelektronici pomoću CF<sub>4</sub> + 4 % O<sub>2</sub> plazme [1]

|                  |     |
|------------------|-----|
| SiN              | 100 |
| Si (III)         | 690 |
| Si (poli)        | 990 |
| SiO <sub>2</sub> | 40  |
| W                | 100 |
| Mo               | 100 |
| Ti               | 100 |
| Ta               | 100 |

## 1. FIZIKA RF PLAZME ZA NAGRIZANJE

Do nagrizanja dolazi kada reaktivne čestice iz plazme u reakciji sa filmom poluprovodnika stvaraju isparljive supstance koje se zatim uklanjaju iz reaktora. U slučaju gasa koji se najviše koristi, CF<sub>4</sub>, jer je netoksičan ne korozivan i omogućava uniformno nagrizanje, proces se odvija kroz stvaranje atoma F kao aktivne čestice u nagriza-

nju, zatim kroz reakciju sa Si i formiranje isparljivog SiF<sub>4</sub> koji se ispumpava iz vakuum sistema.

Neke osobine elektrodnog RF pražnjenja omogućile su njegovu primenu za nagrizanje. Kao posledica velike pokretljivosti elektrona RF tinjavo pražnjenje uspostavlja se na manjim gustinama gasa (1 torr). Tinjavi deo pražnjenja karakterišu onda visoke naravnotežne vrednosti redukovanog električnog polja E/n (> 1000 Td, 1 Td=10<sup>-21</sup>Vm<sup>2</sup>) [2]. Energijska raspodela elektrona pomera se ka većim vrednostima energije u odnosu na tinjavo DC pražnjenje. Povećava se brzina odvijanja neelastičnih procesa preko kojih se stvaraju aktivne čestice za nagrizanje.

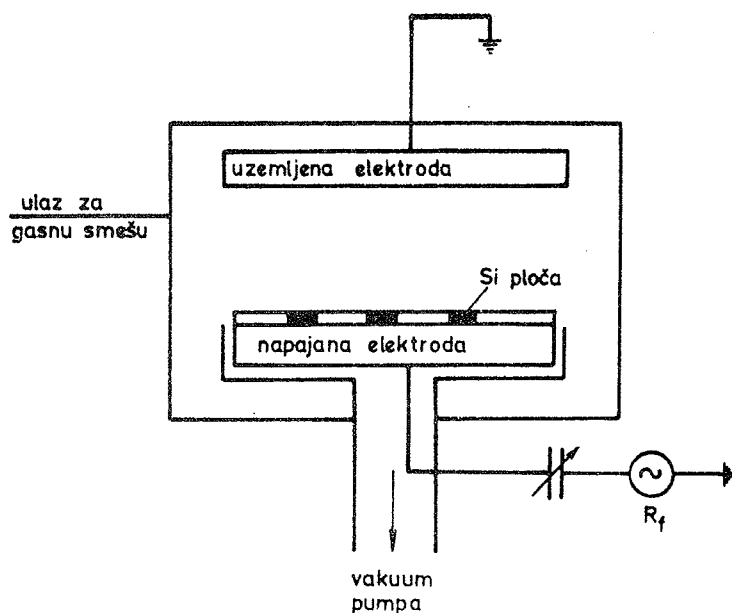
Druga osobina od interesa koja je posledica veće pokretljivosti elektrona od jona u RF električnom polju je samopolarizacija elektroda u odnosu na potencijal plazme tinjavog dela pražnjenja. Kada se elektroda kapacitivno spregne sa RF generatorom onda se ona polariše negativno u odnosu na plazmu [3]. Postojanje jednosmernog polja u elektrodoj oblasti ubrzava pozitivne jone iz plazme prema ploči fiksiranoj za elektrodu. To ima povoljno dejstvo jer omogućava anizotropiju kod nagrizanja i menja brzinu nagrizanja.

Nagrizanje materijala u RF pražnjenju odvija se kroz nekoliko procesa koji sukcesivno teku. 1) Proces u tinjavom delu pražnjenja koji uključuje jonizaciju odnosno elektronsku multiplikaciju kao i stvaranje aktivnih čestica iz inertnog gasa ubačenog u sistem sa RF pražnjenjem. Aktivne čestice mogu da budu atomi, radikali, pozitivni i negativni joni i pobudjeni molekuli. 2) Proces transporta jona i aktivnih čestica prema poluprovodničkoj ploči pri čemu je za transport jona značajno postojanje električnog polja u elektrodoj oblasti. 3) Proces adsorpcije aktivnih čestica, njihova reakcija sa materijalom površine i desorpcija produkata.

U ovom momentu rezultati primene ove tehnike idu ispred razumevanja pomenutih fundamentalnih procesa kroz koje se odvija nagrivanje. Njihovo poznavanje je medjutim neophodno da bi se izvršila potpuna karakterizacija plazme i dalja optimizacija nagrivanja. Tako imamo dva snažna razloga koji motivišu veliki broj fizičara u svetu da se bave problemima ove plazme: dosta nerazjašnjenih procesa i velika materijalna ulaganja industrije poluprovodnika.

## 2. RF PLAZMA UREDJAJ

RF plazma reaktor sa paralelnim elektrodama kakav se često koristi za nagrivanje, šematski je prikazan na Sl. 1. Zbog razlike potencijala napajane i uzemljene elektrode u odnosu na potencijal plazme postoje i razlike u nagrivanju zavisan na kojoj je elektrodi ploča. Ukoliko je ona na napajanoj elektrodi (kao na slici 1.) onda je to RJN. U



Slika 1: Šematski prikaz RF plazma uređaja za nagrivanje

slučaju ploče na uzemljenoj elektrodi u čijoj oblasti je vrednost električnog polja manja nego u oblasti ispred napajane elektrode, dobija se drugačiji vid nagrivanja, to je PN.

Uloga jona u RJN nije sasvim jasna. Ne radi se o fizičkom raspršivanju već verovatno o nekoj vrsti obrade površine pri čemu joni čiste površinu od nataloženih nevola-

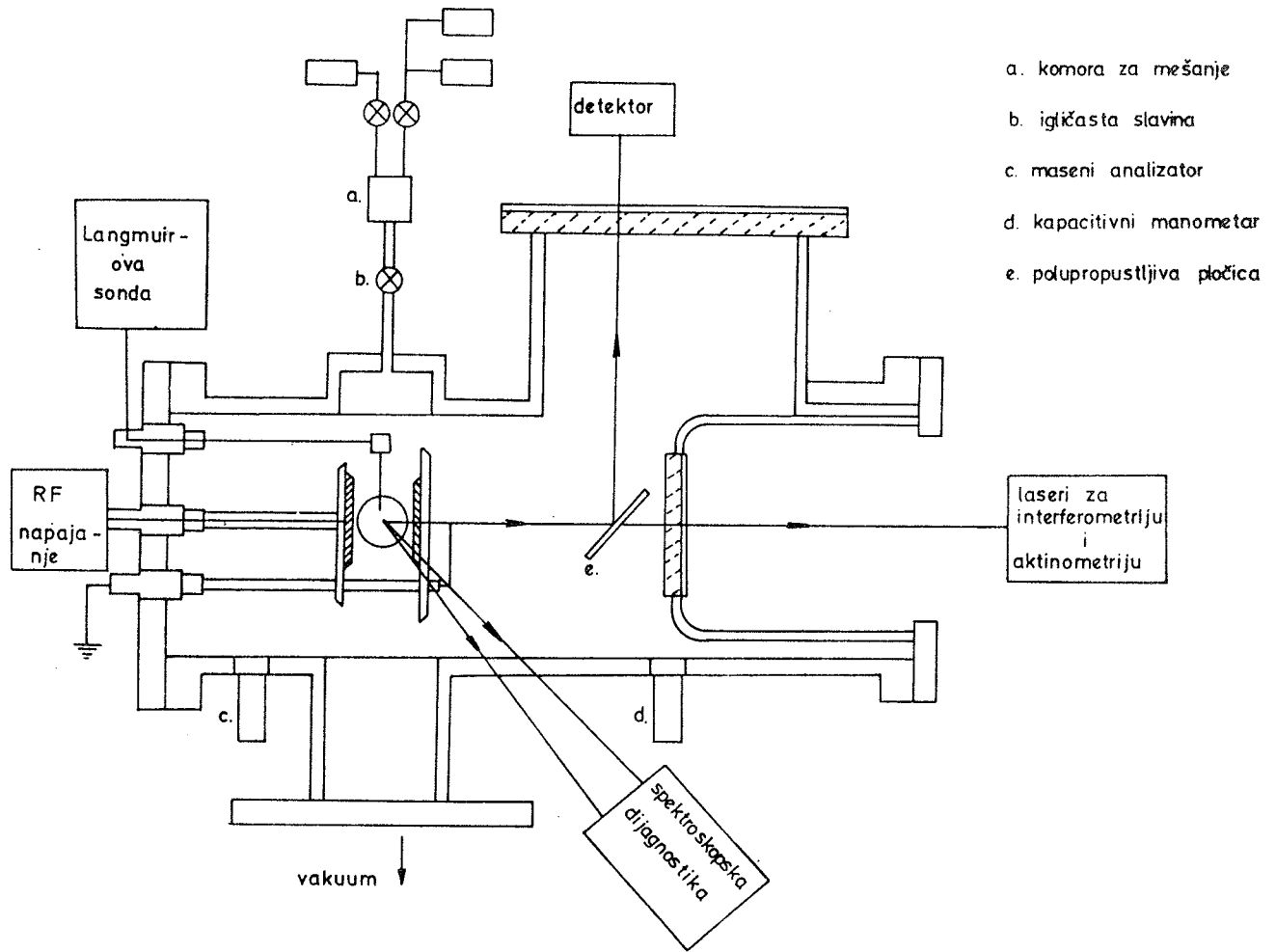
tilnih jedinjenja ili polimera ili prirodnog oksida [4] otvarajući pri tom nova mesta na površini Si za F-Si reakcije.

Materijal za vakuum komoru je nerđajući čelik a metal se obično koristi i kao nosač ploče jer je dobar rezervoar toplote. Metal mora da bude čist da bi se sprečila kontaminacija poluprovodnika usled raspršivanja metala nosača. Pritisak gasa (ili smese gasova) u reaktoru je parametar koji bitno utiče na osobine nagrivanja. Vrednost pritiska je između 20 - 200 mtorra za RJN a 2 - 5 puta je veći kod PN. Drugi važan parametar je veličina potencijala samopolarizacije elektrode koji obično iznosi nekoliko stotina volti za napajanu elektrodu. Brzina nagrivanja se može meriti laserskom interferometrijom.

## 3. OSOBINE NAGRIVANJA

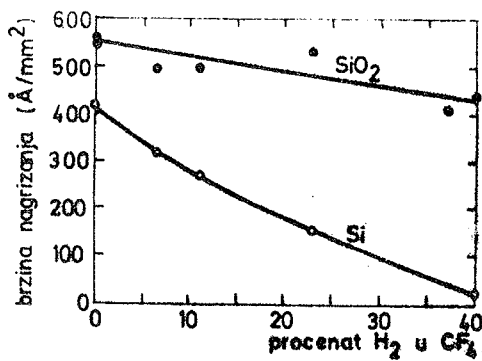
U procesu nagrivanja potrebno je da istovremeno bude ispunjeno nekoliko zahteva: selektivnost, anizotropija i velika brzina.

Selektivnost pri nagrivanju znači da je brzina nagrivanja jednog materijala dovoljno drugačija od brzine nagrivanja drugog. U mikroelektronici to može da znači da brzina sa kojom se nagriva polikristalni Si za MOSFET mora da bude veća od brzine nagrivanja fotorezista koji služi kao maska i  $\text{SiO}_2$  koji je podloga. Nekad je zahtev obrnut i potrebno je  $\text{SiO}_2$  selektivno nagrivati u odnosu na masku i Si podlogu kao u slučaju određivanja izolacione oblasti između tranzistorskih elemenata i otvaranja kontakta gejta. Dva načina nagrivanja koja se vrše RF plazmom razlikuju se prema brzini kojom se vrši nagrivanje različitih materijala. PN ima malu brzinu nagrivanja  $\text{SiO}_2$  koja raste sa energijom upadnih jona da bi za uslove pritiska i snage RF generatora kod RJN brzina nagrivanja  $\text{SiO}_2$  bila veća od brzine kojom se nagriva Si. Selektivnost zatim može da se menja (i kontroliše) dodavanjem nekih gasova u odgovarajućem postotku osnovnom gasu. Jedan od gasova koji se dodaje  $\text{CF}_4$  da bi se povećala brzina nagrivanja Si je  $\text{O}_2$ . Sa 10 %  $\text{O}_2$  u plazmi brzina se povećava do 10 puta [6]. Kiseonik uklanja ugljenik formirajući CO ili  $\text{CO}_2$  i smanjuje rekombinaciju kojom se na površini ponovo stvara  $\text{CF}_4$ . Još od ranije je poznato [7] da brzina nagrivanja  $\text{SiO}_2$  u odnosu na brzinu nagrivanja Si raste sa porastom koncentracije  $\text{H}_2$  najverovatnije preko veziva-



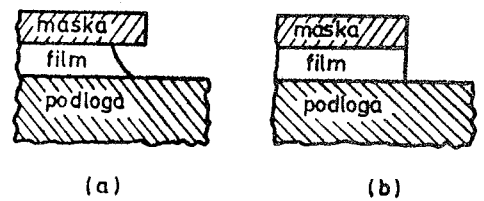
Šema eksperimentalnog uređaja za nagrizanje plazmom

nja atoma F u HF (slika 2.). Jer F je aktivna čestica u nagrizanju Si dok se SiO<sub>2</sub> nagriza preko CF<sub>3</sub><sup>+</sup>.



Slika 2: Brzina nagrizanja Si i SiO<sub>2</sub> u CH<sub>4</sub>-H<sub>2</sub> gasu kao funkcija koncentracije H<sub>2</sub>

Anizotropija kod nagrizanja znači da postoji preferentan pravac duž koga se vrši nagrizanje. U mikroelektronici to obično znači da se u odnosu na površinu ploče brže odvija nagrizanje u vertikalnom nego u bočnom pravcu. Za VLSI gde je debljina poluprovodničkog filma reda veličine bočnih dimenzija izotropno nagrizanje kod PN nije odgovarajuće jer može da dodje i do gubitka željene slike (slika 3.).



Slika 3: Šematski prikaz poprečnog preseka profila pri nagrizanju: a) izotropno, b) anizotropno

Anizotropija nagrivanja može da bude visoko usmerena sa zanemarljivim bočnim nagrivanjem kao kod jonskog raspršivanja ili delimično usmereno kao kod RJN. Pokazalo se kod VLSI da je najkorisnija anizotropija RJN koja spada između dva ekstrema dobijena raspršivanjem i PN i koja, što je posebna prednost plazma reaktora može da se kontroliše na načina kako je to opisano.

#### 4. ZAKLJUČEK

RF plazma je našla široku primenu za nagrivanje materijala u složenim, savremenim tehnologijama izrade integriranih kola. Za rešavanje problema kod VLSI RJN danas nema alternativu. Fizički procesi koji se odvijaju u RF plazmi i koji dovode do nagrivanja nisu dovoljno ispitani. U Institutu za fiziku radimo na razvoju eksperimentalnog uređaja sa RF plazmom kojim nameravamo ne samo da vršimo nagrivanje materijala različitim gasovima i smešama gasova već i da odredjemo fizičke veličine za naelektrisane čestice u neravnotežnim uslovima ovog pražnjenja. Kroz poznavanje fundamentalnih procesa mo-

gu se onda planirati parametri pražnjenja i time postići selektivnost i brzinu nagrivanja.

#### LITERATURA

1. R.G. Poulsen, J.Vac.Sci.Techn. 19, 226 (1977).
2. L.E. Kline, IEEE, Trans.Pl.Science, 14, 145 (1986)
3. H.S. Butler and S.S. Kino Phys. Fluids 6, 1346 (1963)
4. J.W. Coburn and H.F. Winters  
J.Vac.Sci. Technol. 16, 391 (1979)
5. L.M. Ephart u ref. 3
6. H.F. Winters, J.W. Coburn and E. Kay, J. Appl. Phys. 48, 4973 (1977)
7. Y. Horiireand and M. Shibagaki, Suppl. Jpn.J.Appl. Phys. 15, 13 (1976).

Adresa autora: B. Jelenković  
S. Radovanov  
Dr Zoran Petrović  
  
Institut za fiziku  
Maksima Gorkog 118  
P.O.Box 57  
11080 ZEMUN

Cenjenim bralcem in avtorjem prispevkov se opravičujemo za neljubo zamudo pri izidu današnje številke »Informacije Midem«, do katere je prišlo iz tehničnih razlogov.

Uredništvo

# MEMBRANSKE TASTATURE

**Ilona Lutz, Vladimir Pantović**

Membranske tastature prvi put su se pojavile krajem sedamdesetih godina na tržištu S.A.D. Nagli rast primena ovih tastatura na račun klasičnih bio je prouzrokovan znatno nižim cenama. U toku sve masovnije primene, i dugotrajnim radom proizvođača postignuta je osim niske cene i visoka pouzdanost membranskih tastatura.

Membranske tastature namenjene su za niskonaponska kola. Nazivaju ih još i dodirnim folijskim tastaturama. Mogu biti izradjeni u vidu sendviča, sastavljen isključivo od folijskih materijala ili kombinacijom folijskih materijala i štampane ploče odnosno drugim kombinacijama. Sastoji se od grafičke folije, gornje i donje kontaktne folije, distanc folije i nosača. Provodna šara odnosno kontaktne površine se formiraju sito štampom pasti plemenitih metala na poliesterskoj, kontaktnoj foliji. Distanc folija je obezbedjena otvorima, i služi za razdvajanje gornje i donje kontaktne folije.

Grafička folija može biti poliesterska ili polikarbonatna, na kojoj su takodje sito štampom otisnute najvažnije informacije sa širokim mogućnostima funkcionalnih, estetskih i ergonomskih zahteva.

Aktiviranje se vrši laganim pritiskom na polje označeno kao taster pri čemu se kroz otvor distanc folije dolazi do spajanja gornje i donje kontaktne površine. Ostvarenje kontakta može biti praćeno svetlosnim ili zvučnim signalom. Po prestanku dejstva pritiska na "taster" kontakti se razdvajaju usled fleksibilnosti poliesterske folije. Kod kvalitetno izradjenih tastatura moguće je ostvariti više miliona električnih kontakta, bez oštećenja membranske tastature.

Danas ove vrste tastature se tretiraju kao ugradni elementi i idu u korak sa savremenom elektronikom. Praktično nalaze široko polje primene u celokupnoj elektronskoj in-

dustriji i ostalim granama tehnike, kao što su:

- merna i regulaciona oprema
- telekomunikacije
- kompjuterska industrija
- mašinogradnja
- precizna instrumentalna oprema
- aparati za domaćinstvo
- birotehnika
- industrija igračaka

Oprema sa membranskim tastaturama nedvosmisleno spadaju u klasu funkcionalno pouzdanih i savremeno dizajniranih uređaja. Svakim danom primena ovih tastatura u našoj zemlji ima sve širu primenu.

Prednosti membranskih tastatura sa aspekta konstrukcije, dizajna, ekonomičnosti i drugih pogodnosti su sledeće:

- ušteda u prostoru
- kompaktna frontalna površina
- vodo otpornost i otpornost na prašinu
- otpornost na razne hemikalije
- higijensko i estetski lako održljiv
- visoka funkcionalna pouzdanost
- dug radni vek
- laka montaža i demontaža
- neograničena sloboda u izboru boja i dizajna
- povoljna cena i u malim serijama.

Najznačajnije karakteristike membranskih tastatura kod različitih proizvođača su:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Napon prekidanja AC/DC    | max od 30 do 50V, min od 1 do 2V  |
| Struja prekidanja AC/DC   | max od 25mA do 100mA  |
| Otpornost kontakata       | od 2 Ohma do 200 Ohma   |
| Radna sila prekidanja     | od 0,3N do 5N   |
| Radni vek sa opterećenjem | od $10^6$ do $5 \cdot 10^6$ ciklusa   |
| Radna temperatura         | min $-40^{\circ}\text{C}$ do $-25^{\circ}\text{C}$ odnosno max od $+85^{\circ}\text{C}$ do $+100^{\circ}\text{C}$ |

|                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Kapacitet tipke                    | ~ 20 pF                              |
| Hod tipke                          | od 0,1 mm do 0,3 mm                  |
| Vreme treperenja                   | od 1 ms do max 10 ms                 |
| Ukupna debljina tastature          | od 0,8 mm do 5 mm                    |
| Izolacioni otpor                   | min $10^9$ Ohma                      |
| Zaštita od EMI i pražnjenje od ESE | primenjuju samo vrhunski proizvođači |

Prema raspoloživim podacima u 1982 godini vrednost proizvodnje membranskih tastatura u Evropi iznosila je samo 7-8 miliona dolara. Do 1985 godine vrednost proizvodnje ovih tastatura se višestruko uvećavala. Procenjuje se da će na ovom tržištu do 1990 godine postići ušteda usled zamene klasičnih tastatura sa membranskim u iznosu od oko 800 - 900 miliona dolara.

EI IR Institut u Beogradu je medju prvim organizacijama u zemlji razvio tehnologiju proizvodnje membranskih tastatura. Paralelno sa razvojem tastatura razvijena je i tehnologija proizvodnje srebrne paste za formiranje proizvodnih površina na sintetičkim folijama. Za proizvodnju tastatura se skoro isključivo koriste domaći materijali.

Razvijena tehnologija je proverena na velikom broju ugrađenih tastatura u različite vrste uređaja. Dobljeni su atesti poznatih svetskih i domaćih korisnika.

Adresa autora: Ilona Lutz, dipl.ing.  
Mr. Vladimir Pantović  
Elektronska industrija  
RO Istraživačko razvojni institut  
Batajnički put 23  
11080 BEOGRAD - Zemun Polje

## DIVERSE CIRCUITS EXPLOIT MATCHING IN QUAD—TRANSISTOR IC

**Art Kapoor, Derek Bowers**

Članek je prispeval za objavu Jugomineral iz Zagreba - zastopstvo ameriške firme Precision Monolithics Inc, Santa Clara v Jugoslaviji z izrecno željo, naj bo tiskan v angleškem jeziku.

You can exploit the close parameter matching of the transistors in a quad-transistor array to realize a variety of circuit applications. The low offset-voltage differentials and tight beta matching make the IC suitable for linear circuits, and the low bulk resistance suits the array to logarithmic applications.

The performance of some specialized transistor-based amplifiers relies heavily on good matching of transistor parameters. The MAT-04, a monolithic quad transistor, provides very close matching for such specialized circuits. A voltage-controlled attenuator, a high-speed instrumentation amplifier, and an ac preamplifier are types of circuits that exploit the array's matching characteristics. In addition to close parameter matching, the transistors in the MAT-04 have low bulk resistance, making them suitable for such logarithmic applications as a vector summer, a squaring circuit, and a square-root circuit.

Voltage-controlled attenuation is an appropriate applica-



tion for a matched-transistor array. For example, the voltage-controlled attenuator (VCA) shown in Fig 1, widely used in professional-audio circles, is difficult to implement using discrete transistors because of distortion induced by mismatched transistor parameters. The close

parameter matching of the transistors in the MAT-04 allows the VCA to provide low-distortion attenuation over a wide range of control voltages. You could use the VCA, for example, as a low-distortion gain control in an audio amplifier.

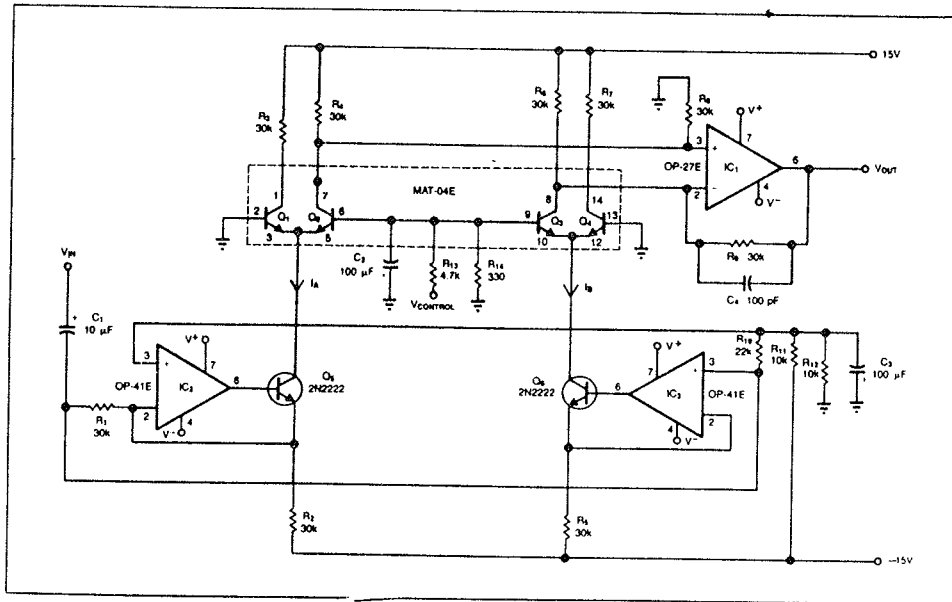


Fig 1: This voltage-controlled attenuator uses a dc voltage to provide distortion-free attenuation over a 60-dB dynamic range. The circuit works by modulating the normally balanced stage currents in a differential transistor pair. The attenuator easily meets high-fidelity standards for distortion, bandwidth, and noise level.

The VCA's design is based on the amplifying characteristics of a differential transistor pair. Fig 2 shows the classic differential pair. When there's no voltage difference between the input terminals ( $V_{IN}=0$ ), the currents in both sides of the differential pair are equal; the differential output voltage is therefore 0V. Small changes in  $V_{IN}$  cause an imbalance in the currents flowing through the two sides of the differential pair, and the imbalance results in an amplified differential output. The total stage current ( $I$ ) of the differential pair is constant regardless of the input voltage. Matching of the transistors in a differential pair is critical, because device mismatches cause dc errors and upset linearity.

In Fig 1's VCA, the input signal modulates the stage current of each differential pair. Op amps IC<sub>2</sub> and IC<sub>3</sub>, in conjunction with transistors Q<sub>5</sub> and Q<sub>6</sub>, form voltage-to-

current converters that transform a single-ended input voltage into differential currents that are the stage currents ( $I_A$  and  $I_B$ ) of each differential pair.

The transfer functions for the voltage-to-current converter are  $I_A = -V_{IN}/R_2$  and  $I_B = V_{IN}/R_5$ . You can use low-cost, unmatched transistors for Q<sub>5</sub> and Q<sub>6</sub>, as they're inside the feedback loops of IC<sub>2</sub> and IC<sub>3</sub>; their beta mismatch has minimal effect on the output offset.

If all the bases of the MAT-04 in Fig 1 are at ground potential, the stage currents of each differential pair split equally between both transistors. The MAT-04's output comes from one side of each differential pair (from the collectors of Q<sub>2</sub> and Q<sub>3</sub>). Unity-gain op amp IC<sub>1</sub> converts this output to a single-ended signal. Assuming the bases of the MAT-04 are at ground potential, the gain of the overall circuit is

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1}{2} \left[ \frac{V_{IN} R_6}{R_5} \right] - \left[ -\frac{1}{2} \frac{V_{IN} R_4}{R_2} \right]$$

$$= V_{IN} \frac{R_2 R_6 + R_4 R_5}{2 R_2 R_5}$$

and, because  $R_2=R_4=R_5=R_6$ ,  $V_{OUT}/V_{IN}=1$ .

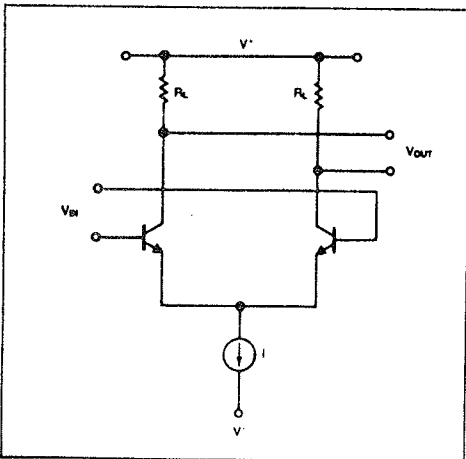


Fig 2: In this classic differential pair, the total stage current (I) splits equally between the two transistors. The voltage-controlled attenuator of Fig 1 does its job by producing an imbalance in the currents in the left and right sides of the pair.

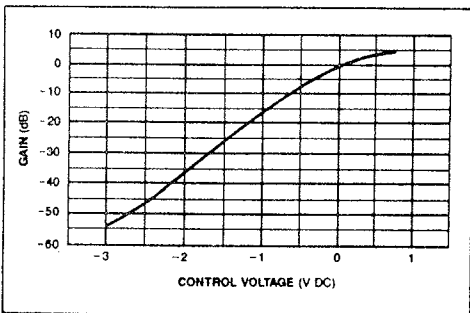


Fig 3: A 1000:1 gain reduction results when you change the control voltage from 1V to -3V in the circuit shown in Fig 1. The circuit's maximum gain of 2 occurs when you apply 1V. The gain drops to about -50 dB when the control voltage is -3V.

When you apply a positive control voltage to the VCA, most of the differential pair's stage currents are diverted to transistors  $Q_2$  and  $Q_3$ , and the net result is an increase in circuit gain. When you apply a negative control voltage, however, most of the pair's stage currents are diverted to transistors  $Q_1$  and  $Q_4$ , and the result is a reduction in the circuit's gain.

The (theoretically) ideal transfer function for the voltage-controlled attenuator is

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{2}{1 + \exp \left\{ \left[ -V_{CONTROL} \times \frac{R_{14}}{R_{13} + R_{14}} \right] + \frac{kT}{q} \right\}}$$

where

$k$  = Boltzmann's constant =  $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

$T$  = temperature in  $^\circ\text{K}$

$q$  = electron charge =  $1.602 \times 10^{-19} \text{ coul.}$

You can see from the transfer function that the maximum gain of the circuit is 2 (or 6 dB). Fig 3 shows the increase in attenuation as the control voltage becomes more negative. The VCA accepts a 3V rms input and easily accommodates the full 20-Hz to 20-kHz audio bandwidth, as shown in Fig 4. Distortion is typically less than 0.03 %, and the noise level is at least 110 dB below the maximum output.

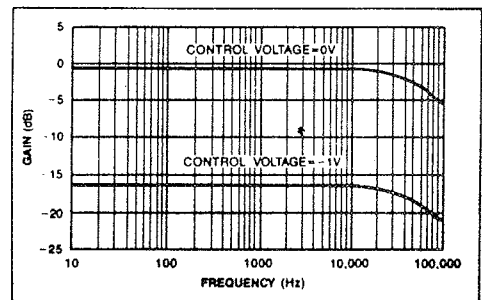


Fig 4: Frequency response is independent of gain in the voltage-controlled attenuator of Fig 1. Moreover, the bandwidth of the attenuator easily meets the standards of high-fidelity systems.

To ensure the best performance, resistors  $R_2$  through  $R_7$  in Fig 2's circuit should be metal-film units that spec a 1% tolerance. Because small amounts of reverse bias can be present on  $C_2$  when the control voltage is positive, you should use a nonpolarized tantalum capacitor for  $C_2$ .

If you need a low-noise, high-speed instrumentation amplifier for use in high-precision transducer and professional-audio applications, consider the circuit shown in Fig. 5. The circuit uses an OP-17 high-speed op amp, preceded by an input amplifier that comprises a MAT-02 matched-transistor pair, a MAT-04 quad-transistor array, and associated circuitry. The configuration of the MAT-04, known as a "linearized cross quad," acts as a voltage-to-current converter that provides feedback to the input stage.

**TABLE 1—  
INSTRUMENTATION-AMPLIFIER SPECS**

| PARAMETER                            | GAIN | PERFORMANCE |
|--------------------------------------|------|-------------|
| INPUT-REFERRED NOISE-VOLTAGE DENSITY | 1000 | 1.2 nV/√Hz  |
|                                      | 100  | 28 nV/√Hz   |
|                                      | 10   | 3.0 nV/√Hz  |
| BANDWIDTH                            | 500  | 400 kHz     |
|                                      | 100  | 1 MHz       |
|                                      | 10   | 1.2 MHz     |
| SLEW RATE                            | 10   | 40V/μSEC    |
| COMMON-MODE REJECTION                | 1000 | 130 dB      |
| DISTORTION<br>20 Hz TO 20 kHz        | 100  | 0.00%       |
| SETTLING TIME                        | 1000 | 10 μSEC     |
| POWER SUPPLY REJECTION               |      |             |

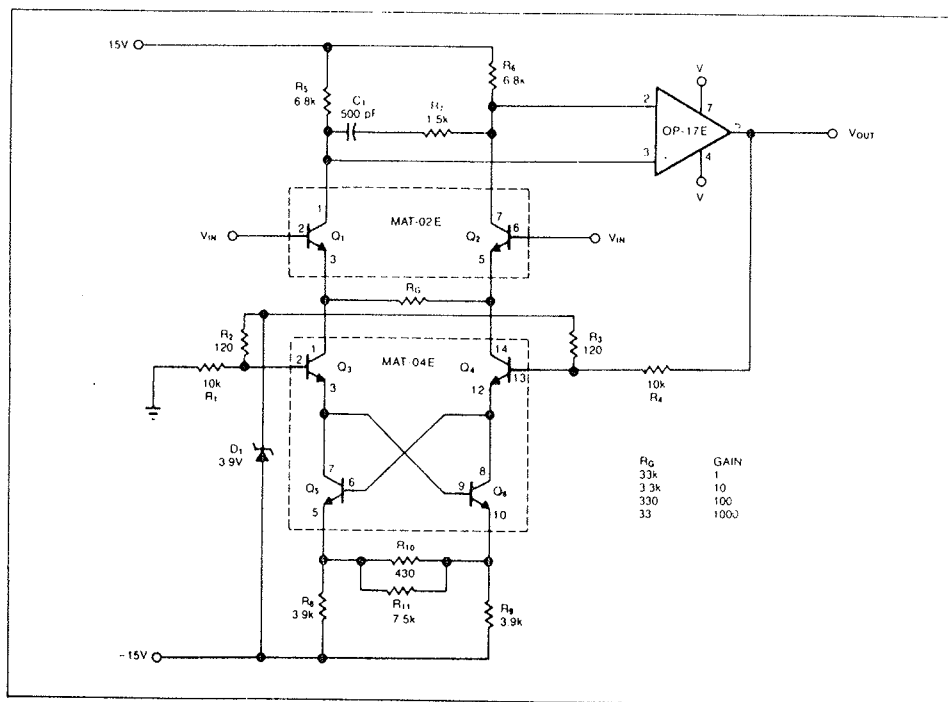


Fig 5: Very low noise and high speed are the hallmarks of this instrumentation amplifier. The circuit uses the MAT-04 quad-transistor array in a linearized cross-quad configuration. The array serves as a voltage-to-current converter that provides feedback to the input stage.

The OP-17 serves as an overall nulling amplifier to complete the feedback loop. Resistor pairs  $R_1$ - $R_2$  and  $R_3$ - $R_4$  form voltage dividers that attenuate the output-voltage swing (attenuation is necessary because the cross-quad arrangement has a limited input range). Zener diode  $D_1$  sets the bias point for the input stage. Because of the zener diode's soft-knee characteristic, the effective zener voltage is about 3.3V at low currents. The 3.3V bias results in a bias current of 530  $\mu$ A per side for the input stage.

The resistors in the instrumentation amplifier are largely responsible for controlling the circuit's gain. For the resistor values shown in Fig 5, the instrumentation amplifier's gain ( $V_{OUT}/V_{IN}$ ) is  $33,000/R_G$ . Table 1 summarizes the performance of the amplifier. Fig 6a shows the input-referred spot noise over a 0- to 25-kHz bandwidth; the noise is flat at a level of approximately  $1.2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ . Fig 6b shows the low-frequency noise spectrum. A notable feature of this spectrum is the low (2-Hz)  $1/f$  noise corner. In applications using low-output, low-impedance transdu-

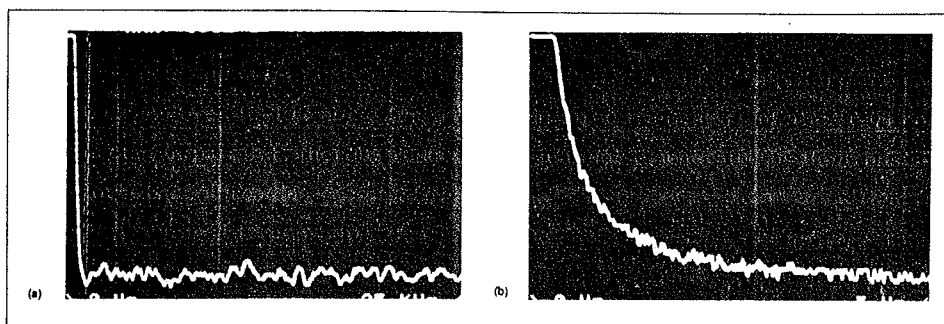


Fig 6: Low noise and a low noise corner grace the instrumentation amplifier of Fig 5. Input-referred spot noise (a) is about  $1.2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ . The noise corner (b) occurs at approximately 2 Hz.

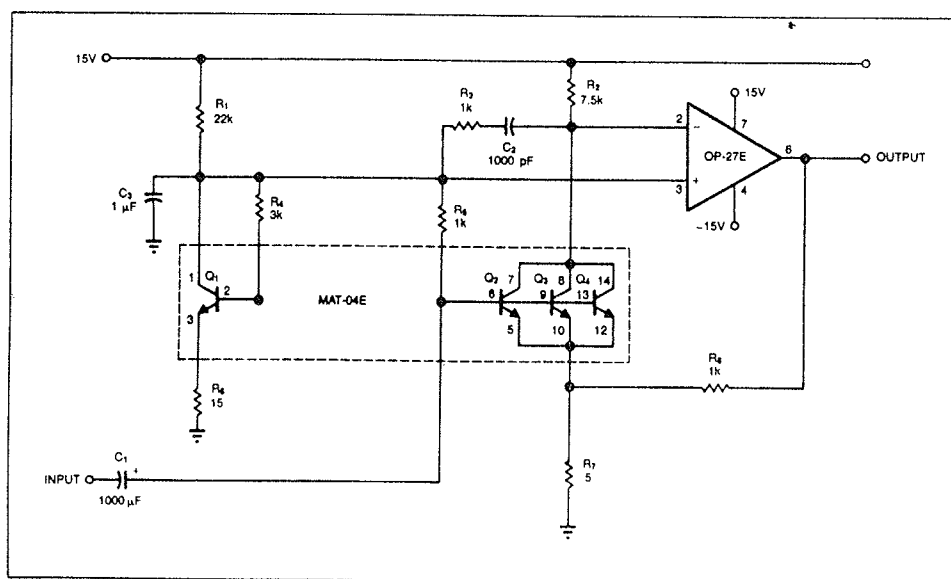


Fig 7: Low-noise ac amplification is the virtue of this ac-coupled amplifier. The circuit achieves its low noise figure by using three transistors of a MAT-04 connected in parallel, thereby reducing thermal noise generated by the transistors' base spreading resistance.

cers (for example, strain gauges), amplifiers must exhibit low voltage noise in order to maintain a good signal-to-noise ratio. It's the low voltage noise of  $1.2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  that makes Fig 5's instrumentation amplifier suitable for use in many low-impedance transducer applications.

In certain applications (for example, audio preamplification), dc-signal coupling is of no importance, but a low noise figure is essential. The ac-coupled preamplifier shown in Fig 7 exhibits an input-referred noise-voltage den-

sity of only  $900 \text{ pV}/\sqrt{\text{Hz}}$  at a gain of 200. The amplifier's low noise results from the use of a single-ended input stage that incorporates three transistors of a MAT-04 connected in parallel. This parallel-device technique lowers the transistors' effective base spreading resistance, thereby reducing thermal noise from this source by a factor of  $\sqrt{3}$ .

Tight matching of the three parallel transistors is a critical requirement. If the matching is poor, one transistor

will steal most of the stage current, effectively removing the other two transistors from the circuit. In such a current-monopolizing situation, the noise reduction normally achieved by connecting the transistors in parallel would be lost. Note, by the way, that the circuit minimizes Schottky (shot) noise by using a relatively high stage current: 2 mA.

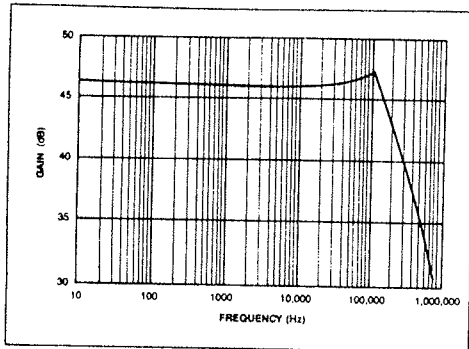


Fig 8: Easily meeting professional-audio requirements, the ac preamplifier of Fig 7 has a bandwidth greater than 100 kHz. This frequency-response plot is valid for the amplifier at a closed-loop gain of 200.

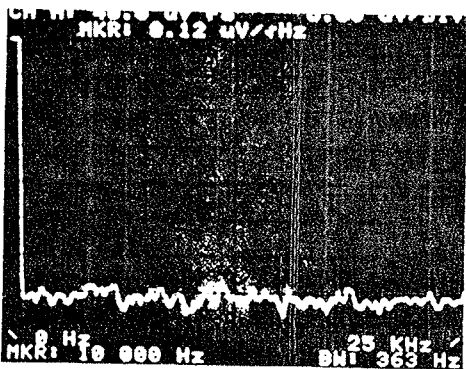


Fig 9: Low noise and a flat noise spectrum are two welcome attributes of the ac preamplifier shown in Fig 7. This photo shows the noise spectrum from 0 to 25 kHz; the noise is approximately 900 pV/√Hz.

The fourth transistor of the MAT-04,  $Q_1$ , serves to bias the input stage. The OP-27 op amp forces the voltage drops across  $R_1$  and  $R_2$  to be equal, and it sets the bias current

at 2 mA. Overall feedback for the preamplifier comes from resistors  $R_7$  and  $R_8$ . The following equation describes the circuit's gain:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R_8 + 5\Omega}{5\Omega}$$

The component values shown in Fig 7 yield a preamplifier with a gain of 200. You might need to change compensation components  $R_3$  and  $C_2$  for other values of gain. The circuit's open-loop gain is greater than 10,000,000. Fig 8 illustrates the large bandwidth of the preamplifier, and Fig 9 shows the broadband noise spectrum (0 to 25 kHz). The spectrum is flat throughout the frequency band, and the noise, as noted, is approximately 900 pV/√Hz. The preamplifier's distortion, with an output of 10V p-p at 10 kHz, is less than 0.035%.

The circuits described thus far have very linear input/output transfer functions. Another application area in which precisely matched transistors are powerful tools is in the generation of nonlinear functions. These applications depend upon the transistor's logarithmic property, which the following equation expresses:

$$V_{BE} = V_T \ln \left[ \frac{I_C}{I_S} \right]$$

where

$$V_T = kT/q$$

$$I_S = \text{saturation current (approximately } 10^{-15} \text{ A)}$$

$$k = \text{Boltzmann's constant} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$$

$$T = \text{temperature in } ^\circ\text{K}$$

$$q = \text{electron charge} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ coul.}$$

Logarithmic circuits are virtually impossible to implement by using unmatched transistors because they require stringent thermal and parameter matching to maintain accuracy (see box, "Quads fill log and linear roles"). Moreover, general-purpose transistors and arrays exhibit poor logarithmic conformity. The result is degraded accuracy in nonlinear circuits.

The circuit shown in Fig 10 is a vector summer that exploits the MAT-04's close logarithmic conformity. The circuit adds and subtracts logarithmically scaled inputs to generate the transfer function

$$V_{OUT} = k \sqrt{V_A^2 + V_B^2}$$

where k is a circuit-dependent scale factor.

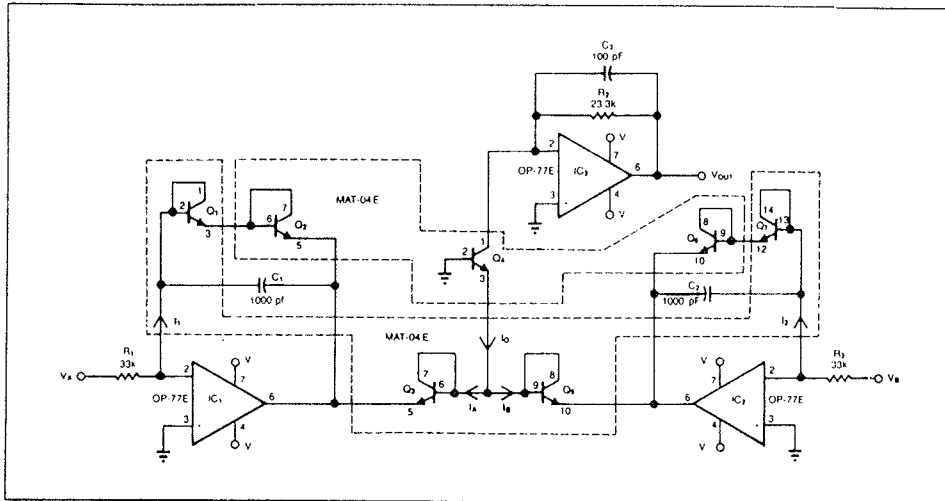


Fig 10: Close conformity to a logarithmic characteristic on the part of the MAT-04's transistors makes this vector summer work. The circuit adds the log-scaled inputs to generate the square root of the sum of the squares of the inputs.

The circuit consists of two log amplifiers, each of which uses two transistors and an op amp. The voltage across transistors  $Q_1$  and  $Q_2$  is equal to the voltage across  $Q_3$  and the base-emitter voltage of  $Q_4$ . The following equation expresses the result of summing the voltages in this loop:

$$V_{T1} \ln \left[ \frac{I_1}{I_{S1}} \right] + V_{T2} \ln \left[ \frac{I_2}{I_{S2}} \right] = V_{T3} \ln \left[ \frac{I_A}{I_{S3}} \right] + V_{T4} \ln \left[ \frac{I_{OUT}}{I_{S4}} \right].$$

Because all the transistors are precisely matched and at the same temperature, the  $I_S$  and  $V_T$  terms cancel:

$$2 \ln I_1 = \ln I_A + \ln I_O = \ln(I_A I_O).$$

Eliminating the log terms on both sides yields the expression  $I_1^2 = I_A I_O$ . A similar analysis for transistors  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$  and  $Q_7$  produces the expression  $I_2^2 = I_B I_O$ . Summing the currents at the emitter of  $Q_4$  gives an output current of  $I_A + I_B$ . If you solve these equations for  $I_A$  and  $I_B$ , you obtain the expression

$$I_O = \frac{I_1^2}{I_O} + \frac{I_2^2}{I_O} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}.$$

Op amp  $IC_3$  forms a current-to-voltage converter that produces an output voltage equal to  $I_O R_2$ , so substituting for  $I_O$ ,  $I_1$ , and  $I_2$  in the above equation leads to

$$V_{OUT} = R_2 \sqrt{\left[ \frac{V_A}{R_1} \right]^2 + \left[ \frac{V_B}{R_3} \right]^2}.$$

In the circuit of Fig 10,  $R_1 = R_3$  and  $R_2 = R_1 / \sqrt{2}$ , so

$$V_{OUT} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{V_A^2 + V_B^2}.$$

Using a value of  $R_1 / \sqrt{2}$  produces a scale factor of  $1 / \sqrt{2}$ ; you can thus apply 10V to both inputs simultaneously without incurring the danger that  $V_{OUT}$  will exceed the output range of op amp  $IC_3$ . The built-in protection diodes in the MAT-04 allow you to apply negative input voltages without damaging the MAT-04. Under this condition, the output voltage is 0V.

You should mount the two MAT-04 arrays close to each other in the circuit. The close mounting reduces errors that could arise through temperature differences between the two matched quad transistors. Partitioning the two MAT-04 units as shown in Fig 10 minimizes errors attributable to inherent mismatches and temperature differences between the two matched quad transistors. The accuracy of the vector summer is better than 0.5% over the input range of 10 mV to 10V.

You can exploit the MAT-04's logarithmic conformity in other nonlinear circuits. Consider, for example, the squ-

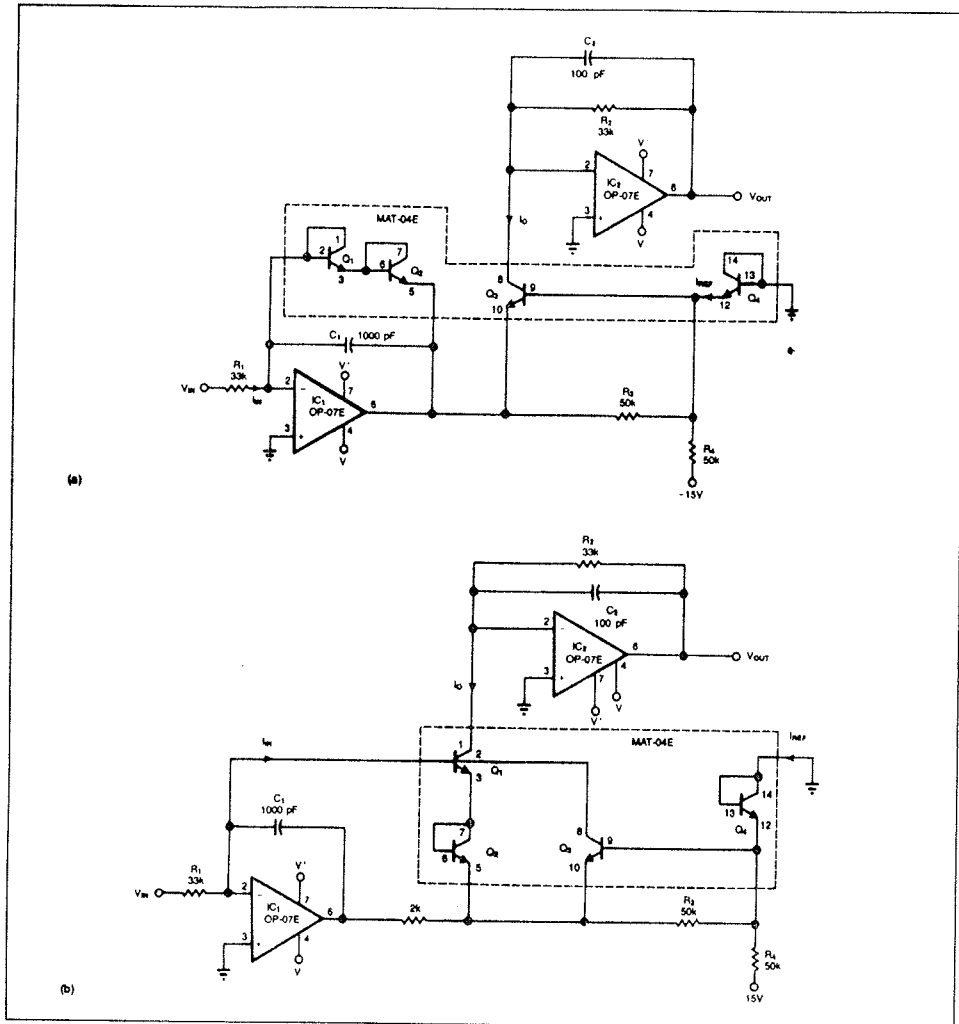


Fig 11: You can generate accurate squares and square roots with these nonlinear circuits. The squaring circuit (a) specs 0.5% max accuracy for inputs of 100 mV to 10V. The square-root circuit (b) offers 0.1% accuracy for the same input range.

aring and square-root circuits in Figs 11a and 11b, respectively. These circuits work in a fashion similar to the mode of operation of the vector summer. For example, summing the voltage loop for the squaring circuit across transistors  $Q_1, Q_2, Q_3,$  and  $Q_4$  yields

$$V_T \ln \left[ \frac{I_{IN}}{I_{S1}} \right] + V_T \ln \left[ \frac{I_{IN}}{I_{S2}} \right] = V_T \ln \left[ \frac{I_O}{I_{S3}} \right] + V_T \ln \left[ \frac{I_{REF}}{I_{S4}} \right]$$

Once again, all the transistors are precisely matched and at the same temperature, so the  $I_S$  and  $V_T$  terms cancel, giving

$$2 \ln I_{IN} = \ln I_O + \ln I_{REF} = \ln(I_O I_{REF})$$

This equation simplifies to  $I_O = I_{IN}^2 / I_{REF}$ . Op amp  $IC_2$  forms a current-to-voltage converter that produces an output voltage equal to  $R_2 I_{OUT}$ . Substituting  $V_{IN} / R_1$  for  $I_{IN}$  in the above equation yields

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{I_{REF}} \left[ \frac{V_{IN}}{R_1} \right]^2$$

A similar analysis for the square-root circuit yields its transfer function

$$V_{OUT} = R_2 \sqrt{\frac{V_{IN} I_{REF}}{R_1}}$$

In the two circuits of Fig 11,  $I_{REF}$  is a function of the negative power supply. To maintain accuracy, be sure the negative supply is well stabilized. For applications requiring very high accuracy, you can use a voltage reference to set  $I_{REF}$ . An important consideration to keep in mind for the squaring circuit is the fact that a sufficiently large input voltage can force the output to a level higher than

the operating range of the output op amp.

You can adjust  $R_4$  to scale  $I_{REF}$ , and you can trim  $R_1$  and  $R_2$  to keep the output voltage within the usable range. The accuracy of the square-root circuit after calibration is better than 0.1 % over the input-voltage range of 100 mV to 10V. For the same input range, the accuracy of the squaring circuit after calibration is better than 0.5 %.

#### QUADS FILL LOG AND LINEAR ROLES

Designers of discrete circuits repeatedly run into the problem of component mismatches that compromise circuit performance. It's easy to reduce passive-component mismatching by using components with tighter tolerances, but active components present a more difficult problem. For example, discrete-transistor mismatching of beta and  $V_{BE(ON)}$  can be poor even within the same transistor families.

Monolithic transistor arrays make an attempt at matching, but these arrays were traditionally designed to save board space rather than provide accurate parameter matching. The MAT-04 quad-transistor array (Fig A) follows in the footsteps of the MAT-01 and -02 matched dual transistors, and it provides very close parameter matching for applications requiring more than two transistors.

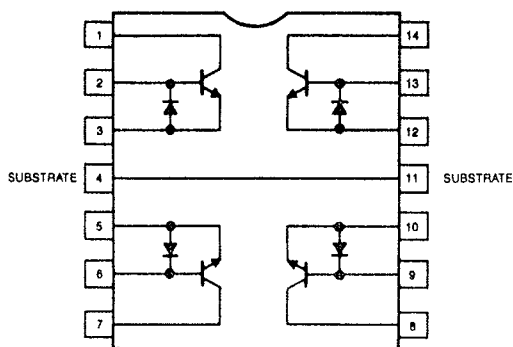


Fig A: Close parameter matching and low bulk resistance are the benefits offered by the MAT-04 quad-transistor array. Offset-voltage and beta matching are within 200  $\mu$ V and 2%, respectively; the bulk resistance is 0.4  $\Omega$ .

The MAT-04's layout and process techniques ensure that the offset voltage between any two transistors in the device does not exceed 200  $\mu$ V, and beta mismatch does not exceed 2% - valuable attributes for linear-circuit design.

In addition, the transistors are designed for high beta (400 min), 40V min break-down, and 0.4  $\Omega$  bulk resistance. Note that diodes protect the base-emitter junctions against reverse-voltage zener break-down, thereby preventing degradation of beta and matching characteristics.

The substrate pins ( $V^-$ ) are internally connected; you should connect one of these pins to the system's negative rail. You must limit current between the two  $V^-$  pins to 30 mA. In many applications, you can leave the substrate pins unconnected without causing any problems in the circuit.

The accuracy of nonlinear circuits depends on the logarithmic conformity of the transistors in the circuits. Extrinsic resistances and the Early effect produce deviations from the ideal logarithmic transistor relationship. (The Early effect is the dependence of the emitter's characteristics on  $V_{CB}$  due to the variation in the collector depletion width with respect to  $V_{CB}$ .) For small values of  $V_{CB}$ , you can combine these two effects to form an effective bulk resistance ( $r_{BE}$ ). The transistor's logarithmic relationship

$$V_{BE} = V_T \ln \left[ \frac{I_C}{I_S} \right]$$

changes to

$$V_{BE} = V_T \ln \left[ \frac{I_C}{I_S} \right] + I_C r_{BE}$$

An obvious way to reduce  $r_{BE}$ -induced error in nonlinear circuits is to reduce the maximum collector currents. If you do so, however, the op amp's offsets and leakage currents will become a limiting factor at low input levels.

Another way to avoid  $r_{BE}$ -induced errors is to use transistors that are specifically designed for low  $r_{BE}$ . The MAT-04's  $r_{BE}$  is 0.4  $\Omega$ , a value that virtually eliminates  $r_{BE}$ -induced error in nonlinear circuits.



# PREGLED DOMAĆIH SIROVINA ZA DIELEKTRIČNU I MAGNETNU KERAMIKU

Varužan Kevorkijan, Milan Slokan, Drago Kolar

## UVOD

Na Institutu Jožef Stefan (Odsek za keramiku) u okviru projekta: "Domaće oziroma ceneješe sirovine za elektronsko industriju" finansiranog od strane Raziskovalne skupnosti Slovenije prikupili smo niz podataka o mogućnostima dobijanja  $\text{BaTiO}_3$  (za industriju keramičkih kondenzatora),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (za industriju ferita) i polikristalnog silicija (za industriju poluprovodnika) iz domaćih sirovina. U ovom prilogu obradujemo problematiku vezanu za razvoj domaćeg  $\text{BaTiO}_3$  (iz  $\text{TiO}_2$  i  $\text{BaCO}_3$ ) i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dok ćemo pitanje polikristalnog silicija detaljno razmatrati u jednom od sledećih brojeva.

Mogućnosti razvoja domaćih sirovina za proizvodnju  $\text{BaTiO}_3$

$\text{BaTiO}_3$  je materijal koji nalazi široku primenu u elektronskoj industriji. Između ostalog, glavna je sirovina za proizvodnju keramičkih kondenzatora, nelinearnih (PTC) otpornika, piezokeramike itd.

$\text{BaTiO}_3$  "electronic grade" najčešće se dobija kalcinacijom smeše  $\text{BaCO}_3$  i  $\text{TiO}_2$  što znači da je za substituciju njegovog uvoza neophodno razviti domaće izvore ovih sirovina.

Najveći potrošači  $\text{BaTiO}_3$  u našoj zemlji (po podacima iz 1984 godine) su Ei VF keramika (oko 40 - 50 tona godišnje) i Iskra Žužemberk - Tovarna keramičnih kondenzatorjev (koja u narednim godinama planira potrošnju i do 80 tona godišnje). Ei VF Keramika jedina u zemlji, za sada, proizvodi  $\text{BaTiO}_3$  "electronic grade" (kalcinacijom smeše  $\text{BaCO}_3$  i  $\text{TiO}_2$ ) međutim ova je proizvodnja namenjena isključivo potrebama Ei.

Iskra Elementi Žužemberk kupuje izradjenu masu za proizvodnju keramičkih kondenzatora. Međutim i oni plani-

raju u bližoj budućnosti sopstvenu proizvodnju  $\text{BaTiO}_3$ . Saznali smo, da izvesni planovi o proizvodnji  $\text{BaTiO}_3$  postoje i u Zorki Šabac.

Tabela 1: Hemiski sastav i fizičke karakteristike AC-1 i RC-8 na osnovu podataka kontrole kvaliteta u Cinkarni Celje

|   | AC - 1              | RC - 8              |
|---|---------------------|---------------------|
| $\text{TiO}_2$ % (min.)                   | 98                  | 98                  |
| $\text{Sb}_2\text{O}_3$                   | od 200 do 350 ppm   | od 200 do 350 ppm   |
| $\text{SiO}_2$                            | 250 ppm             | 500 ppm             |
| Sn  | 250 ppm             | 250 ppm             |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                   | -                   | 2000 - 20 % ppm     |
| $\text{P}_2\text{O}_5$                    | $3000 \pm 20$ % ppm | $3000 \pm 20$ % ppm |
| $\text{K}_2\text{O}$                      | $3000 \pm 20$ % ppm | $3000 \pm 20$ % ppm |
| Fe  | 30 do 50 ppm        | 30 do 50 ppm        |
| ZnO                                       | -                   | 10 ppm              |
| $\text{Nb}_2\text{O}_3$                   | -                   | 2900 ppm            |
| $\text{ZrO}_2$                            | 300 ppm             | 1200 ppm            |
| CaO                                       | 400 ppm             | 250 ppm             |
| $\text{V}_2\text{O}_5$                    | 10 ppm              | 3 ppm               |
| $\text{Cr}_2\text{O}_3$                   | -                   | 1 ppm               |
| $\text{SO}_3$                             | 1500 ppm            | 1500 ppm            |
| veličina šestica                          | 0.3 $\mu\text{m}$   | 0.3 $\mu\text{m}$   |
| ostatak na situ<br>63 $\mu\text{m}$ (max) | 0.01                | 0.01                |
| pH  | 8                   | 8                   |
| gustina                                   | $3.8^g/\text{cm}^3$ | $4.2^g/\text{cm}^3$ |

$\text{TiO}_2$ , koji je pored  $\text{BaCO}_3$  osnovna sirovina za dobijanje  $\text{BaTiO}_3$ , u našoj zemlji proizvodi Cinkarna Celje. Međutim, Cinkarna Celje proizvodi pigmentni  $\text{TiO}_2$ . Za upotrebu u elektronskoj industriji, zbog visoke koncentracije  $\text{TiO}_2$  zanimljivi su jedino AC-1 i RC-8. Godišnja proizvodnja  $\text{TiO}_2$  u Cinkarni Celje je oko 22 000 tona, od čega većinu izvoze.

Tabela 1 prikazuje kemijski sastav i fizičke karakteristike AC - 1 i RC - 8 (na osnovu podataka kontrole kvaliteta u CC) dok je u Tabeli 2 data spektralna analiza istih uzoraka u VEB Elektronik Gera.

Tabela 2: Analiza uzoraka AC-1 i RC-8 izvršena u VEB Elektronik Gera

|                                    | <u>Sadržaj u ppm</u>         |                              |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                    | AC - 1                       | RC - 8                       |
| CaO                                | 90                           | 940                          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 1000                         | 1000                         |
| SiO <sub>2</sub>                   | 120                          | 370                          |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 165                          | 230                          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 10                           | 10                           |
| MgO                                | 45                           | 120                          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 3000                         | 3000                         |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | 2100                         | 1500                         |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 100                          | 100                          |
| CuO                                | 30                           | 30                           |
| Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>     | 30                           | 30                           |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 100                          | 100                          |
| spec. površina (m <sup>2</sup> /g) | 12.9 ± 0.2                   | 6.2 ± 0.2                    |
| d 50 % (μm)                        | 0.44                         | 0.38                         |
| gustina (g/cm <sup>3</sup> )       | 3.89                         | nema podatka                 |
| modifikacija                       | 07.5 % anatas<br>2.5 % rutil | 3.5 % anatas<br>96.5 % rutil |

Osnovna razlika između AC-1 i RC-8 je u kristalnoj modifikaciji i u sadržaju Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Oba kvaliteta TiO<sub>2</sub> sadrže 200 - 350 ppm Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> koji je u principu, štetan za dielektričnu keramiku jer prouzrokuje poluprovodničke osobine BaTiO<sub>3</sub>. Povoljna je okolnost međutim da Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> koji se također dodaje pigmentnom TiO<sub>2</sub> maskira poluprovodnička svojstva izazvana prisustvom Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> što omogućava da se Celjski TiO<sub>2</sub> koristi kao sirovina za elektronsku keramiku. Svakako bi bilo bolje, sa stanovišta primene u elektronskim materijalima, kada bi se u Cinkarni u budućnosti razvio postupak za dobijanje manjih količina TiO<sub>2</sub> (do 100 tona godišnje) koji ne bi sadržao Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Oba kvaliteta Celjskog TiO<sub>2</sub> (AC-1 i RC-8) se već par godina uspešno koriste kao sirovina za dobijanje BaTiO<sub>3</sub> u fabrici Ei VF Keramika.

Naša istraživanja, sprovedena u laboratorijskim razmerama, također su potvrdila da se AC-1 i RC-8 mogu upotrebljavati kao domaće sirovine za proizvodnju kondenzatorske keramike, s tim da je RC-8 sa nešto boljim osobinama.

BaCO<sub>3</sub>, druga važna sirovina za dobijanje BaTiO<sub>3</sub>, se u Jugoslaviji trenutno ne proizvodi.

Do 1965 godine je u Zorki Šabac dobijan BaCO<sub>3</sub> sledećeg sastava:

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| BaCO <sub>3</sub> | 89.2 - 93.7 % |
| BaSO <sub>4</sub> | 1.4 - 6.0 %   |
| ostale komponente | 0.26 - 1.06 % |

ali su tu proizvodnju iz ekonomskih razloga napustili. U vezi sa ovim treba napomenuti da je pre dvadesetak godina na Kemijskom institutu Boris Kidrič u Ljubljani bio po narudžbi Iskre razvijen postupak prečišćavanja tehničkog BaCO<sub>3</sub>, za primenu u industriji Keramičkih kondenzatora. Kao polazna sirovina korišćen je BaCO<sub>3</sub> iz Zorke Šabac, kojeg su najpre rastapali u HCl a zatim obarali sa NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> i prali vodom. Šarža je iznosila 50 kg.

Kasnije je bio postupak prenešen u Lek Mengeš, uz povećanje proizvodnje na 20 tona godišnje. Umesto Zorkinog BaCO<sub>3</sub> (kojeg su morali prethodno rastapati u HCl), u Leku su se odlučili za kupovinu luga BaCl<sub>2</sub> iz Bugarske, i pomoću NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> obarali BaCO<sub>3</sub>. U vreme zamrzavanja cena Lek je obustavio ovu proizvodnju. Ni Zorka ni Lek kasnije nisu obnavljali proizvodnju BaCO<sub>3</sub> tako da ovu važnu hemikaliju danas u Jugoslaviji niko ne proizvodi. U Zorki Šabac OUR Tehničke soli postoje sve tehnološke mogućnosti za obnavljanje proizvodnog procesa obaranja BaCO<sub>3</sub> pomoću NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> iz uvoznog BaCl<sub>2</sub> (ČSSR) ali sama Zorka u ovom trenutku nije za to ekonomski zainteresovana.

S druge strane, u Cinkarni Celje gde već proizvode BaS (iz domaćeg BaSO<sub>4</sub>) kao sirovinu za litopon, imaju u svom srednjoročnom planu osvajanje proizvodnje BaCO<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub> i Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, u količinama koje bi zadovoljile domaće tržište. Polazna sirovina za dobijanje BaCO<sub>3</sub> i drugih barijevih soli bio bi zasićen vodeni rastvor BaS kojeg u Cinkarni dobijaju redukcijom barita pomoću koksa i upotrebljavaju ga za proizvodnju litopona.

Baritnu rudu dobijaju iz rudnika Uroševu (BiH). Ruda ima oko 90 - 92 %  $BaSO_4$  i 3 - 4 %  $SiO_2$ . U Cinkarni planiraju da će do 1987 godine otvoriti nov pogon za proizvodnju  $BaS$  rastopine. Pri tom bi 70 % od ukupno proizvedene rastopine upotrebljavali za dobijanje litopana, a 30 % kao sirovinu za dobijanje barijevih soli. Dogovoreno je da razvoj pilotskog postrojenja za dobijanje  $BaCO_3$  preuzme Odsek za kemiju fluora na Institutu Jožef Stefan.

Istovremeno sa postavljanjem pogona za proizvodnju tehničkog  $BaCO_3$  (kapaciteta 5000 tona godišnje) u Cinkarni su predvideli i postavljanje manje proizvodne linije (do 100 tona godišnje) za  $BaCO_3$  "electronic grade".

Ovaj bi se dobijao iz zasićene vodene rastopine  $BaS$  obaranjem sa  $CO_2$ .

Potrebe Jugoslovenskog tržišta za  $BaCO_3$  (tehnički i "electronic grade") ilustrovane su u Tabeli 3.

Tabela 3: Pregled najvećih uvoznika  $BaCO_3$  u Jugoslaviji (za 1984. godinu)

| uvoznik                     | uvoženo iz     | količina (t) |
|-----------------------------|----------------|--------------|
| 1. Tov. kemič.izd. Hrastnik | ČSSR, Italija  | 680          |
| 2. Polikem - Ljubljana      | DDR, ČSSR      | 740          |
| 3. Kemikalija - Zagreb      | ČSSR           | 580          |
| 4. Gorica - Dugo Selo       | DDR            | 250          |
| 5. Gramat - Zagreb          | DDR            | 250          |
| 6. Frita                    | Italija        | 235          |
| 7. Jugometal                | Italija        | 235          |
| 8. Boris Kidrič - Pula      | GDR, Italija   | 181,9        |
| 9. Steklarna - Hrastnik     | Italija        | 121,9        |
| 10. GIO - Pula              | GDR            | 104          |
| 11. Zorka - Šabac           | ČSSR           | 100          |
| 12. Progres                 | ČSSR           | 100          |
| 13. Commerce - Ljubljana    | Italija        | 100          |
| 14. Iskra                   | Italija        | 99,5         |
| 15. Tehnometal - Vardar     | Italija, Japan | 70,8         |
| 16. EI                      | Italija, Japan | 30,8         |
| 17. TV elektronika - Niš    | Italija        | 20           |
| OSTALI                      |                | 465,6        |
| UKUPNO                      |                | 4364,5       |

Za sada je na domaćem tržištu  $BaCO_3$  moguće kupiti jedi-

no kao p.a. kemikaliju. U Zorkinoj fabrici p.a. kemikalija proizvode godišnje oko 500 - 1000 kg  $BaCO_3$  (koristeći kao polarnu sirovinu  $BaCl_2$  kojeg uvoze iz ČSSR). Hemijski sastav Zorkinog  $BaCO_3$  p.a. naveden je u Tabeli 4.

Tabela 4: Hemijski sastav  $BaCO_3$  p.a. iz Zorke Šabac

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| % $BaCO_3$ (min.)             | 99     |
| % hlorida (max)               | 0.002  |
| % sulfata                     | 0.0005 |
| % ukupni azot (max.)          | 0.002  |
| % teških metala (max)         | 0.001  |
| % Fe (max.)                   | 0.001  |
| % Ca (max.)                   | 0.003  |
| % Sr (max.)                   | 0.7    |
| % $Ba(OH)_2$ (max.)           | 0.15   |
| % $H_2SO_4$ (max.)            | 0.1    |
| % nerast. ostatak u razr. HCl | 0.01   |

U Zorki Šabac smo saznali da su maksimalni kapaciteti proizvodne linije za  $BaCO_3$  (p.a.) 7 - 12 tona godišnje što ne zadovoljava domaće tržište  $BaCO_3$  kvaliteta "electronic grade", Tabela 5.

Tabela 5: Godišnja potrošnja  $BaCO_3$  u domaćoj industriji keramičkih kondenzatora i ferita (iz 1984. godine)

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Ei VF Keramika  | oko 20 - 30 tona |
| Ei Feriti Zemun | oko 30 tona      |
| Iskra Feriti    | oko 30 tona      |

#### Zaključak

Sakupljeni podaci i dosadašnja preliminarna istraživanja koja smo sprovedeli na Institutu Jožef Stefan pokazuju da u našoj zemlji postoje svi svi tehnički preduslovi za proizvodnju domaćeg  $BaTiO_3$  "electronic grade". Iako pigmentni  $TiO_2$ , kojeg proizvodi Cinkarna Celje (tip AC-1 i RC-8), nije "electronic grade" kvaliteta, po svemu sudeći može se uspešno koristiti u industriji keramičkih kondenzatora kao zamena za uvozni (na pr. Muratin) o čemu već postoje izvesna pozitivna iskustva u fabrici Ei VF Keramika u Gevgeliji. Tamo već par godina umesto  $TiO_2$  poznate japanske firme za proizvodnju kondenzatora Murata (od koje su inače kupili licencu) koriste  $TiO_2$  (AC-1 i RC-8) iz Cinkarne Celje.

Osnovni problem kod Celjskog  $\text{TiO}_2$  je relativno visoka koncentracija (od 200 do 350 ppm)  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  što može da ima za posledicu pojavu poluprovodljivosti u sintetiziranom  $\text{BaTiO}_3$ . Dodatak  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (kojeg inače ima u Celjskom  $\text{TiO}_2$ ) izgleda da maskira ova poluprovodnička svojstva što navodi na misao da bi se detaljnijim ispitivanjem poluprovodljivost Celjskog  $\text{TiO}_2$  mogla da srede na minimum.

$\text{BaCO}_3$ , drugu komponentu neophodnu za sintezu  $\text{BaTiO}_3$  u Jugoslaviji trenutno niko ne proizvodi. Uvoz je u 1984. godini iznosio oko 5000 tona (1 milion US\$, po tadašnjoj ceni).

Na domaćem tržištu je na raspolaganju samo ograničena količina (500 - 1000 kg godišnje)  $\text{BaCO}_3$ , p.a. kojeg (iz uvoznog)  $\text{BaCl}_2$  proizvodi Zorka Šabac.

Istovremeno, u Cinkarni Celje imaju planove o izgradnji fabrike za proizvodnju  $\text{BaCO}_3$  tehničke i "electronic grade" kvalitete.

$\text{BaCO}_3$ , p.a. Zorke Šabac ispitan je u fabrici Ei VF Keramika u redovnoj proizvodnji i dao je zadovoljavajuće rezultate.

Ispitivanja na Institutu Jožef Stefan su takodje pokazala da se iz Celjskog  $\text{TiO}_2$  i Zorkinog  $\text{BaCO}_3$  p.a. može proizvesti  $\text{BaTiO}_3$  koji odgovara zahtevima proizvođača keramičkih kondenzatora.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  za sintezu magnetne keramike

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  je osnovna sirovina u industriji ferita koju je domaća industrija na žalost primorana u velikoj meri da uvozi. Mada u Jugoslaviji postoji nekoliko velikih proizvođača  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , njegov kvalitet samo delimično odgovara zahtevima industrije ferita, Tabela 6.

Tabela 6: Zahtevi u pogledu kvaliteta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  u industriji ferita

| Iskra - IEZE Feriti |            |                         |             |
|---------------------|------------|-------------------------|-------------|
| Tvrdi feriti        |            | Meki feriti             |             |
| $\text{SiO}_2$      | max. 0.7 % | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | min. 98.7 % |
| Hlor                | max. 0.2 % | $\text{SiO}_2$          | max. 0.06 % |
|                     |            | $\text{Na}_2\text{O}$   | max. 0.01 % |
|                     |            | $\text{CaO}$            | max. 0.07 % |
|                     |            | $\text{MgO}$            | max. 0.04 % |
|                     |            | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | max. 0.03 % |
|                     |            | $\text{CuO}$            | max. 0.02 % |
|                     |            | $\text{MnO}$            | max. 0.40 % |
|                     |            | $\text{SO}_3$           | max. 0.10 % |
|                     |            | Hlor                    | max. 0.20 % |

Ei - Feriti Zemun

|  |     | Tvrdi feriti            | Meki feriti             |
|--|-----|-------------------------|-------------------------|
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$                            | (%) | 99.0                    | 99.0                    |
| $\text{SiO}_2$                                     | (%) | 0.3                     | 0.04                    |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                            | (%) | 0.09                    | 0.08                    |
| $\text{CaO}$                                       | (%) | 0.10                    | 0.04                    |
| $\text{MgO}$                                       | (%) | 0.03                    | 0.03                    |
| $\text{MnO}$                                       | (%) | 0.30                    | 0.06                    |
| $\text{CuO}$                                       | (%) | 0.04                    | 0.04                    |
| $\text{SO}_3$                                      | (%) | 0.25                    | 0.25                    |
| $\text{Cr}_2\text{O}_3$                            | (%) | 0.03                    | 0.03                    |
| $\text{Na}_2\text{O}$                              | (%) | 0.04                    | 0.04                    |
| $\text{K}_2\text{O}$                               | (%) | 0.02                    | 0.02                    |
| Cl   | (%) | 0.10                    | 0.10                    |
| vlaga  | (%) | 0.3                     | 0.3                     |
| gubitak žarenjem ( $1000^\circ\text{C}$ )          |     | 0.7                     | 0.7                     |
| nasipna gustina ( $\text{g/cm}^3$ )                |     | 0.5                     | 0.8-1.0                 |
| srednja veličina primarne čestice po Fisherju (um) |     | 1.0                     | 0.5                     |
| Spec. površina, BET ( $\text{m}^2/\text{g}$ )      |     | 3.0                     | 4.5                     |
| oblik čestice                                      |     | kubni                   | kubni                   |
| fazni sastav                                       |     | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ |
| skupljanje <sup>x</sup> (%)                        |     | 20                      | 20                      |

<sup>x</sup> Odredjeno sinterovanjem ispresovanog diska  $\varnothing$  26 mm, spec. pritiskom  $10^5$  KPa pri  $1000^\circ\text{C}$ .

Godišnja potrošnja  $Fe_2O_3$  u domaćoj industriji ferita iznosi (iz 1984 godine)

|              | meki feriti    | tvrdi feriti |
|--------------|----------------|--------------|
| Ei feriti    | 100 - 150 tona | 300 tona     |
| Iskra feriti | 200 - 250 tona | 300 tona     |

Trenutno se najveća količina sirovine za meke ferite uvozi. Jedan od najvećih proizvođača sintetičkog  $Fe_2O_3$  za meke ferite na zapadu je Bayer, koji oksid železa dobija precipitacijom iz njegovih soli i prodaje ga po ceni 3.0 DM/kg (podatak iz 1984 godine). S druge strane, Ruthner-ov  $Fe_2O_3$ , primenljiv za obe vrste ferita je jeftiniji i njegova se cena kreće od 0.4 do 0.5 DM/kg.

U Jugoslaviji postoje tri velika proizvođača  $Fe_2O_3$ , koji se može koristiti u elektronskoj industriji. To su: Železara Jesenice i Valjaonice hladno valjane trake (VHVT) Unis Banja Luka, koje koriste Ruthner-ov postupak i Metalurški kombinat Smederevo (MKS) koji upotrebljava postupak po Lurgiju.

Od domaćih proizvođača  $Fe_2O_3$  samo Železara Jesenice i VHVT Unis Banja Luka proizvode prah koji se može primeniti u industriji ferita. U Železari Smederevo kao rezultat proizvodnog procesa pri regeneraciji HCl nastaju pelete  $Fe_2O_3$ , koje je najpre neophodno mlevenjem pretvoriti u mikronski prah. S obzirom da su pelete  $Fe_2O_3$  veoma tvrde, mlevenje povećava cenu ovako dobijenog praha. Istovremeno se pri tom u  $Fe_2O_3$  mogu da unesu i razne štetne primese.

Karakteristike  $Fe_2O_3$  iz Železare Jesenice i VHVT Unis Banja Luka

$Fe_2O_3$  iz Železare Jesenice moguće je upotrebljavati isključivo u recepturama za tvrde ferite, dok je  $Fe_2O_3$  iz VHVT Unis Banja Luka delimično upotrebljiv i u recepturama za meke ferite, uz uslov da je bez hlora.

Oksid iz Jesenica ima promenljiv sastav i najčešće nedovoljeno visok sadržaj  $SiO_2$ , dok banjalučki  $Fe_2O_3$  obično ima previše hlora. Promene u sastavu jeseničkog  $Fe_2O_3$  su posledica proizvodne orijentacije, koja obuhvata različite vrste čelika, što naravno dovodi do svakodnevne promene sastava luga, dok je visok sadržaj hlora u banjaluč-

kom  $Fe_2O_3$  u glavnom posledica slabog održavanja opreme i slabe kontrole procesa, što bi se dalo poboljšati bez velikih investicija.

U Tabeli 7 i 8 je prikazano variranje hemijskih i fizičkih osobina  $Fe_2O_3$  iz VHVT Unis Banja Luka i Železare Jesenice.

Tabela 7: Variranje hemijskih i fizičkih osobina  $Fe_2O_3$  iz VHVT Unis Banja Luka (na osnovu kontrole kvaliteta u Iskra Feriti).

|                           |     | srednja vrednost | oscilira u granicama |
|---------------------------|-----|------------------|----------------------|
| $Fe_2O_3$                 | (%) | 98.2             | od 97.00 do 98.83    |
| $MnO_2$                   | (%) | 0.65             | od 0.95 do 0.87      |
| $SiO_2$                   | (%) | 0.06             | od 0.00 do 0.22      |
| vlaga                     | (%) | 0.49             | od 0.11 do 1.28      |
| ost. po žarenju (%)       |     | 0.43             | od 0.09 do 1.08      |
| hlor                      | (%) | 0.46             | od 0.18 do 0.97      |
| d (po Fisheru) ( $\mu$ m) |     | 1.25             | od 0.90 do 1.44      |
| nasip. vol. (ml/100 g)    |     | 219/161          |                      |

Tabela 8: Variranje hemijskih i fizičkih osobina  $Fe_2O_3$  iz Železare Jesenice (na osnovu kontrole kvaliteta u Iskra Feriti)

|                           |     | srednja vrednost | oscilira u granicama |
|---------------------------|-----|------------------|----------------------|
| $Fe_2O_3$                 | (%) | 97.3             | od 93.3 do 98.3      |
| $MnO$                     | (%) | 0.74             | od 0.63 do 0.86      |
| $SiO_2$                   | (%) | 0.75             | od 0.4 do 1.07       |
| vlaga                     | (%) | 0.38             | od 0.09 do 1.18      |
| ost. po žarenju (%)       |     | 0.36             | od 0.11 do 1.25      |
| hlor                      | (%) | 0.31             | od 0.13 do 0.57      |
| d (po Fisheru) ( $\mu$ m) |     | 0.9              | od 0.68 do 1.21      |
| nasip. vol. (ml/100 g)    |     | 170/132          |                      |

Ocena primenljivosti peleta  $Fe_2O_3$  iz Metalurškog kombinata Smederevo u industriji ferita

U fabrici Ei Feriti u Zemunu već nekoliko godina ispituju mogućnosti uporabe peleta  $Fe_2O_3$  iz MKS kao sirovine za proizvodnju ferita. Slična ispitivanja ove sirovine sprovedena su i u Iskra Feriti.

Dosadašnja ispitivanja dala su sledeće rezultate:

1. U fabrici Ei feriti mogli bi da upotrebljavaju  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz MKS, pod uslovom da su pelete samlevene do mikronske granulacije, u 60 % svojih receptura za ferite.

U Iskra Feriti su na osnovu izvršene hemijske analize peleta iz MKS (Tabela 9) utvrdili da bi tu sirovinu mogli da upotrebljavaju pre svega u recepturama za tvrde ferite.

2.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz MKS je hemijski čistiji od oksida železa, kojeg dobijaju postupkom po Ruthner-u u Železari Jesenice i Unis VHVT Banja Luka. To posebno važi za sadržaj  $\text{SiO}_2$  i hlora. Zato bi bio takav  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (naravno, uz rešen problem mlevenja) jedna od najboljih domaćih sirovina za proizvodnju ferita.

Tabela 9: Hemijska analiza peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz MKS, izvršena u Iskra Feriti, Ljubljana

|                          |     |       |
|--------------------------|-----|-------|
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$  | (%) | 99.00 |
| $\text{SiO}_2$           | (%) | 0.18  |
| MnO                      | (%) | 0.52  |
| FeO                      | (%) | 0.11  |
| solí rastvorljive u vodi |     | 0.05  |

#### Problem mlevenja peleta $\text{Fe}_2\text{O}_3$ iz MKS

Glavna teškoća, koja sprečava upotrebu peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  u industriji ferita je njihovo mlevenje, t.j. proizvodnja prahova mikronske i submikronske granulacije. Ni MKS a ni potencijalni korisnici nemaju uređjaje za fino mlevenje, do granulacije koja se zahteva. Fabrika Ei Feriti imala je (u dogovoru sa MKS) u planu nabavku odgovarajućeg mlina, ali su od toga za sada odustali iz više razloga:

(i) u MKS predstavljaju pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sekundarnu sirovinu, koju mogu da vrate u proces dobijanja gvoždja. Tvrde da im se za sada ekonomski ne isplati da pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  prodaju po ceni ispod 25 - 30 din/kg (podatak iz oktobra 1985 godine), što je za industriju ferita neprihvatljivo visoka cena, imajući u vidu da su, istovremeno, dodatne troškove mlevenja u Ei ocenili na 20 - 30 din/kg. Drukčije rečeno, to znači, da bi bio kilogram  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  praha dobijen mlevenjem, iz peleta, dva do tri puta skuplji od  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , koji nastaje Ruthner-ovim postupkom u Železari Jesenice ili u UNIS VHVT Banja Luka. Tako velika razlika u ceni

nije ekvivalentna razlici u kvalitetu, upoštevajući pri tom da bi se ta sirovina mogla upotrebljavati uglavnom samo za proizvodnju tvrdih ferita (pre svega zbog još uvek srazmerno visoke koncentracije  $\text{SiO}_2$ ).

(ii) U MKS za sada ne upoštevaju ove činjenice i radije se odlučuju da pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kao staro gvoždje vraćaju u visoke peći. Zaključujemo da je cena koju zahteva MKS za  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  previsoka. Kao primer ekonomske opravdanosti mlevenja peleta nastalih po Lurgijevem postupku u sirovini za proizvodnju ferita navedimo podatak, da u Zapadnoj Nemačkoj firma Georg Heller, Limburgerhof šalje pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Lurgijevog postupka (koje kupuje od železare po ceni od 0.08 DM/kg) na mlevenje firmi Mineralmahlwerk Welsch Wesel, nakon čega ih prodaje kao sirovinu za ferite po ceni 0.3 do 0.4 DM/kg, što je na nemačkom tržištu ekvivalentno ceni  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dobijenog Ruthner-ovim postupkom.

Po nalogu razvojne službe Ei Feriti pitanje mlevenja peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz MKS proučavao je Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina iz Beograda. U Ei Feriti smo saznali, da za sada ne predviđaju nikakve dalje eksperimente u tom pravcu. Iako su Ei Feriti nameravali da isprobaju mlevenje većih količina peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (do 10 tona) u Koceljevu (blizu Valjeva) i Vlaškom Dolu (pri Mladenovcu) u mlinu za livarski pesak, je u ovom trenutku, pošto je dalja kupovina peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  MKS obustavljena, budućnost tih projekata neizvesna.

#### Mogućnost dobijanja domaćeg sintetičkog $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Sintetički  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  je najkvalitetnija sirovina za proizvodnju ferita, i nju domaća industrija za sada isključivo uvozi.

Medju najpoznatije evropske proizvođače spada Bayer koji sintetički  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  prodaje po ceni 2,8 DM/kg (podatak iz avgusta 1985. godine). Uvoz sintetičkog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  za domaću industriju ferita iznosio je u 1984 godini

|              |                |
|--------------|----------------|
| Ei Feriti    | 180 tona       |
| Iskra Feriti | 130 - 150 tona |

Zbog svoje visoke cene sintetički oksid železa se upotrebljava pre svega u recepturama za proizvodnju mekih ferita.

U Cinkarni Celje (TOZD Kemija) su izradili pilotsko postrojenje za dobijanje sintetičkog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz gvoždja i  $\text{FeSO}_4$ . U Cinkarni,  $\text{FeSO}_4$  nastaja kao sekundarni proizvod (110 tona na dan) pri proizvodnji  $\text{TiO}_2$ . Pri razvoju i izradi pilotskog postrojenja glavni cilj je bio osvajanje proizvodnje pigmentnog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  za domaću industriju boja i lakova. Kao tehnološki postupak izabrana je oksidacija gvoždja kiselikom iz vazduha. Pri tom načinu proizvodnje se gvoždje u prisustvu  $\text{FeSO}_4$  kao elektrolita, oksidira na vazduhu do oksihidrata željene kristalne strukture. U Cinkarni su za ovaj postupak kupili know-how od švajcarske firme Rohstoffchemie i na osnovu toga razvili domaće pilotsko postro-

jenje kapaciteta 50 kg po šarži.

Rezultati ispitivanja sintetičkog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (iz Cinkarne Celje) kao sirovine za proizvodnju ferita.

U fabrici Ei Feriti iz Zemuna su izvršili prva detaljnija ispitivanja uzoraka  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Cinkarne Celje, kao sirovine za proizvodnju ferita. Osnovni cilj tih ispitivanja je bila ocena mogućnosti zamene uvoznog Bayer-ovog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  za sintezu mekih ferita, domaćim sintetičkim oksidom železa. Na raspolaganju su bila tri uzorka praha žutog pigmenta  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , čije su osnovne fizičko - hemijske osobine date u Tabeli 10.

Tabela 10: Fizičko - hemijske osobine sintetičkog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (žuti pigment), na osnovu analiza izvedenih u laboratoriji Cinkarne Celje

| UZORAK                                      | CC - G <sub>1</sub> | CC - G <sub>2</sub> | CC - G <sub>4</sub> |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$                     | 86,5                | 86,79               | 86,12               |
| FeO %                                       | 0,3                 | 0,2                 | 0,074               |
| $\text{SO}_3$ %                             | 1,3                 | 1,6                 | 1,26                |
| $\text{SiO}_2$ %                            | 0,31                | 0                   | 0,08                |
| vlaga %                                     | 0,03                | 0                   | 0,16                |
| deo rastvorljiv u vodi %                    | 0,06                | 0,02                | 0,07                |
| gubitak žarenjem na 1000°C %                | 13,6                | 12,3                | 12,11               |
| nerastvorljivi deo %                        | 0,001               | 0,415               | 1,38                |
| pH  | 5,2                 | 4,45                | 5,0                 |
| gustina $\text{kg/dm}^3$                    | 4,02                | 4,17                | 4,03                |
| ostatak na situ 40 $\mu\text{m}$            | 0,02                | 0,08                | 0,02                |
| upijanje ulja %                             | 34,6                | 37,6                | 35,2                |
| Androsen % veličine čestice 3 $\mu\text{m}$ | 97,8                | 94,5                | 97,8                |

Za izradu ferita izabrali su uzorak CC - G<sub>2</sub>, upoštevajući pri tom njegov hemijski sastav, Tabela 10 (CC - G<sub>2</sub> ne sadrži  $\text{SiO}_2$ ). Uzorak su najpre žarenjem dehidrirali pri čemu je nastao crveni bezvodni pigment ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

CC - G<sub>2</sub> su ispitivali u recepturama za mangan - cink ferite (za proizvodnju transformatorskih jezgara), koji moraju odgovarati zahtevima kvaliteta po Philips-u 3C8 (ili Ei M 48).

Dobijeni su sledeći rezultati:

1. izmerena je dva puta manja permeabilnost oz zahtevane (po Philips-u 3C8 zahtev iznosi  $200 \pm 20$  %).
2. Ukupni gubici ( $\text{mW/cm}^3$ ), izmereni na 25°C su 158 - 162; zahtev po Philips-u 3C8 je 110. Napomenimo da stariji zahtev po Philips-u 3C6 iznosi 170.
3. Curie-va temperatura se kretala od 160 do 170°C; zahtev po Philips-u 3C8 je 200°C.

S obzirom da su merenja izvršena na malom broju uzoraka i u laboratorijskim razmerama, dobijeni rezultati imaju samo preliminarnu vrednost.

U fabrici Ei Feriti su napomenuli da je neophodno ponoviti merenja sa većim količinama uzoraka i spremni su da, kada iz Cinkarne dobiju nove uzorke, sprovedu ta istraživanja. Dobijene rezultate su ocenili kao ohrabrujuće, mada nedovoljne za konačnu ocenu pigmentnog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Cinkarne Celje kao sirovine za ferite.

I u fabrici Iskra Feriti bila su izvršena preliminarna ispitivanja  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , CC-G<sub>2</sub> iz Cinkarne Celje, u recepturama za meke ferite. Pri tom su izmereni gubici bili dva do tri puta veći od propisanih.

#### Zaključak

Sprovedena istraživanja i sakupljeni podaci pokazuju da na domaćem tržištu za sada raspoložemo jedino sirovinama za proizvodnju tvrdih ferita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Železare Jesenice i VHVT Unis Banja Luka).

U vezi sa tim potrebno je istaći da sastav ove sirovine ( $\text{SiO}_2$  u  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Železare Jesenice i hlor u oksidu železa iz VHVT UNIS Banja Luka) znatno varira od jedne do druge proizvodne šarže što je za industriju ferita veoma nepovoljno.

U MKS kao sekundarnu sirovinu proizvode pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  koje po svom hemijskom sastavu predstavljaju kvalitetnu sirovinu pre svega za tvrde ferite.

Za razliku od  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz Železare Jesenice i VHVT Unis Banja Luka hemijski sastav ove sirovine je uglavnom konstantan.

Glavni problem u vezi peleta  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iz MKS je njihovo mlevenje i previsoka cena koja ne odgovara njihovom kvalitetu. Sirovina dobijena iz tih peleta uglavnom bi se upotre-

bljavala za proizvodnju tvrdih ferita zbog relativno visokog sadržaja  $\text{SiO}_2$ . S obzirom da problem mlevenja peleta najverovatnije neće biti rešen na zadovoljavajući način u bližoj budućnosti (sledećih nekoliko godina, sudeći po tome kakva je trenutna situacija) pelete  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  će kao staro gvoždje vraćati u visoke peći. Ocenjujemo da bi se mogao problem mlevenja najefikasnije rešiti zajedničkom akcijom svih zainteresovanih korisnika (Ei, Iskra, Prvi Partizan, itd.), kao i većim zanimanjem odgovornih u Železari Smederevo za bolje i efikasnije iskorišćavanje sirovina, sa kojima raspolažu.

Sintetički oksid železa, dobijen na poluindustrijskom postrojenju u Cinkarni Celje, je pre svega namenjen industriji boja i lakova, kao pigment. Njegovu upotrebu kao sirovine u recepturama za ferite (gde bi pre svega služio kao zamena Bayer-ovog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  za meke ferite) je potrebno detaljno proučiti.

Prva istraživanja, koja su izvršena u fabrici Ei Feriti, pokazuju da bi se ta sirovina verovatno mogla da koristi u nekim recepturama za ferite, ali svakako ne u svim.

Za konačnu ocenu su potrebna dodatna merenja, sa većom količinom uzorka, kao i kompletna hemijska analiza i proučavanje morfologije praha. Istovremeno je potrebno utvrditi da li su u Cinkarni spremni (imajući u vidu njihovu proizvodnu orijentaciju), da odgovarajućim promenama procesa, ukoliko je to moguće, utiču na nivo primesa u  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pre svega na sadržaj alkalija, koji je verovatno veći od dopuštenog u industriji ferita), t.j. da pored pigmentnog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  razviju postupak za proizvodnju sintetičkog  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , koji bi zadovoljavao zahteve industrije ferita.

Adresa autora: Mr. Varužan Kevorkijan  
Mag Milan Slokan  
Prof.dr Drago Kolar  
Institut Jožef Stefan  
Jamova 39  
61000 Ljubljana



## VIJESTI IZ ZEMLJE

### Miroslav Turina

#### NOVE KNJIGE

Elektrotehničko društvo Zagreb pokrenulo je početkom 1986 godine EDZ biblioteku. Dosada su objavljene slijedeće publikacije:

1. Zbirka pitanja i propisa za polaganje stručnog ispita iz elektrotehničke struke.
2. Suvremeni pristup procesu projektiranja uzemljivača i sustava uzemljenja.
3. Daljinski nadzor i upravljanje u složenim energetske sistemima.
4. Telekomunikacije - infrastruktura informatičkog društva.
5. Suvremeni sustavi telekomunikacija.
6. EDZ priručnik 87.
7. Suvremeni elektromotorni pogoni.
8. Planiranje, koncepcija i izgradnja tipskih TS 11/35, 20, 10 KV u elektroenergetskom sistemu.
9. Elektronički glosarij.
10. Asortiman proizvodnje poluvodičkih komponenata u SFRJ.
11. Relejna zaštita u elektroenergetskom sistemu, A. distributivne mreže.

Za čitaoce Informacije MIDEM naročito je zanimljiva knjiga "Asortiman proizvodnje poluvodičkih komponenata u SFRJ". Autori knjige su mg. Srebrenka Ursić, dipl.ing. i Damir Vuk, dipl.ing. Knjiga ima dva dijela.

U prvome, uvodnom, dijelu dato je nekoliko informacija o poslovno tehnološkoj orijentaciji domaćih proizvođača poluvodičkih komponenata i napravljen je osvrt na preklapanje asortimana kod domaćih proizvođača. Također, u prvome dijelu, opisane su ukratko osnovne poluvodičke

tehnike i sistemi označavanja poluvodičkih komponenata. Data je definicija pouzdanosti, objašnjene klase kvalitete, određivanje klasa kvalitete, prikazana je metoda uzorkovanja i objašnjene su grupe testova za utvrđivanje klase.

U drugome dijelu knjige predstavljen je asortiman proizvodnje i ponude poluvodičkih komponenata za 1985/86. godinu.

Asortiman obuhvaća: Silicijske diode, silicijske tiristore, silicijske modularne blokove, silicijske modularne blokove s električki izoliranom metalnom bazom, silicijske ispravljačke blokove, selenske ispravljačke blokove, silicijske bipolarne tranzistore, germanijske bipolarne tranzistore, silicijske MOS tranzistore s efektom polja (MOS FET), silicijske spojne tranzistore s efektom polja (JFET), bipolarne analogne integrirane sklopove, unipolarne digitalne integrirane sklopove SSI/MSI, unipolarne digitalne integrirane sklopove visokog stupnja integracije (LSI), nestandardne integrirane sklopove (CUSTOM DESIGNED IC ili APPLICATION SPECIFIC IC-ASIC), optoelektroničke izolatore (PHOTON COUPLERS), LED sijalice, LED pokazivače, sunčane ćelije.

Svi podaci o komponentama u knjizi preuzeti su iz kataloga domaćih proizvođača. Prikazani proizvodi rezultat su potpuno ili djelomično usvojene tehnologije. U knjizi nisu navedeni proizvodi koji se sporadično pojavljuju u katalogu proizvođača a potječu iz uvoza unutar različitih poslovnih aranžmana.

Za sve informacije u vezi nabavke ove korisne knjige čitaoци se mogu obratiti na: Elektrotehničko društvo Zagreb, Berislavićeva 6/I, tel. 041/422-939.

#### PROJEKTIRANJE INTEGRIRANIH SKLOPOVA

Poluvodička tehnologija koja je u mogućnosti proizvesti čip sa milion tranzistora, softver koji omogućuje razvoj

kompajlera i baza podataka, a u novije vrijeme i metoda umjetne inteligencije, tehnologija izrade hardvera koja nudi radne stanice snage 1-5 MIPSa, potražnja i potrošnja ASIC-a (Application Specific Integrated Circuits) koja će uskoro iznositi 90 % ukupne potrošnje integriranih sklopova u svijetu, sve to je uvjetovalo vrlo intenzivan razvoj pomagala za projektiranje integriranih sklopova pomoću računala i potaknulo je "Sektor za industrijsku elektroniku i automatizaciju" u "Elektrotehničkom institutu Rade Končar" da organizira seminar: "Metodologija projektiranja digitalnih integriranih sklopova". Seminar je održan u Zagrebu u prostorijama "Elektrotehničkog instituta Rade Končar" u vremenu od 3. novembra do 7. novembra. Predavač na seminaru bio je Boris Bastijanić, suradnik ETI-Rade Končar. Osim učesnika iz Rade Končara na seminaru su učestvovali stručnjaci iz Elektronske industrije - Niš, Elektronskog fakulteta u Nišu, SOUR-a Rudi Čajavec iz Banja Luke, Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, Tvornice poluvodiča RIZ-Zagreb i Vojno tehničke akademije iz Zagreba.

Sadržaj seminara baziran je na dvotjednom seminaru NATO naprednog studija održanom u Italiji u ljetu 1986. Na spomenutom seminaru iz Jugoslavije su učestvovali jedan suradnik iz Rade Končara i jedan suradnik iz ISKRE-Mikroelektronika.

Zadnjeg dana seminara u Zagrebu održana je rasprava o našim mogućnostima uključivanja u svjetske tokove projektiranja (i proizvodnje) integriranih sklopova. U raspravi su došla do izražaja dva oprečna stajališta. Po jednim iluzorno je očekivati da u zemlji možemo razvijati složena pomagala za projektiranje kao što su silicijski kompajleri i integrirani sistemi. Po drugima domaći razvojni rad na tome području neophodan je i može dati korisne rezultate. Sigurno bi čitaocima Informacije MIDEM bilo zanimljivo pročitati na stranicama Informacije MIDEM argumente jedne i druge strane.

#### IZ LISTOVA RADNIH KOLEKTIVA

##### ČAJAVEC

U broju 283 od oktobra ove godine u listu "Čajavec" objavljena je informacija o suradnji Čajavećevog OOUR In-

ženjering i kompanije TEC iz Tokia. Plodna dvogodišnja suradnja proširena je dogovorom koji uključuje "Čajavec" neposredno u proizvodni lanac ovoga renomiranog proizvođača.

Što čini proizvodni program suradnje ove dvije organizacije? Prije svega to su elektronske pisače mašine s mikroprocesorom (portabl i velike), elektronske vage za supermarket (od 1 do 15 kg) te trgovačke kase koje u odnosu na standardne varijante elektronskih kasa imaju prednost da u slučaju nestanka električne energije već otkucane podatke zadržavaju u memoriji. Svakako je interesantan "Pos sistem", koji omogućuje da se niz kasa u robnoj kući ili u drugim sličnim okolnostima povežu na kompjuter s ciljem da se prati kompletan novčani tok. Za jugoslavensko tržište atrakciju će predstavljati "Meeting board" - elektronska tabla za sastanke. Sadržaj sa table automatski se kopira na A4 format i mogu ga, ako žele svi učesnici sastanka odmah dobiti. Pažnju takodjer zavredjuju uredjaji za etiketiranje i printeri za kompjutere. Riječ je o vrlo atraktivnom programu koji se u suvremenom svijetu uvelike udomaćio, a postepeno zauzima mjesto i na jugoslavenskom tržištu.

##### ISKRA

U novinama Iskra čitamo

Iskra elementi

"Povezovati znanje v okviru raziskovalne enote"

Najpomembnejša strateška naloga v DO Elementi je razvoj in uvajanje novih lastnih tehnologij in izdelkov. S tem naj bi čimprej premagali tržno neučinkovitost, ki je že občutimo na zahodnih trgih. Težišče vsega dela v prihodnje bo vsekakor celovito uveljavljanje raziskovalno-razvojne (RR) dejavnosti, ki naj bi bilo bolj intenzivno kot doslej. V naših temeljnih organizacijah bo treba bolj smotro začeti organizacijo razvoja, kar bi omogočilo tako boljše obvladovanje obstoječih proizvodnih procesov in s tem višjo kakovost, kot tudi nadaljnje posodabljanje in uvajanje novih tehnoloških dosežkov".

Gornji citat je uvod u razgovor što ga je Suradnik Iskre vodio s Ervinom Pirtovšekom rukovodiocem raziskovalne enote u DO Iskra Elementi. U daljem tekstu prenosimo odgovore na nekoliko pitanja.

- Omenili ste kritično maso raziskovalcev, ki naj bi jo dosegli v okviru RE. Kakšno je stanje na področju kadrov?

"Dejstvo je, da so raziskovalci postali zelo iskano "blago". Primanjkuje jih tudi pri nas, saj razen v 2-3 razvojnih oddelkih potrebne kritične mase nimamo. Pri nas zaposlujemo trenutno 196 razvojnikov, od tega jih ima le 32 % visoko izobrazbo. V podobni industriji v svetu je v podobnih proizvodnjah zaposlenih tudi 30 % ljudi z visoko izobrazbo. V naši DO pa se ta številka vrti okoli 5,3 %. Kot sem že omenil, pa so naši raziskovalci v temeljnih organizacijah pretežno obremenjeni s tekočimi posegi v proizvodnji, kar je tudi eden izmed vzrokov za nedoseganje pravih rezultatov. Z namenom omogočiti najboljše izkoriščanje zmogljivosti v razvojni dejavnosti smo se odločili za projektno vodenje razvojnih nalog in s tem smotno porazdelitev dela. Raziskovalno delo pa je treba definirati tudi časovno in stroškovno. Projektne naloge naj bi zajele torej celotno inovacijsko verigo.

Na ravni SOZD smo se dogovorili, da je treba za vse večje razvojne projekte pripraviti predštudijo, kjer naj bi bilo načrtano vse, od razvojne faze, prek prenosa razvojnih dosežkov v proizvodnjo, organizacije same proizvodnje do trženja. Predvsem pa bo treba opraviti tržne raziskave in opredeliti investicije v opremo.

Predpogoj vsega je, da se pri RR dejavnosti postavimo na lastne noge, da sprotno izobražujemo obstoječe in pridobivamo nove kadre, vendar pa to ne pomeni, da se ne bomo še naprej povezovali z zunanjimi institucijami. Raziskovalni inštituti bodo za nas tudi v bodoče, kot že doslej, opravljali bazične raziskave, za kar pri nas nimamo pogojev."

- Kakšni so torej prvi koraki v novem konceptu razvojne dejavnosti?

"Predvsem so to organizacijske spremembe - to pomeni dosledno uveljavljanje projektnega vodenja, kjer naj bi bil največji poudarek na zagotavljanju kakovosti že v samem razvojnem procesu in potem skozi celotno inovacijsko verigo. Pri tem bi omenil potrebo po ustanovitvi skupnega laboratorija za vse naše temeljne organizacije, kjer bi lastno znanje o materialih dvignili na višjo raven, saj je kontrola surovin, preden gredo v proizvodnjo, predpogoj za kakovost končnega izdelka.

Nadalje bi omenil projekt senzorjev. Skušamo pridobiti nov proizvodni program, v katerega bo vložena več znanja in, ki je na trgu zelo iskano. V ta okvir sodijo med drugimi polprevodniški senzorji, tankoplastni senzorji, piezokeramični senzorji, itd. Vodim predprojekt, ekspertizo, na ravni SOZD, ki nam bo prek tržnih raziskav pokazal, kaj je smiselno razvijati in v kaj je smiselno vlagati.

- Se pravi, da je projekt senzorjev organizacijsko in razvojno najdlje v smislu projektnega vodenja?

"Ta projekt je financirala SOZD Iskra iz svojih strateških sredstev. Na osnovi tega je prišla pobuda s strani SOZD, da bi bilo potrebno tudi za vse bodoče razvojne programe izdelati podobne predprojekte, na ta način in v tem obsegu, kajti doslej se je večkrat dogajalo, da smo se odločali na osnovi občutkov in brez potrebnih analiz."

- Kateri bodo nadaljnji projekti, ki se pripravljajo v Elementih?

V pregledu načrtovanih projektov za leto 1986 smo prišli do številke 40. Analizirati bo treba vse pomembnejše obstoječe projekte, jih na novo oceniti in definirati aktivnosti osvajanja. Glede na število kadrov in količino sredstev, ki so na voljo, je seveda treba selekcionirati najpomembnejše.

Omenil bi predvsem projekt avtomatizacije in robotizacije naših proizvodnih procesov. To je osnova za kvalitetno uvajanje razvojnih dosežkov v proizvodnjo.

- Ali bomo opremo, oziroma robote konstruirali doma?

"Delno skušamo opremo razvijati tudi doma, vendar je razvoj v svetu tako hiter, da nam tega v celoti ne dopušča. Morali bomo visoko sposobne robote uvoziti in jih aplicirati v našo proizvodnjo.

Nakup visokousposobljenega, računalniško krmiljenega robota iz tretje generacije pomeni le 30 % vseh stroškov delovne celice. Za opremo delovnega mesta, za pripravo, za merilno opremo in prilagoditev celotne linije, da bo robot res učinkovit in bo delal tudi 18 ur na dan, pa je potrebno vložiti še 70 % domačega znanja in sredstev. Naš

cilj je krmiljenje proizvodnih procesov z računalnikom.

Storjeni so bili že določeni premiki, 4 robote že ima naša TOZD Polprevodniki iz Trbovelj pa tudi v TOZD HIPOT v Šentjerneju se že dogovarjajo s strokovnjaki z Elektrofakultete, ki bi nam pomagali robotizirati proizvodni proces za montažo hibridnih vezij. Ni naključje, da sta ti dve temeljni organizaciji v poslovnih rezultatih v vrhu v naši DO. Do spoznanja o neizogibnosti osvajanja avtomatizacije in robotizacije prihajajo tudi v drugih naših tovarnah, vendar je konkretno storjenega še veliko premalo.

Zelo pomemben projekt, ki nas čaka v obdobju 1987 - 1992 je površinska montaža elektronskih elementov. Z njim smo kandidirali v ZAMTESU za sredstva UNDP (United Nations Development Program) pri OZN. Ta program je bil izbran kot prvi za avtomatizacijo proizvodnih procesov. Razvili bomo tehnologijo za površinsko montažo, kar je povsem v skladu z najnovejšimi zahtevami in dosežki elektronske industrije v svetu. Na področju hibridnih vezij je tehnologija površinske montaže že razvita, vendar zaenkrat temelji na ročnem delu. V TOZD Upori pa so že razvili MELF upor, ki tudi ustreza zahtevam površinske montaže. Za to tehnologijo naj bi usposobili še polprevodniške elemente, senzorje, multilayerske kondenzatorje, potenciometre, elektrolite in navite komponente".

Napomena redakcije:

Želja uredniškega odbora Informacije MIDEM je da objavljuje čim više aktualnih informacija iz domačih radnih

kolektiva proizvajalca i potrošalca sestavnih dijelova. Jedan od izvora informacija su listovi radnih kolektiva. Redakcija prima redovno listove: Iskra, Končarevac, Čajavec i RIZ Informator. Pozivamo članove MIDEM-a iz ostalih organizacija i ostale organizacije sponzore društva da da svoje novine ili pojedinačne informacije šalju na adresu, Miroslav Turina, Elektrotehnički institut Rade Končar, 41000 Zagreb, Baštijanova ul. bb. Na taj način ćemo biti u mogućnosti objavljivati više informacija iz domaćih kolektiva.

Jedna vijest iz inozemstva

Toshiba (Tokio), General Electric (USA) i Siemens (S.R. Njemačka) dogovorili su zajednički razvoj biblioteke standardnih ćelija za projektiranje integriranih sklopova po narudžbi. Oni će razviti 160 ćelija, memorijskih blokova i ostalih makroćelija za korištenje u 1,5  $\mu$ m i 1,2  $\mu$ m CMOS tehnologiji. Biblioteka za 1,5  $\mu$ m CMOS tehnologiju biti će na raspolaganju korisnicima do kraja 1986. godine. Biblioteka ćelija proširiti će se 1987/88 na kompleksnije funkcije i makroćelije visokih performansi u 1,2  $\mu$ m CMOS tehnologiji. Biblioteka i ćelije imati će zajednički komercijalni naziv, da bi se korisnici lakše snalazili. Kompanije će koristiti ista pravila projektiranja i kompatibilne tehnologije proizvodnje čipova da bi čim bolje garantirale kvalitet proizvoda i brže snabdjevale kupce. (preuzeto iz Solid State Technology).

# beltron®

## VODIKOV PEROKSID $H_2O_2$ 30 ut %

|                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Kvaliteta:<br>SEMI STANDARD C1.STD.9 | Vsebnost trdnih delcev:<br>Razred 0-2 |
| Datum<br>proizvodnje:                | Številka<br>šarže:                    |
| Rok uporabe: 6 mesecev               | Neto: 1 kg                            |

**BELTRON** je brezbarvna tekočina brez vonja.  
Nevarnost požara pri stiku z gorljivimi snovmi.  
Povzroča opekline / izjede.  
Hraniti na hladnem.  
Polite dele telesa takoj spirajte z veliko količino vode.  
Pri delu nositi primerno zaščitno obleko in zaščitna očala / ščitnik.

**NAČIN IN POGOJI SKLADIŠČENJA:** Beltron skladiščite v temnih, zračnih, ognjevarnih in hladnih prostorih v originalni embalaži proizvajalca.

### SPECIFIKACIJA:

barva (APHA): 10 max.  
vsebnost  $H_2O_2$ : 30,0—32,0 ut %  
vsebnost prostih kislin: 0,6  $\mu\text{eq/g}$  max.  
ostanek po uparovanju: 20 ppm max.  
vsebnost klorida (Cl): 2 ppm max.  
vsebnost sulfata ( $\text{SO}_4$ ): 5 ppm max.  
vsebnost fosfata ( $\text{PO}_4$ ): 2 ppm max.  
vsebnost težkih kovin (kot Pb):  
0,5 ppm max  
vsebnost arzena in antimona  
(kot As): 0,01 ppm max.  
vsebnost aluminija (Al): 1 ppm max.  
vsebnost barija (Ba): 1 ppm max.  
vsebnost bora (B): 0,05 ppm max.  
vsebnost kadmija (Cd): 1 ppm max.  
vsebnost kalcija (Ca): 1 ppm max.  
vsebnost kroma (Cr): 0,5 ppm max.

vsebnost kobalta (Co): 0,5 ppm max.  
vsebnost bakra (Cu): 0,1 ppm max.  
vsebnost galija (Ga): 0,5 ppm max.  
vsebnost germanija (Ge): 1 ppm max.  
vsebnost zlata (Au): 0,5 ppm max.  
vsebnost železa (Fe): 0,5 ppm max.  
vsebnost litija (Li): 1 ppm max.  
vsebnost magnezija (Mg): 1 ppm max.  
vsebnost mangana (Mn): 1 ppm max.  
vsebnost nikla (Ni): 0,1 ppm max.  
vsebnost kalija (K): 1 ppm max.  
vsebnost silicija (Si): 1 ppm max.  
vsebnost srebra (Ag): 0,5 ppm max.  
vsebnost natrija (Na): 1 ppm max.  
vsebnost stroncija (Sr): 1 ppm max.  
vsebnost kositra (Sn): 1 ppm max.  
vsebnost cinka (Zn): 1 ppm max.

STRUP - OTROV



**belinka**

tozd perkemija, ljubljana

## POLITIKA KAKOVOSTI ISKRA - MIKROELEKTRONIKA

ZA VSAK PROIZVOD ALI STORITEV SE ZAVEZUJEMO, DA BOMO IZPOLNJEVALI ZAhteVE, KI REŠUJEJO PROBLEME IN ZAhteVE NAROČNIKOV.

Te zahteve bomo izpolnjevali brez izjem, v kolikor nam bodo to dovoljevale razvojne možnosti in tehnološka oprema.

PRI VSAKEM OPRAVILU SE BOMO POTRUDILI, DA GA BOMO DOBRO OPRAVILI ŽE PRVIČ.

### RAVEN KAKOVOSTI

Programi zagotavljajo kakovost v IME in s tem posredno morajo tudi vsi v Mikroelektroniki narejeni proizvodi ustrezati mednarodnim zahtevam po MIL STD 883 C. Na tržišče pošiljamo le preizkušene izdelke. Ti izdelki morajo ustrezati tudi tržno sprejemljivi kakovosti, ki jo postavljajo kupci izraženi v FIT ali ppm, pri čemer je maksimalni povprečni FIT 500. Posamezne konkretne ciljne vrednosti določajo sporazumno Iskra Mikroelektronika in naročniki.

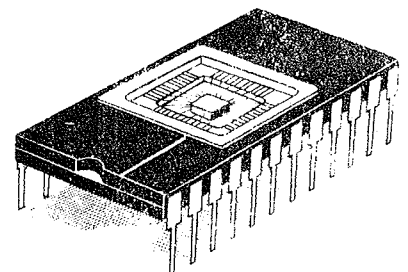
### OBVLADOVANJE KAKOVOSTI

je osnovno določilo tržne politike Mikroelektronike.

KAKOVOST-CENA-ROK DOBAVE so osnovni parametri dolgoročne poslovne usmerjenosti. Vse službe sprejemajo v okviru teh načel svoje podrobne programe za obvladovanje kakovosti. Podrobnosti obvladovanja in zagotavljanja kakovosti so zbrane v posebni publikaciji, ki je namenjena poslovnim partnerjem.

### OMEJITVE

Proizvod ali storitev, ki ne odgovarja postavljenim zahtevam, ne sme zapustiti tovarne, če to ni s kupcem posebej in pisno dogovorjeno in označeno na izdelku.



## Navodila avtorjem

Publikacija »Informacije MIDE­M« je zainteresirana za prispevke doma­cih in inozemskih avtorjev — še posebej članov MIDE­M — s področja mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov, ki jih lahko razvrstimo v naslednje kategorije: izvorni znanstveni članki, strokovni članki, pregledni strokovni članki, mnenja in komentarji, strokovne novosti, članki iz prakse, članki in poročila iz delovnih organizacij, inštitutov in fakultet, članki in poročila o akcijah MIDE­M, članki in poročila o dejavnostih članov MIDE­M. Sponzorji MIDE­M lahko brezplačno objavijo v vsaki številki publikacije po eno stran strokovnih informacij o svojih novih proizvodih, medtem ko je prispevek za objavo strokovnih informacij ostalih delovnih organizacij 13000 din za običajno A4 stran in 25000 din za A4 stran, ki vsebuje črno-belo fotografijo.

Prispevek mora biti pripravljen tako:

- a) Imena in priimki avtorjev brez titula
- b) Naslov dela, ki ne sme biti daljši od 15 besed in mora jasno izražati problematiko prispevka
- c) Uvod — formulacija problema
- d) Jedro dela
- e) Zaključek
- f) Literatura
- i) Ime in priimek avtorjev, vključno s titulami in naslovi njihovih delovnih organizacij

Rokopis naj bo jasno tipkan v razmaku 1,5 v širini 12 cm (zaradi montaže na A3 formatu in pomanjšave na A4 format) na A4 listih. Obseg rokopisa naj praviloma ne bo večji od 20 s strojem pisanih listov A4, na katerih je širina tipkanja 12 cm.

Risbe je potrebno izdelati s tušem na pavs papirju ali belem papirju. Vsaka risba, tabela ali fotografija naj ima številko in podnapis, ki označuje njeno vsebino. Podnapisi za risbe, ki so široke do 12 cm, naj bodo tipkani do širine 12 cm, za risbe, ki so širše, pa širina podnapisa ni omejena. V tekstu je potrebno označiti mesto, kjer jih je potrebno vstaviti. Risbe, tabele in fotografije ni potrebno lepiti med tekst, ampak jih je potrebno ločeno priložiti članku.

Delo je lahko pisano v kateremkoli jugoslovanskem jeziku, dela inozemskih avtorjev pa v angleščini ali nemščini.

Avtorji so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka.

»Informacije MIDE­M« izhajajo aprila, junija, septembra in decembra v tekočem letu.

Rokopise, prosimo, pošljite mesec dni pred izidom številke na:

Uredništvo »Informacije MIDE­M«  
Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

Rokopisov ne vračamo.

## Upute autorima

Publikacija »Informacije MIDE­M« zainteresirana je za priloge doma­cih i inozemskih autora, naročito članova MIDE­M. Priloge s područja mikroelektronike, elektroničkih sastavnih dijelova i materijala možemo razvrstati u sledeće skupine: izvorni znanstveni članci, stručni članci, prikazi stručnih članaka i drugih stručnih radova, mišljenja i komentari, novosti iz struke, članci i obavijesti iz prakse, članci i obavijesti iz radnih organizacija, instituta i fakulteta, članci i obavijesti o akcijama MIDE­M, članci i obavijesti o djelatnosti članova MIDE­M.

Sponzori MIDE­M mogu besplatno u svakome broju publikacije objaviti po jednu stran stručnih informacija o svojim novim proizvodima. Ostale radne organizacije plaćaju za objavljivanje sličnih informacija 13000 din po jednoj običnoj A4 stranici i 25000 din po A4 stranici sa crno-bijelom fotografijom.

Prilozi trebaju biti pripremljeni kako slijedi:

- a) Ime i prezime autora, bez titula
- b) Naslov ne smije biti duži od 15 riječi i mora jasno ukazati na sadržaj priloga
- c) Uvod u kojemu se opisuje pristup problemu
- d) Jezgro rada
- e) Zaključak
- f) Korištena literatura
- i) Imena i prezimena autora s titulama i nazivima institucija u kojima su zaposleni.

Rukopis treba biti uredno tipkan na A4 formatu u razmaku redova 1,5 i širini reda 12 cm (zbog montaže na A3 format i presnimavanja). U pravilu, opseg rokopisa ne treba prelaziti 20 tipkanih stranica A4 formata s redovima širine 12 cm.

Crteže treba izraditi tušem na pausu ili bijelom papiru. Svaki crtež, tablica ili fotografija treba imati naziv i broj. Za crteže do 12 cm širine naziv ne smije biti širi od 12 cm. Za crteže veće širine nije ograničena širina naziva. U tekstu je potrebno označiti mjesto za crteže. Crteže, tablice i fotografije ne treba lepiti u tekst, već je potrebno priložiti ih članku odvojeno.

Rad može biti pisan na bilo kojem od jugoslavenskih jezika. Radovi inozemnih autora trebaju biti na engleskom ili njemačkom jeziku.

Autori odgovaraju u potpunosti za sadržaj objavljenog rada.

»Informacije MIDE­M« izlaze u aprilu, junu, septembru i decembru tekuće godine.

Rukopise za slijedeći broj šaljite najmanje mjesec dana prije izlaska broja na:

Uredništvo »Informacije MIDE­M«  
Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

Rukopise ne vračamo.

## Sponzorji MIDEM

## Sponzori MIDEM

GOSPODARSKA ZBORNICA — SPLOŠNO ZDRUŽENJE ELEKTROINDUSTRIJE SLOVENIJE, Ljubljana  
RAZISKOVALNA SKUPNOST SLOVENIJE, Ljubljana  
ISKRA — TOZD TOVARNA TELEVIZIJSKIH SPREJEMNIKOV, Pržan  
ISKRA — INDUSTRIJA KONDENZATORJEV, Semič  
ISKRA — INDUSTRIJA BATERIJ ZMAJ, Ljubljana  
ISKRA — DO MIKROELEKTRONIKA, Ljubljana  
ISKRA — IEZE TOZD POLPREVODNIKI, Trbovlje  
ISKRA — COMMERCE TOZD ZASTOPANJE TUJIH FIRM, Ljubljana  
ITEO — TEHNOLOŠKO RAZVOJNA INFORMATIKA, Ljubljana  
RIZ — KOMEL OOUR TVORNICA POLUVODIČA, Zagreb  
SELK — TVORNICA SATOVA, Kutina  
ULJANIK — Pula  
RIZ — KOMEL OOUR ELEMENTI, Zagreb  
ISKRA — ELEMENTI, Ljubljana  
UNIS — RO TVORNICA TELEKOMUNIKACIJSKE OPREME, Mostar  
ELEKTRONIK — PROIZVODNJA ELEKTRIČKIH UREĐAJA, Zagreb  
ISKRA — AVTOMATIKA, Ljubljana  
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, Ljubljana  
ELEKTRONSKI FAKULTET, Niš  
RADE KONČAR — OOUR ELEKTROTEHNIČKI INSTITUT, Zagreb  
ISKRA — IEZE TOZD FERITI, Ljubljana  
Ei — RO POLUPROVODNICI, Niš  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET, Zagreb  
ISKRA — CENTER ZA ELEKTROOPTIKO, Ljubljana  
BIROSTROJ, Maribor  
ISKRA — DELTA, Ljubljana  
INSTITUT JOŽEF STEFAN, Ljubljana  
ISKRA — IEZE TOZD HIPOT, Šentjernej  
BELINKA — TOZD PERKEMIJA, Ljubljana  
GORENJE — DO PROCESNA OPREMA, Titovo Velenje  
ISKRA — AVTOELEKTRIKA — TOZD ŽARNICE, Ljubljana

Publikacija Informacije MIDEM izhaja po ustanovitvi Strokovnega društva za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale — MIDEM kot nova oblika publikacije Informacije SSOSD, ki jo je izdajal Zvezni strokovni odbor za elektronske sestavne dele in materiale — SSOSD pri Jugoslovanski zvezi za ETAN od avgusta 1969 do 6. oktobra 1977 in publikacije Informacije SSES, ki jo je izdajala Strokovna sekcija za elektronske sestavne dele, mikroelektroniko in materiale — SSES pri Jugoslovanski zvezi za ETAN od 6. oktobra 1977 do 29. januarja 1986.

Publikacija Informacije MIDEM izlazi posle osnivanja Stručnog društva za mikroelektroniku, elektronske sestavne delove i materijale — MIDEM kao nova forma publikacije Informacije SSOSD koju je izdavao Savezni stručni odbor za elektronske sastavne delove i materijale — SSOSD kod Jugoslavenskog saveza za ETAN od augusta 1969 do 6. oktobra 1977 i publikacije Informacije SSES koju je izdavala Stručna sekcija za elektronske sastavne delove, mikroelektroniku i materijale kod Jugoslavenskog saveza za ETAN od 6. oktobra 1977 do 29. januara 1986.