

## INFORMACIJE

## MIDEM

4°1989

Strokovno društvo za mikroelektroniko  
elektronske sestavne dele in materiale

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

INFORMACIJE MIDEM, LETNIK 19, ŠT. 4 (52), LJUBLJANA, DECEMBER 1989



## MIDEM IN MEMORIAM ISKRI MIKROELEKTRONIKI





|                    |                                  |               |
|--------------------|----------------------------------|---------------|
| INFORMACIJE MIDEM, | LETNIK 19, ŠT. 4(52), LJUBLJANA, | DECEMBER 1989 |
| INFORMACIJE MIDEM, | GODINA 19, BR. 4(52), LJUBLJANA, | DECEMBAR 1989 |
| INFORMACIJE MIDEM, | VOLUME 19, NO. 4(52), LJUBLJANA, | DECEMBER 1989 |

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

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

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

**Glavni in odgovorni urednik**  
**Glavni i odgovorni urednik**  
**Editor in Chief**

Iztok Šorli, dipl.ing.  
MIKROIKS, Ljubljana

**Tehnični urednik**  
**Tehnički urednik**  
**Executive Editor**

Janko Colnar

**Uredniški odbor**  
**Redakcioni odbor**  
**Editorial Board**

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

**Časopisni svet**  
**Izdavački svet**  
**Publishing Council**

Prof.dr. Leo Budič, dipl.ing., Elektrotehniški fakultet, Zagreb  
Prof.dr. Dimitrije Čajkovski, dipl.ing., PMF, Sarajevo  
Prof.dr. Georgij Dimirovski, dipl.ing., Elektrotehniški fakultet, Skopje  
Prof.dr. Jože Furlan, dipl.ing. - Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
Mr. Miroslav Gojo, dipl.ing. - RIZ-KOMEL, Zagreb  
Franc Jan, dipl.ing. - Iskra-HIPOT, Šentjernej  
Prof.dr. Drago Kolar, dipl.ing. - Institut Jožef Stefan, Ljubljana  
Ratko Krčmar, dipl.ing., Rudi Čajavec, Banja Luka  
Prof.dr. Ninoslav Stojadinović, dipl.ing. - Elektronski fakultet, Niš  
Prof.dr. Dimitrije Tjapkin, dipl.ing. - Elektrotehniški fakultet, Beograd

**Naslov uredništva**  
**Adresa redakcije**  
**Headquarters**

Uredništvo Informacije MIDEM  
Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50, 61000 Ljubljana  
telefon (061) 316-886

Letna naročnika za delovne organizacije znaša 200 din, za zasebne naročnike 100 din, cena posamezne številke 30 din. Člani in sponzorji MIDEM prejema Informacije MIDEM brezplačno.

Godišnja pretplata za radne organizacije iznosi 200 din, za privatne naročioce 100 din, cijena pojedinog broja je 30 din. Članovi i sponzorji MIDEM primaju Informacije MIDEM besplatno.

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

Znanstveni svet za tehnične vede I pri RSS je podal pozitivno mnenje o časopisu kot znanstveno strkovni reviji za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale. Izdajo revije sofinancirajo RSS in sponzorji društva.

Po mnenju Republiškega komiteja za informiranje št. 23 z dne 27.9.1988 je publikacija oproščena plačila davka od prometa proizvodov.

Mišljenjem Republičkog komiteta za informiranje br. 23 od 27.9.1988 publikacija je oslobođena plaćanja poreza na promet.

Oblikovanje besedila, in tisk  
Oblikovanje stavka i štampa  
Printed by

BIRO M, Ljubljana

Naklada  
Tiraž  
Circulation

1000 izvodov  
1000 primjeraka  
1000 issues

|                                                                                                                                                                                             |     |                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Šorli:<br>Informacije MIDE M - znanstveno strokovni časopis<br>društva MIDE M                                                                                                            | 184 | I. Šorli:<br>Informacije MIDE M - Professional Scientific Publication of<br>MIDE M Society                                                                                   |
| <b>ZNANSTVENO - STROKOVNI PRISPEVKI</b>                                                                                                                                                     |     | <b>PROFESSIONAL SCIENTIFIC PAPERS</b>                                                                                                                                        |
| Borut B. Lavrenčič:<br>Detektorji infrardečega sevanja                                                                                                                                      | 185 | Borut B. Lavrenčič:<br>Detectors of Infrared Radiation                                                                                                                       |
| R. Babič, M. Solar, T. Dogša:<br>Učinkovita aparturna realizacija digitalnih sit s končnim<br>trajanjem impulznega odziva                                                                   | 189 | R. Babič, M. Solar, T. Dogša:<br>Efficient Hardware Realizations for Finite Impulse Response<br>Digital Filters                                                              |
| M. Hrovat, S. Bernik, D. Kolar, I. Jarkovič:<br>Debeloplastni superprevodniki na osnovi $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,<br>modificiranega s $\text{PbO}$ in $\text{Z Bi}_2\text{O}_3$ | 194 | M. Hrovat, S. Bernik, D. Kolar, I. Jarkovič:<br>Thick Film Superconductors Based on $\text{Bi}_2\text{O}_3$ and $\text{PbO}$ modified<br>$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ |
| J. Holc, B. Saje, S. Beseničar:<br>Sintrani trajni NdFeB magneti                                                                                                                            | 198 | J. Holc, B. Saje, S. Beseničar:<br>Sintered Permanent NdFeB Magnets                                                                                                          |
| A. Sliško vič, M. Prelec, M. Kosec:<br>Kvarčni elektroporcelan visoke čvrstoče                                                                                                              | 202 | A. Sliško vič, M. Prelec, M. Kosec:<br>High Strength Quartz Electroporcelain                                                                                                 |
| S. Solar, M. Jenko, V. Kregar:<br>Krmilnik elektroluminiscenčnega prikazalnika                                                                                                              | 210 | S. Solar, M. Jenko, V. Kregar:<br>The Electroluminescence Display Driver                                                                                                     |
| S. Cankar, J. Maček:<br>Jedkanje in regeneracija izrabljenih jedkal pri proizvodnji<br>tiskanih vezij                                                                                       | 214 | S. Cankar, J. Maček:<br>Etching and Recycling of Etchants in Printed Circuit Board<br>Production                                                                             |
| <b>PRIKAZI DOGODKOV, DEJAVNOSTI ČLANOV MIDE M IN<br/>DRUGIH INSTITUCIJ</b>                                                                                                                  |     | <b>REPRESENT OF EVENTS, ACTIVITIES OF MIDE M MEMBERS<br/>AND OTHER INSTITUTIONS</b>                                                                                          |
| F. Kessel:<br>Uporaba izdelkov firme Ringsdorf v<br>polprevodniški industriji                                                                                                               | 218 | F. Kessel:<br>Ringsdorf Products for<br>Semiconductor Production                                                                                                             |
| <b>KONFERENCE, POSVETOVANJA, SEMINARJI, POROČILA</b>                                                                                                                                        |     | <b>CONFERENCES, COLLOQUIUMS, SEMINARS, REPORTS</b>                                                                                                                           |
| M. Slokan: SD-89, Maribor                                                                                                                                                                   | 221 | M. Slokan: SD-89, Maribor                                                                                                                                                    |
| M. Turina: 2. SONT                                                                                                                                                                          | 222 | M. Turina: 2. SONT                                                                                                                                                           |
| A. Keber: SMT seminar                                                                                                                                                                       | 227 | A. Keber: SMT seminar                                                                                                                                                        |
| M. Kosec: Znanstveno srečanje MATERIALI 89                                                                                                                                                  | 227 | M. Kosec: Scientific Symposium MATERIALI 89                                                                                                                                  |
| D. Križaj: Poročilo s konference NASECODE VI                                                                                                                                                | 228 | D. Križaj: NASECODE VI Conference                                                                                                                                            |
| M. Slokan: Productronica                                                                                                                                                                    | 229 | M. Slokan: Productronica                                                                                                                                                     |
| H. Vidmar: Sodobna elektronika 89                                                                                                                                                           | 230 | H. Vidmar: Modern Electronic 89                                                                                                                                              |
| H. Vidmar: JUROB 89                                                                                                                                                                         | 230 | H. Vidmar: JUROB 89                                                                                                                                                          |
| M. Turina: Nove komponente                                                                                                                                                                  | 231 | M. Turina: New components                                                                                                                                                    |
| <b>ČLANI MIDE M</b>                                                                                                                                                                         |     | <b>MIDE M MEMBERS</b>                                                                                                                                                        |
| R. Ročak:<br>Člani MIDE M šestdesetletniki                                                                                                                                                  | 231 | R. Ročak:<br>MIDE M Members' 60th anniversary                                                                                                                                |
| <b>VESTI, OBVESTILA</b>                                                                                                                                                                     |     | <b>NEWS, INFORMATIONS</b>                                                                                                                                                    |
| M. Turina: Tržište poluvodiča u 90-tim                                                                                                                                                      | 232 | M. Turina: Semiconductor market in 1990                                                                                                                                      |
| R. Ročak, M. Slokan:<br>Zapiranje vrat Iskre Mikroelektronike na rob                                                                                                                        | 233 | R. Ročak, M. Slokan:<br>Comments on close down of Iskra Mikroelektronika                                                                                                     |
| Publikacije društva MIDE M                                                                                                                                                                  | 235 | MIDE M Society Publications                                                                                                                                                  |
| <b>JUGOSLOVANSKI TERMINOLOŠKI STANDARDI</b>                                                                                                                                                 | 243 | <b>YUGOSLAV TERMINOLOGICAL STANDARDS</b>                                                                                                                                     |
| Slika na naslovnici:<br>MIDE M In Memoriam Iskra Mikroelektronika                                                                                                                           |     | Front page:<br>MIDE M in Memoriam Iskra Mikroelektronika                                                                                                                     |

---

## Informacije MIDEM ZNANSTVENO-STROKOVNI ČASOPIS DRUŠTVA MIDEM

*Pričujoča številka glasila Informacije MIDEM zaokrožuje kratko, vendar plodno časovno obdobje delovanja novega uredniškega odbora časopisa.*

*Že ob koncu lanskega leta uresničena oblikovna sprememba časopisa je v letu 1989 bila dopolnjena z vsebinsko transformacijo.*

*Razveseljivo je, da nam je uspelo do 50% obsega časopisa posvetiti znanstveno-strokovnim prispevkom, nekatere nove rubrike pa so popestrile ostali del vsebine. Avtorji prispevkov so poleg domačih tudi tuji strokovnjaki, kar potrjuje odprtost časopisa v svet.*

*Vsi znanstveno-strokovni prispevki so recenzirani in ustrezno opremljeni ter že takoj omogočajo zajem v zbirke bibliografskih podatkov. Obdelavo in zajem prispevkov opravljamo v domačo bazo podatkov - ISKRA SAIDC-el, kakor tudi v tujo bazo podatkov - INSPEC.*

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

*Uredniški odbor meni, da na ta način časopis aktivno uresničuje funkcijo osrednje znanstvene revije za področje mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov in tako pomembno dopolnjuje obsežnejše področje elektronike in elektrotehnike v Jugoslaviji z ambicijami prodreti tudi izven državnih meja.*

*Potencialne avtorje želim znova opozoriti, da pazljivo preberejo in sledijo navodila avtorjem za pisanje znanstveno-strokovnih prispevkov ter hkrati zaprositi tiste, ki imajo možnost prispevke poslati na disketi (besedilo in slike), da to storijo. Na ta način uredništvu prihranijo veliko časa in zmanjšajo stroške priprave in tiska.*

*Znova vabim bralce, člane društva MIDEM in druge, da aktivno s svojimi prispevki, konstruktivnimi pripombami in sugestijami pomagajo soustvarjati časopis.*

*Vabilu k sodelovanju pridružujem iskrene želje uredniškega odbora za zdravo, srečno in poslovno uspešno NOVO 1990 LETO!*

Glavni in odgovorni urednik

*Šorli Iztok*



# DETEKTORJI INFRARDEČEGA SEVANJA

## Vabljen predavanje, SD-89, Maribor

Borut B. Lavrenčič

KLJUČNE BESEDE: infrardeče sevanje, infrardeči detektorji, infrardeči senzorji, parametri

POVZETEK. Opisani so detektorji infrardečega sevanja, njihove značilnosti, klasifikacija in parametri.

## DETECTORS OF INFRARED RADIATION

KEYWORDS: Infrared Radiation, Infrared Detectors, Infrared Sensors, Parameters

ABSTRACT. A review of the detectors for the infrared radiation is given along with their properties, classification and parameters.

### 1. UVOD

Infrardeča tehnika je vrsta visoke tehnologije, ki sodi v področje optoelektronike. Le-ta je tista vrsta tehnike, kjer optične signale spreminjamo v električne in obratno, kjer na optične lastnosti snovi ali pa širjenje žarkov lahko vplivamo z električnimi signali. Infrardeča tehnika je tehnika svetlobnih žarkov valovnih dolžin med 1 in približno 20 mikrometri.

Infrardeča tehnika, skupaj z detektorji infrardečega sevanja, se je razvila med drugo svetovno vojno za vojaške namene in je taka ostala še vrsto let po vojni<sup>1,2</sup>. Zato so bile informacije o metodah in rezultatih na moč skromne. Pred kakimi 15 leti pa je zaradi hitrega napredka v spoznavanju elektronskih materialov izbruhnila množična uporaba v civilne namene. V te tehnološke trende se je vliučil tudi Institut Jožef Stefan v Odseku za fiziko kondenzirane snovi z razvojem piroelektričnega detektorja infrardeče svetlobe.

V tem prispevku bomo lahko pregledali samo nekaj osnovnih značilnosti detektorjev infrardeče svetlobe (DIS). Opis tehnologije izdelave DIS pa je izven konteksta tega pregleda.

### 2. ZNAČILNOSTI DETEKTORJEV INFRARDEČE SVETLOBE

DIS pretvarjajo vpadli optični energijski fluks (valovno območje cca 1 do 20 mikrometrov) v električen signal. Detektorje lahko klasificiramo na razne načine:

- \* po mehanizmu delovanja (prava ali intrinzična fotoprevodnost, fotoprevodnost zaradi dopantov, Schottkyjeva zapora v sistemu kovina-polprevodnik, termalni detektorji (bolometri, termočleni, piro-

elektriki); najnovejši pa so detektorji s kvantno jamo<sup>3</sup> in superprevodni keramični bolometri),<sup>4</sup>

- \* po osnovnem materialu iz katerega so narejeni (n.pr. Si, PbS, InGaAs, InAs, InSb,  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , Ge:Hg, Pt-Si, piroelektriki itd.),
- \* glede na območje valovnih dolžin, kjer so najbolj občutljivi (1-2  $\mu\text{m}$ , 3-5  $\mu\text{m}$ , 6-14  $\mu\text{m}$ , enaka občutljivost za vse valovne dolžine),
- \* glede na geometrijske značilnosti (posamezni detektorji, eno- in dvodimenzionalni nizi),
- \* glede na pogoje delovanja (hlajeni in nehlajeni detektorji, zunanji ali vgrajeni predojačevalci, tip ohišja ipd.).

### 3. PARAMETRI DIS

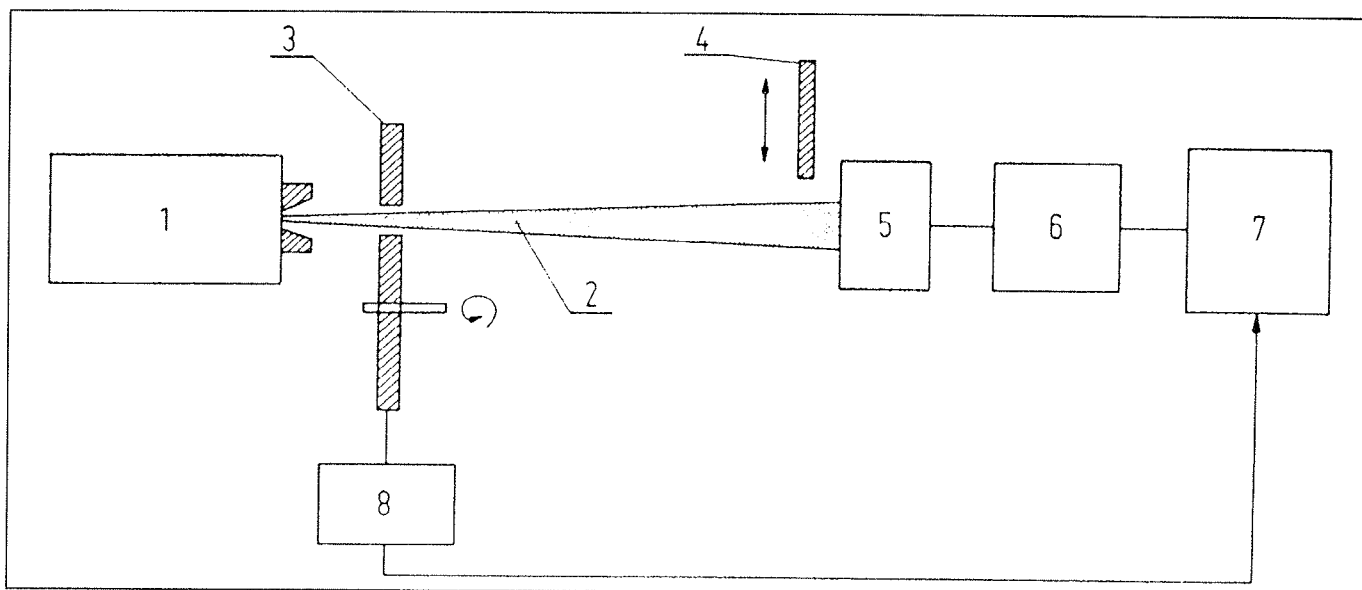
Za opis DIS uporabljamo vrsto parametrov, ki nam karakterizirajo občutljivost, razmerje signal/šum in podobno<sup>1,2</sup>. To so napetostni odziv, NEP in D'. Osnovna merilna oprema je razvidna iz Sl. 1.

Izvor sevanja je črno telo s tipično temperaturo 500 K. Le poredko se uporabljajo tudi drugi izvori, n.pr. laserji z valovno dolžino 0,63  $\mu\text{m}$  ali pa 10,6  $\mu\text{m}$ . Izvor sevanja moduliramo z chopperjem na željeno frekvenco. Signal iz DIS detektorja vodimo prek predojačevalnika in ojačevalnika na spektralni analizator, ki nam izmeri koren spektralne gostote napetostnega signala  $S_v$  (enota  $\text{Volt}^2/\text{Hz}$ ) pri frekvenci chopperja. DIS sedaj prekrijemo z blendo in z isto merilno napravo izmerimo koren napetostne gostote šuma  $S_n$  (prav tako pri frekvenci chopperja). Za pravilno merjenje mora biti signal mnogo večji od šuma. Z generatorjem znanega napetostnega signala umerimo skupni ojačevalni faktor v predojačevalniku in ojačevalniku. Imenujmo ga G. Iz teorije

črnega telesa in iz znane geometrije lahko izračunamo koren spektralne gostote svetlobne moči, s katero črno telo osvetluje merjeni DIS. Imenujmo ga  $P$  (enota  $W/Hz^{1/2}$ ). Chopper seveda ne pripravi sinusoidalne komponente sevanja črnega telesa, vendar se to da upoštevati z računom<sup>2</sup>.

#### 4. TERMALNI IN FOTONSKI DIS

Mehanizma delovanja termalnih in fotonских DIS se bistveno razlikujeta.<sup>5</sup> V tem prispevku bomo opisali samo takoimenovano nekoherentno detekcijo.



Slika 1: Shema eksperimentalne naprave za merjenje osnovnih parametrov DIS. (1) je črno telo, ki seva (2) skozi chopper (3) na testni detektor (5) in, ki je po potrebi zakrit z blendo (4). Prek predojačevalnika (5) in ojačevalnika (6) vodimo signal v spektralni analizator (7), ki je sinhroniziran (8) s chopperjem.

Napetostni odziv  $R_v$  je definiran kot

$$R_v = S v^{1/2} / G / P \quad (1)$$

$R_v$  (enota Volt/Watt) je funkcija frekvence in za njegov izračun moramo poznati ojačevalni faktor detektorskega sistema  $G$ . Razmerje signala in šuma (SNR) dobimo kot  $SNR = S v^{1/2} / S_{n1/2}$ . Šumu v DIS se seveda ne moremo izogniti. Običajno jih lahko klasificiramo po mehanizmu nastajanja, n.pr. Johnsonov ali Schottkyjev šum. K šumu v DIS prištevamo še šum v predojačevalniku (napetostni in tokovni šum).

Nadaljni, izredno pomemben parameter za vsak DIS je NEP (noise equivalent power). To je tista najmanjša moč na detektorju, ko je SNR prav enak 1. NEP je tisti parameter, ki najpogosteje nastopa v ocenah delovanja infrardečih sistemov. NEP je definiran kot:

$$NEP = P / SNR \quad (2)$$

Parameter NEP (enota  $W/Hz^{1/2}$ ) ni odvisen od ojačevalnega faktorja sistema  $G$ , kot merilo za kvaliteto DIS pa ima dve slabi lastnosti. Želeli bi tak parameter, ki bi bil čim večji pri čim boljšem DIS. Pri enakih DIS je NEP odvisen tudi od površine. Zaradi tega se je uveljavil dodatni parameter  $D^*$ , definiran kot:

$$D^* = A^{1/2} / NEP \quad (3)$$

kjer je  $A$  površina detektorja v  $cm^2$ .  $D^*$  (enota  $cm Hz^{1/2} / W$ ) je v večini primerov res samo slaba funkcija površine detektorja  $A$  in je odvisna le od frekvence.

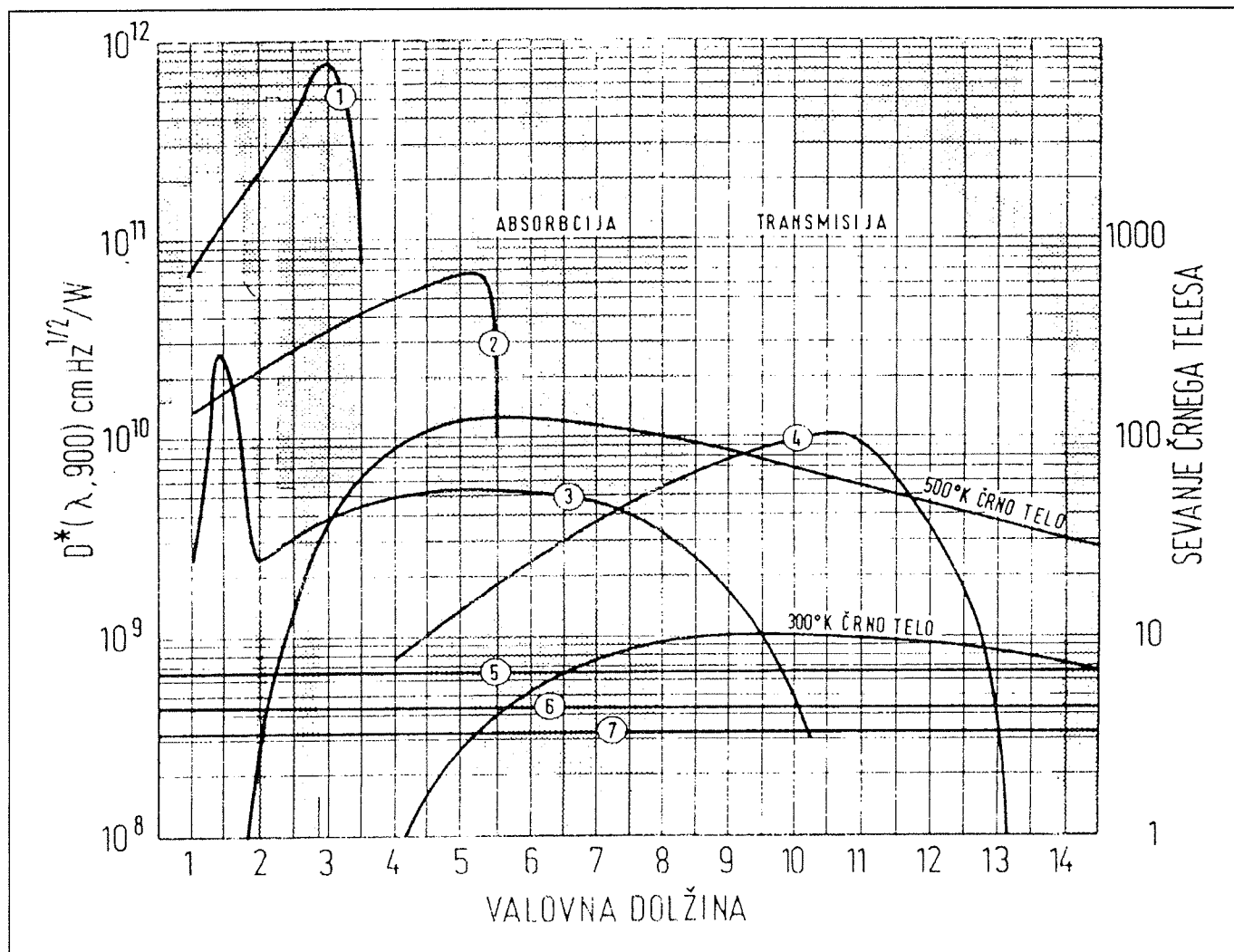
Parameter  $D^*$  je za razne detektorje kot funkcija valovne dolžine prikazan na Sl.2. Pri nizih detektorjev nastopajo še dodatni parametri kot so prisluh, modulacijska transfer funkcija itd.

Pri termalnem detektorju se absorbirana energija manifestira v spremembi temperature detektorja,  $dT$ . Ta sprememba temperature povzroči nastanek napetosti na detektorju, ki je sorazmerna  $dT$  (bolometri in fototermočleni) ali pa  $dT/dt$  (pireoelektriki). Zato njihovo delovanje in parametri (n.pr. NEP) niso odvisni od valovne dolžine svetlobe, ki jo hočejo zaznati. Piroelektrični termalni DIS so se izredno uveljavili v najrazličnejših aplikacijah zaradi nizke cene detektorja in zaradi uporabnosti pri sobni temperaturi. Njihovo delovanje in tehnologijo smo izčrpno opisali na prejšnjih SD konferencah.<sup>6,7</sup> Fundamentalne omejitve termalnih detektorjev so v naravnih fluktuacijah temperature izvora in samega detektorja. V praksi so se termalni DIS približali tej omejitvi za red velikosti v  $D^*$ .

Fotonski DIS pa delujejo na osnovi fotoefekta v raznih polprevodnikih.

Prehodi elektronov so lahko iz valenčnega v prevodni pas (intrinzični DIS) ali pa prehodi iz valenčnega pasu na pas nečistoč, ki se nahaja v energijski reži osnovnega materiala. Zaradi tega opazimo v krivulji  $R_v$  kot funkcijo valovne dolžine značilno mejno valovno dolžino (Sl.3), ki omejuje področje delovanja. Izjema je sistem  $Hg_{1-x}Cd_xTe$ , ki mu s sestavo  $x$  lahko spreminjamo energijsko režo. Fotonska detekcija pa ima to dobro lastnost, da samostojno omeji signal pri nekaterih, običajno nezaželenih valovnih dolžinah. Izbira ustreznega fotonskega DIS je pomembna, ker v zraku obstajajo 3 glavna "okna prepustnosti" (Sl. 2), v katerem lahko izvor infrardečega sevanja zaznamo na velike razdalje<sup>1,2</sup>. Fotonske DIS je potrebno v splošnem hladiti. V območju





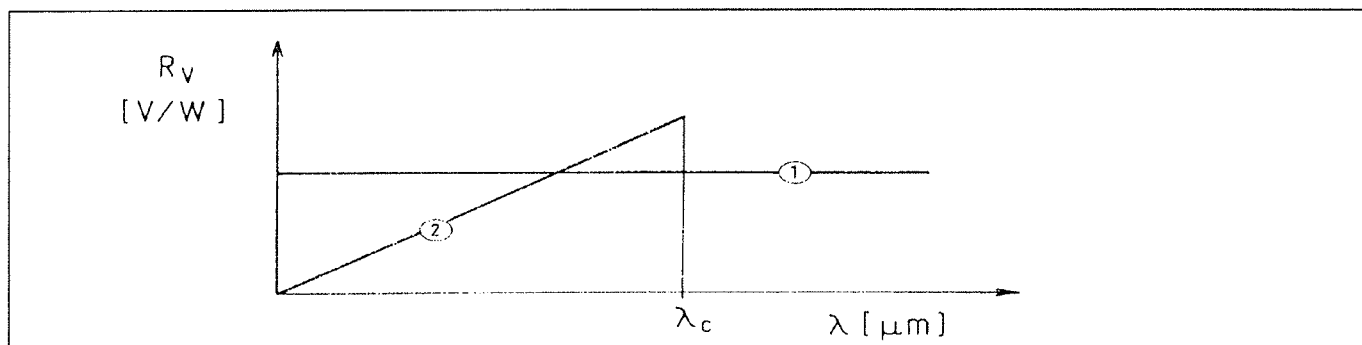
Slika 2: Kompozitni prikaz detektivnosti raznih fotonskih in termalnih DIS, sevanja črnih teles v  $W\,cm^{-3}\,sr^{-1}$  in infrardeče transmisije atmosfere. (1) PbS, (2) InSb, (3) Ge:Au, (4) HgCdTe, (5) piroelektrik, (6) bolometer, (7) termočen

6-14 mikrometrov so le malo bolj občutljivi kot termalni DIS, pri manjših valovnih dolžinah pa jih znatno prekašajo. Njihova glavna prednost pa je v hitrosti odziva na spremenljiv infrardeči fluks. Če so tipične časovne konstante pri termalnih DIS desetinke sekunde, so pri fotonskih DIS v mikrosekundah. Zato fotonski DIS ustrezajo tudi za koherentno ali heterodinsko detekcijo<sup>5</sup>, kjer

damentalni limit detekcije pri fotonskih DIS je v fluktuacijah signala in ozadja, ki ga DIS opazuje<sup>1,2,5</sup>.

## 5. RAZVOJ DIS PRI NAS

Ta pregled v SD konferenci ne bi bil dovolj informativen,



Slika 3: Napetostni odziv za termalne (1) in fotonske (2) DIS

lahko dosežemo nekaj redov velikosti manjši NEP, kot pri nekoherentni detekciji. Za koherentno detekcijo pa potrebujemo infrardeči laser kot lokalni oscilator. Fun-

če ne bi zapisali, kje v Jugoslaviji opravljajo raziskave DIS. Poleg že omenjenih piroelektričnih termalnih DIS, ki so bili razviti na IJS, teče razvoj:

- \* Si in Ge detektorjev na FER v Ljubljani in v IHTM v Beogradu,
- \* PbS v Ei Nišu,
- \*  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  v IEVT v Ljubljani in v IHTM.

(4) P.L.Richards et al., The high  $T_c$  superconducting bolometer, IEEE Trans. Magn. 25, 1335 (1989).

(5) R.H.Kingston, Detection of Optical and Infrared Radiation, Springer Verlag, Heidelberg 1978, ISBN 0-387-08617-X.

(6) B.B.Lavrenčič, J.Polanec, A.Kandušer in P.Cevc, Piroelektrični Detektor Infrardečega sevanja, Simpozij o elektronskih sestavnih delih - SD 85, Ljubljana 1985, str.179.

(7) P.Cevc, A.Kandušer, J.Polanec in B.B.Lavrenčič, Tehnologija piroelektričnih detektorjev z J-FETom v čip obliki, Simpozij o elektronskih sestavnih delih - 88, Nova Gorica 1988, str.155.

## LITERATURA

(1) W.L.Wolfe and G.J.Zissis, The Infrared Handbook, The office of Naval Research 1986, ISBN 0-9603590-1-X.

(2) R.D.Hudson,Jr.,Infrared System Engineering, Wiley-Interscience, New York 1969.

(3) Quantum Well nad Superlattice Physics, Proc. SPIE, Newport Beach, USA, 17-18 March 1988.

*dr. Borut B. Lavrenčič, dipl.ing.  
Laboratorij za infrardečo tehniko  
Institut J. Stefan, YU-61111 Ljubljana*

*Prispelo: 12.09.1989 Sprejeto: 31.10.89*

# UČINKOVITA APARATURNÁ REALIZACIJA DIGITALNIH SIT S KONČNIM TRAJANJEM IMPULZNEGA ODZIVA

R. Babič, M. Solar, T. Dogša

KLJUČNE BESEDE: digitalna sita, končni impulzni odziv, realizacija, princip porazdeljene aritmetike

POVZETEK: V prispevku je opisan postopek porazdeljene aritmetike, ki se kaže kot učinkovita možnost aparaturne realizacije digitalnih sit. Ko gre za aparaturno realizacijo nerekurzivnih digitalnih sit s končnim trajanjem impulznega odziva se kaže problem dovolj velike kapacitete pomnilnikov. Na praktičnem primeru je podana rešitev tega problema za sito z  $N=21$  koeficienti impulznega odziva. Prikazani so rezultati dveh izmerjenih frekvenčnih karakteristik v primerjavi s teoretično izračunanimi karakteristikama.

## EFFICIENT HARDWARE REALIZATIONS FOR FINITE IMPULSE RESPONSE DIGITAL FILTERS

KEY WORDS: digital filters, finite impulse response, realization, distributed arithmetic method

ABSTRACT: In this contribution the method of distributed arithmetic for digital filter realization is described. This realization uses memory devices and accumulators instead of multipliers and adders. The advantage of distributed arithmetic is its efficiency of mechanization. A fundamental drawback of this realization is only the exponential growth of the size of memory with the number of impulse response coefficients or number of variables. A practical solution for lowpass FIR digital filters with  $N=21$  is described. Resulting theoretical and practical frequency responses are presented.

### UVOD

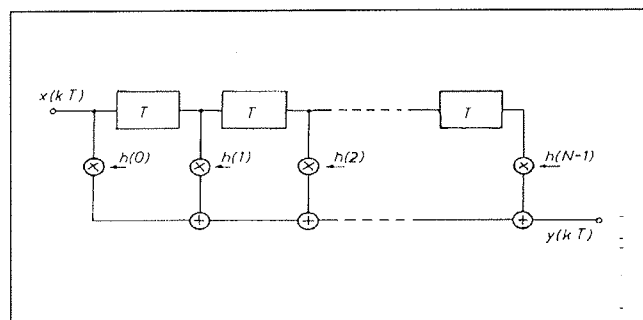
Pri postopku načrtovanja digitalnih sit v splošnem ločimo tri med seboj različne korake :

- \* analitični opis sistema, s katerim aproksimiramo želeno frekvenčno karakteristiko v obliki realizabilne prenosne karakteristike ali impulznega odziva
- \* sintezo sistema z določitvijo konfiguracije sita glede na dodatne pogoje in omejitve praktične realizacije
- \* aparaturno realizacijo, s katero prevedemo konfiguracijo digitalnega sistema v realizacijsko obliko

V tem članku se bomo omejili predvsem na tretji korak. Če imamo digitalno sito s končnim trajanjem impulznega odziva podano z  $N$  koeficienti lahko zapišemo trenutno izhodno vrednost  $y$  s konvolucijsko enačbo oz. v obliki skalarnega produkta:

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(k-n) = \mathbf{h}^T \mathbf{x} \quad (1)$$

kjer je  $\mathbf{h}$  vektor konstantnih vrednosti določen s koeficienti impulznega odziva,  $\mathbf{x}$  pa je vektor vhodnih spremenljivk. Oba vektorja sta  $N$  komponentna, v digitalnem sistemu pa sta zapisana z  $B$  biti. Splošno in običajno realizacijsko obliko prikazuje slika 1. Tu gre za direktno kanonsko obliko, ki vsebuje le zakasnilne elemente, seštevalnike in množilnike. Množilniki so po svoji naravi najbolj komplicirani elementi v vezju. Zaradi tega se jih skušamo izogniti, če je le mogoče.



Slika 1: direktna realizacijska struktura za digitalna sita s končnim trajanjem impulznega odziva

### 2. PRINCIP PORAZDELJENE ARITMETIKE

Zraven klasičnega računanja skalarnega produkta se pojavlja tudi postopek z imenom porazdeljena aritmetika, ki kaže v primerjavi s klasično obliko realizacije določene prednosti glede hitrosti delovanja, učinkovitosti in zmanjšanja vpliva zaradi kvantizacije koeficientov. Pri postopku porazdeljene aritmetike nimamo več opravka z množilniki v taki obliki kot so prikazani na sliki 1. Novi postopek je prvi opisal E. Anderson<sup>(1)</sup> že leta 1971. Zaradi majhne tedanje praktične uporabnosti, kar je bilo vezano na stanje tehnologije pa je bil postopek komaj zapažen, dokler ga po daljšem času ni odkrilo spet več avtorjev<sup>(2, 3, 4)</sup>. S tem so potrdili uporabnost porazdeljene aritmetike, oz. ROM-akumulator metode kot so jo sprva imenovali. Od teh začetnih del je najbolj znan članek Peled Liua tako, da se realizacijska struktura včasih imenuje kar po teh avtorjih. Pri postopku porazdeljene aritmetike običajno strukturo množilnikov in seštevalnikov zamenjamo s pomnilnikom in



akumulatorjem. Pomnilnik je običajno ROM tipa in ga uporabljamo za shranjevanje v naprej izračunanih delnih rezultatov. Rezultirajočo izhodno vrednost pa dobimo z utežnim seštevanjem, oz. odštevanjem klicanih delnih rezultatov v akumulatorju. Pri tem pa naslove delnih rezultatov v pomnilniku določa vektor vhodnih spremenljivk.

Povrnimo se k enačbi 1. Če so vrednosti vhodnih spremenljivk podane v binarni obliki in uporabimo za njihov zapis dvojiški komplement, pri čemer števila normiramo tako, da je  $|x(k)| < 1$ , dobimo

$$x(k) = -b_{k0} + \sum_{m=1}^{B-1} b_{km} 2^{-m} \quad (2)$$

Pri tem so  $b_{km}$  binarne vrednosti, ki zavzamejo le vrednosti 0 ali 1,  $b_{n0}$  je vrednost, ki določa predznak,  $b_{k,B-1}$  pa najmanj utežni bit. Z upoštevanjem enačbe 2 lahko enačbo 1 preuredimo:

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) (-b_{k-n,0} + \sum_{m=1}^{B-1} b_{k-n,m} 2^{-m}) \quad (3)$$

To je še vedno klasična oblika izražanja skalarne produkta, ki se imenuje tudi koncentrirana aritmetika. Z zamenjavo vrstnega reda seštevanj dobimo po ureditvi naslednjo obliko:

$$y(k) = \sum_{m=1}^{B-1} ((\sum_{n=0}^{N-1} h(n) b_{k-n,m}) 2^{-m} + \sum_{n=0}^{N-1} h(n) (-b_{k-n,0})) \quad (4)$$

Enačba 4 že določa izračunavanje trenutne izhodne vrednosti  $y(k)$  po principu porazdeljene aritmetike. Izraz v oklepaju, ki se v enačbi 4 pojavlja na dveh mestih, lahko štejemo kot novo funkcijo  $f_m$ , ki jo lahko izračunamo iz konstant  $h(n)$  in znanih binarnih vrednosti vhodnega signala. Funkcija  $f_m$  je funkcija z  $N$  argumenti:

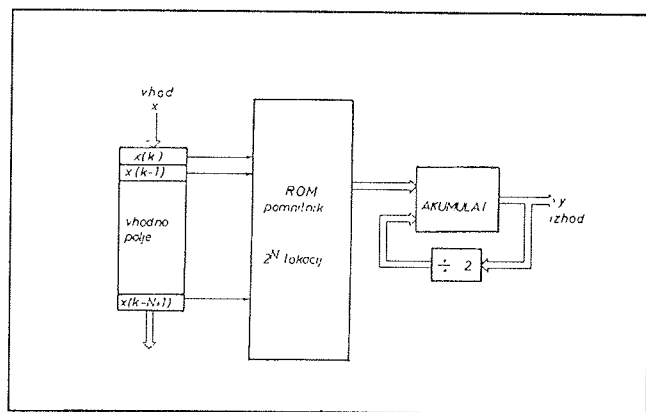
$$\sum_{n=0}^{N-1} h(n) b_{k-n,m} = f_m(b_{k,m}, b_{k-1,m}, \dots, b_{k-N+1,m}) \quad (5)$$

Ker zavzemajo  $b_{k-n,m}$  le vrednosti 0 ali 1 ima lahko  $f_m$   $2^N$  možnih različnih vrednosti, ki jih glede na enačbo 4 lahko sproti izračunavamo, lahko pa jih izračunamo vnaprej ter jih spravimo v pomnilnik. Prva možnost pride v poštev pri simulaciji, druga pa pri aparturni realizaciji. V drugem primeru nam vektor vhodnih spremenljivk določa naslovni vektor za naslavljanje pomnilnika. Za izračun izhodne vrednosti je potrebno določiti  $B$  naslovnih vektorjev, oz. iz pomnilnika prečitati  $B$  delnih rezultatov, ki določajo končno izhodno vrednost:

$$y(k) = \sum_{m=1}^{B-1} f_m 2^{-m} - f_{0k} \quad (6)$$

Množenje z  $2^{-m}$  pri aparturni realizaciji enostavno izvedemo s pomikom vsebine akumulatorja v desno. Realizacijsko strukturo prikazuje slika 2.

Za izračun trenutne izhodne vrednosti  $y(k)$  potrebujemo torej pomnilnik s kapaciteto  $2^N$  besed s po  $B_f$  biti in en



Slika 2: realizacijska struktura digitalnega sita s končnim trajanjem impulznega odziva v porazdeljeni aritmetiki.

akumulator A, v katerem dobimo rezultat kot utežno vsoto vnaprej izračunanih funkcijskih vrednosti  $f_m$  v  $B$  taktih. Z  $B_f$  smo označili število bitov za zapis delnih vsot, ki se v splošnem lahko razlikujejo od števila bitov za zapis vhodnega signala. Pri tem je običajno  $B_f \geq B$ .

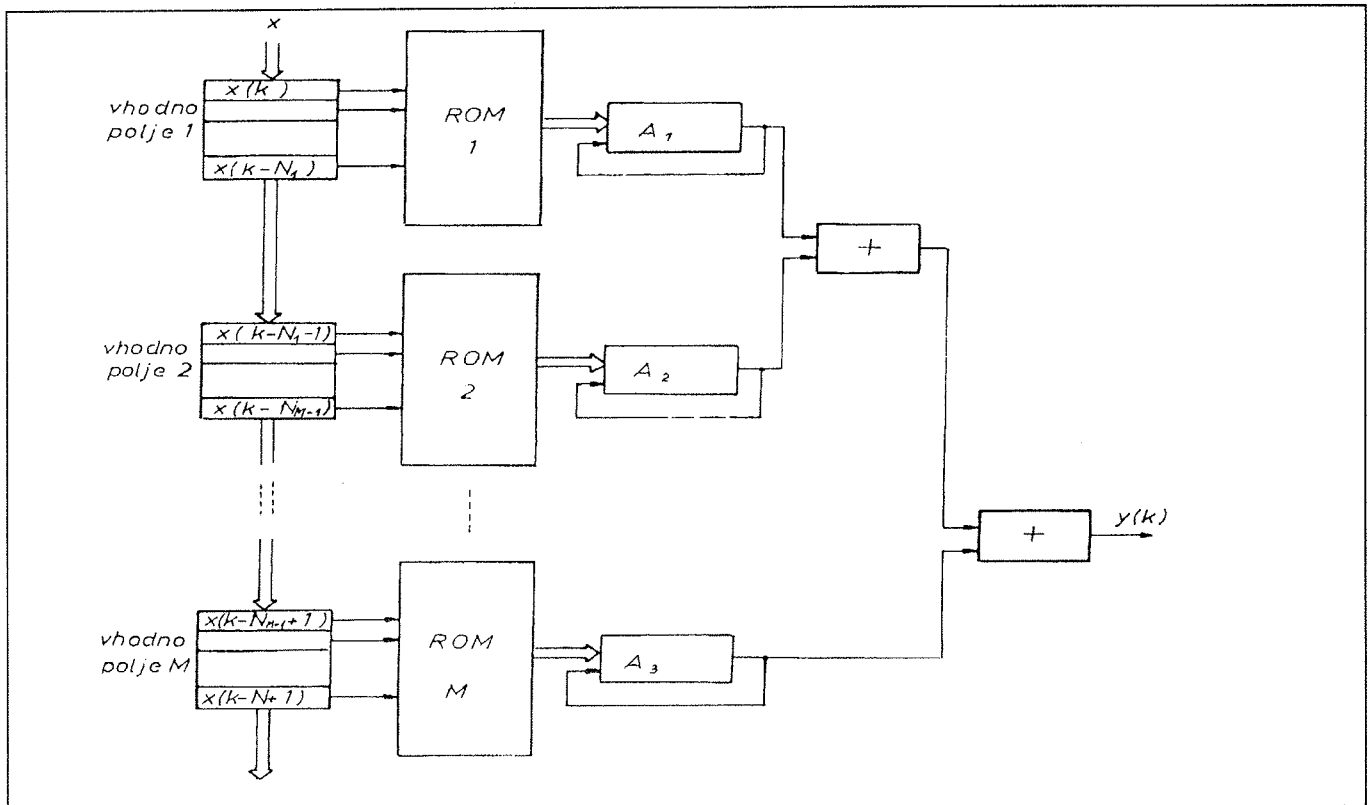
Osnovna slabost prikazane strukture je prisotna zaradi eksponencialnega naraščanja velikosti pomnilnika. To je seveda tem bolj prisotno pri višjih stopnjah digitalnih sit, kar pa pri nerekurzivnih digitalnih sitih s končnim trajanjem impulznega odziva ni nobena redkost. V tabeli 1 so za ilustracijo zbrane vrednosti velikosti pomnilnikov v odvisnosti od stopnje digitalnega sita.

| stopnja sita N-1 | velikost pomnilnika (število pomnilniških lokacij) |
|------------------|----------------------------------------------------|
| 5                | 32                                                 |
| 10               | 1 024                                              |
| 15               | 32 768                                             |
| 20               | 1 048 576                                          |
| 30               | 1 073 741 827                                      |

Tabela 1: velikost pomnilnikov v odvisnosti od stopnje sita

Iz tabele 1 je razvidno, da je kljub današnjemu stanju tehnologije v praksi zelo težko realizirati digitalna sita pri katerih je število koeficientov impulznega odziva večje od  $N > 21$ . Zato pa je po drugi strani hitrost izračunavanja izhodne vrednosti v primerjavi s klasično realizacijsko obliko s slike 1 določena le s številom bitov  $B$  v zapisu vhodnih spremenljivk in neodvisna od velikosti stopnje digitalnega sita. To pride do posebne veljave v sistemih, ko je  $N > B$ .

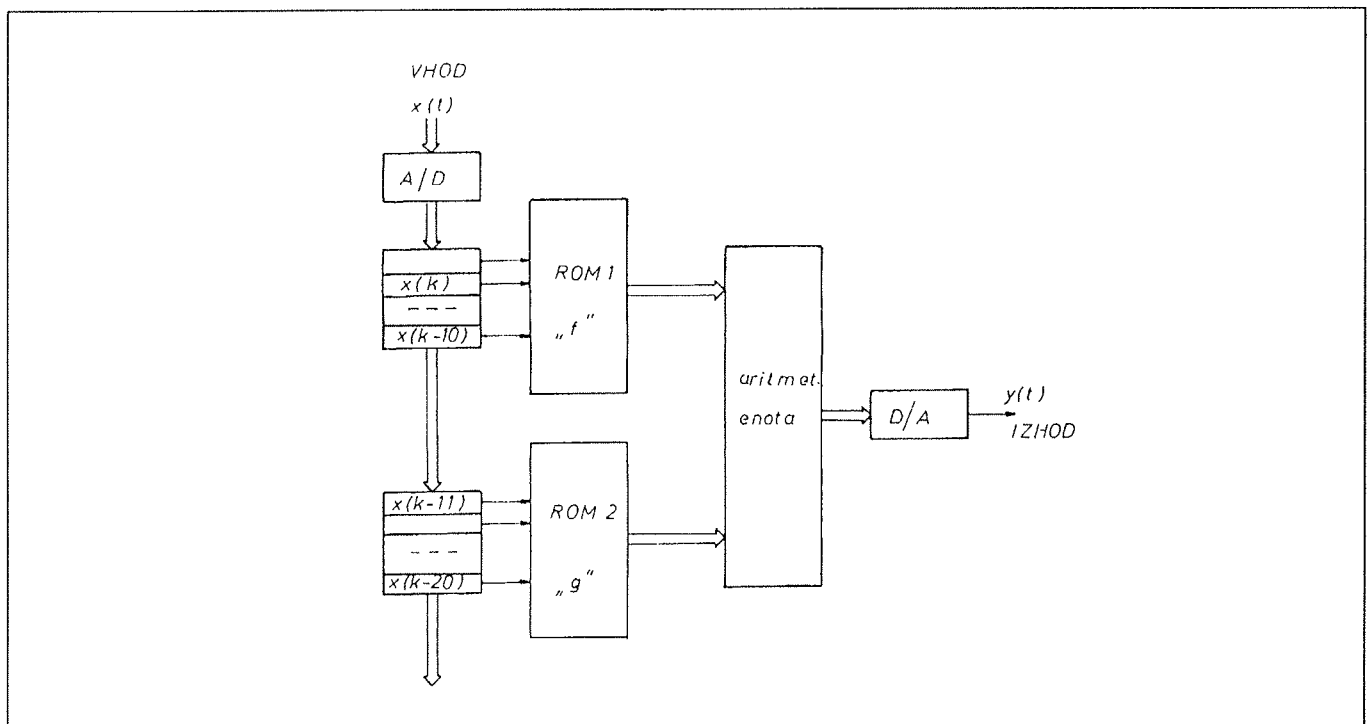
Velikost pomnilnika lahko zmanjšamo na račun zmanjšanja hitrosti delovanja. To dosežemo z delitvijo enačbe 1 na  $M$  modulov:



Slika 3: realizacija digitalnega sita s porazdeljeno aritmetiko z uporabo M modulov

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N_1} h(n)x(k-n) + \sum_{n=N_1+1}^{N_2} h(n)x(k-n) + \dots + \sum_{n=N_{m-1}+1}^{N-1} h(n)x(k-n) \quad (7)$$

kjer so  $N_1 < N_2 < \dots < N_{m-1}$  poljubno velike stopnje posameznih delov, ki jih imenujemo moduli. Vsak modul zase realiziramo sedaj po metodi porazdeljene aritmetike, izhodno vrednost  $y$  pa dobimo z dodatnim seštevanjem  $M$  izhodov posameznih modulov. Strukturo ponazarja slika 3.



Slika 4: blokovna shema praktične realizacije digitalnega sita s porazdeljeno aritmetiko

Vhodno polje je razdeljeno na  $M$  delov. Vsak del zase naslavlja ustrezeni pomnilnik, v katerem so shranjene v naprej izračunane delne vsote posameznih modulov. V tem primeru potrebujemo pomnilnik gledano kot celota z  $2^{N/M}$  lokacijami. To je lahko bistveno manj kot v osnovni izvedbi porazdeljene aritmetike. Zato pa potrebujemo sedaj  $M$  akumulatorjev in dodatno seštevanje izhodnih vrednosti iz posameznih modulov.

### 3. PRIMER PRAKTIČNE REALIZACIJE

Za konkretno realizacijo nerekurzivnega digitalnega sita po principu porazdeljene aritmetike smo uporabili nizko prepustno sito z  $N = 21$  koeficienti impulznega odziva z dvema različnima frekvenčnima karakteristikama. Koeficiente sita smo izračunali s programskim paketom za načrtovanje optimalnih enakomerno valovitih nerekurzivnih digitalnih sit (5). V prvem primeru so bili osnovni parametri sita določeni s prepustno mejno frekvenco  $f_p = 0,1 f_v$ , zaporno mejno frekvenco  $f_z = 0,125 f_v$ ; v drugem primeru pa je bila pri isti  $f_p$  spremenjena  $f_z = 0,175 f_v$ . S  $f_v$  je označena frekvenca vzorčenja vhodnega signala.

Blokovna shema digitalnega sita je prikazana na sliki 4. Vezje sestavljajo vhodno izhodna enota z analogno digitalnim in digitalno analognim pretvornikom, vhodno polje, EPROM pomnilnik in aritmetična enota. Sistem je zasnovan na B=8 bitni aritmetiki.

Za izbrano digitalno sito bi pri realizaciji po sliki 2 potrebovali EPROM pomnilnik z  $2^{21}$  naslovi, kar je danes na meji tehnološke zmogljivosti. Zato smo uporabili realizacijsko strukturo prikazano na sliki 3, s tem da smo izbrali le dva modula ( $M=2$ ). Skupno vhodno polje, ki je razdeljeno na dva dela, je sestavljeno iz 21 osembitnih pomičnih registrov. Prvih 11 registrov definira naslovni vektor za prvi EPROM pomnilnik s kapaciteto  $2048 \times 8$  bitov, drugih 10 registrov pa definira naslovni vektor za drugi EPROM pomnilnik s kapaciteto  $1024 \times 8$  bitov. Za aritmetično enoto pa smo uporabili mikroračunalnik ID1680, tako da smo utežni vsoti kot delna rezultata iz modulov ter končno seštevanje izvedli v programski obliki. Zaradi tega je bilo delovanje digitalnega sita omejeno na nizke frekvence, s čimer pa nismo izgubili na splošnosti. Frekvenca vzorčenja je bila  $f_v = 1 \text{ kHz}$ .

Enačba 7 se z upoštevanjem  $M=2$  in izbrani vrednosti  $N_1=10$  glasi

$$y(k) = \sum_{n=0}^{10} h(n)x(k-n) + \sum_{n=11}^{20} h(n)x(k-n) \quad (8)$$

Z upoštevanjem enačbe 6 bomo dobili izhodno vrednost  $y(k)$  v primeru dveh modulov v obliki

$$y(k) = (-f_{0k} + \sum_{m=1}^7 f_{mk} 2^{-m}) + (-g_{0k} + \sum_{m=1}^7 g_{mk} 2^{-m}) \quad (9)$$

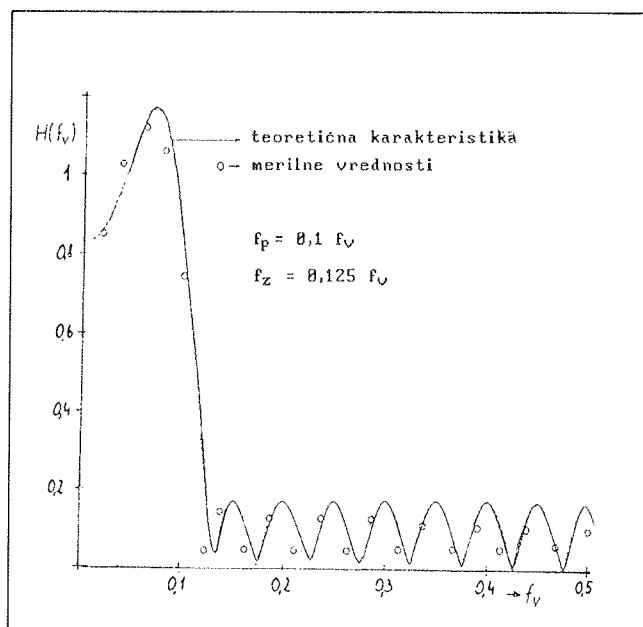
V praksi je potrebno zgornjo enačbo preurediti v obliko:

$$y(k) = ((((((f_{7k} + g_{7k}) 2^{-1} + (f_{6k} + g_{6k})) 2^{-1} + \dots + (f_{1k} + g_{1k})) 2^{-1} + (-f_{0k} - g_{0k})) \quad (10)$$

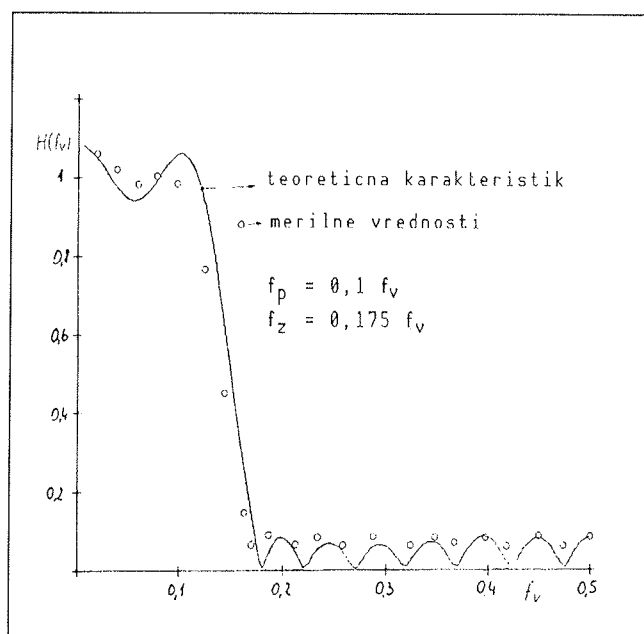
Enačba 10 nazorno prikazuje princip izračunavanja utežne vsote izhodnega rezultata. Zaradi spremenjenega vrstnega reda klicanja delnih vsot  $f_{mk}$  in  $g_{mk}$  je potrebno ustrezno spremeniti tudi vrstni red naslovnih vektorjev v vhodnem polju.

Rezultati realizacije digitalnega sita so zajeti v izmerjenih frekvenčnih karakteristikah obeh načrtovanih nizkoprepustnih sitih v primerjavi s teoretično izračunano frekvenčno karakteristiko in prikazani na sliki 5a in 5b.

Spremembo frekvenčne karakteristike smo izvedli z enostavno zamenjavo EPROM pomnilnikov za katere smo v naprej izračunali vrednosti delnih vsot.



Slika 5 a



Slika 5 b: Frekvenčni karakteristiki realiziranega nizkoprepustnega sita v primerjavi s teoretično karakteristiko

#### 4. ZAKLJUČEK

V prispevku je opisana realizacija digitalnega sita po principu porazdeljene aritmetike s praktičnim prikazom nizkoprepustnega sita stopnje  $N-1 = 20$ . Iz rezultatov frekvenčnih odzivov vidimo, da se izmerjena frekvenčna karakteristika zelo dobro ujema s teoretično izračunano karakteristiko. Pri uporabi osem bitne aritmetike in uporabljeni stopnji sita slabljenje praktično realiziranega sistema še ne odstopa od teoretičnih izračunov. Čeprav smo uporabili mikroprocesorsko podprto aritmetično enoto je očitno enostavna in učinkovita možnost realizacije digitalnih sit s porazdeljeno aritmetiko. Vse prednosti pa pridejo do izraza s popolno aparaturno realizacijo.

Poleg učinkovitosti postopka vidimo, da imamo opraviti s sorazmerno enostavno in splošno uporabno konfiguracijo digitalnega sistema za obdelavo signalov, ki je zanimiva tudi za mikroelektronsko realizacijo. Posebno pomembno je dejstvo, da omogoča uporaba porazdeljene aritmetike pri skrbnem načrtovanju veliko zmanjšanje aparaturne kompleksnosti.

#### 5. LITERATURA

- (1) E.Andersson : A Digital Filter Implemented in Parallel Form Symp on Digital Filtering, Imperial College, London 1971
- (2) A.Peled, B.Liu : A New Hardware Realisation of Digital Filters, IEEE Trans. on ASSP, vol ASSP-22, dec 1984
- (3) C.S.Burrus : Digital Filter Structures Described by Distributed Arithmetic, IEEE Tran. on CAS, vol CAS-24, no. 12, dec 1977
- (4) F.J.Taylor : A Distributed Arithmetic MFIR Filter, IEEE Trans, ASSP, vol ASSP-32, no. 1, feb 1984
- (5) J.H.Mc Clellan, T.W.Parks, L.R.Rabiner : A Computer Program for Designing optimum FIR Linear Phase Digital Filters, IEEE Trans on Audio and Electroacoust., vol Au-21, no. 6. 1973

*mag. Rudi BABIČ, dipl.ing.*  
*Mitja SOLAR, dipl.ing.*  
*mag. Tomaž DOGŠA, dipl.ing.*  
*vsi Univerza v Mariboru*  
**TEHNIŠKA FAKULTETA MARIBOR**  
*VTO Elektrotehnika,*  
*računalništvo in informatika*  
*Smetanova 17, 62000 Maribor*

*Prispelo: 21. 11. 1989 Sprejeto: 05.12.1989*



# DEBELOPLASTNI SUPERPREVODNIKI NA OSNOVI $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , MODIFICIRANEGA S $\text{PbO}$ IN Z $\text{Bi}_2\text{O}_3$

Marko Hrovat, Slavko Bernik, Drago Kolar, Ida Jarkovič\*

KLJUČNE BESEDE: visokotemperaturni superprevodniki, debeloplastni superprevodniki,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , eksperimenti

POVZETEK: Sintetizirali smo visokotemperaturne superprevodne materiale na osnovi spojine  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , modificirane z dodatkom  $\text{PbO}$  ali  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Študirali smo vpliv dodatka  $\text{PbO}$  ali  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  na sintranje. Debeloplastne paste, pripravljene iz predreagirane materiala in organskega nosilca, smo žgali na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in  $\text{ZrO}_2$  substratih. Začetek padanja upornosti ( $T_c$  onset) je bil pri 95 K, upornost nič pa so debeloplastni superprevodniki, odvisno od sestave, dosegli med 65 in 85 K.

## THICK FILM SUPERCONDUCTORS BASED ON $\text{Bi}_2\text{O}_3$ AND $\text{PbO}$ MODIFIED $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

KEY WORDS: high  $T_c$  superconductors, thick film superconductors, modified Y-Ba $_2$ Cu $_3$ O $_7$  experiments

ABSTRACT: High temperature superconducting materials, based on  $\text{PbO}$  or  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  modified  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  compound were synthesized. The influence of  $\text{PbO}$  or  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  additions on sintering were studied. Thick film pastes, prepared from prereacted material and organic vehicle, was fired on  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{ZrO}_2$  substrates.  $T_c$  (onset) was 95 K and  $T_c$  ( $R=0$ ), depending on composition, between 65 and 85 K.

### UVOD

Z odkritjem visokotemperaturne superprevodnosti v sistemu  $\text{Y}_2\text{O}_3$ -BaO-CuO<sup>(1)</sup> s kritično temperaturo okrog 95 K, to je nad vreliščem tekočega dušika (77 K), so se vsaj teoretično odprle možnosti uporabe superprevodnosti na najrazličnejših področjih, od mikroelektronike do močnostnih aplikacij. Najverjetneje pa bodo visokotemperaturni superprevodniki, vsaj v naslednjih nekaj letih, uporabljeni predvsem v mikroelektroniki, na primer senzorji magnetnega pretoka, povezave med polprevodniškimi tabletkami (chipi) na vezjih ali na samih tabletkah itd.<sup>(2,3)</sup> V literaturi poročajo predvsem o pripravi tenkih plasti, nekateri avtorji pa tudi o debeloplastnih superprevodnikih<sup>(4,5)</sup>. V članku poročamo o rezultatih preiskav debeloplastnih superprevodnikov na osnovi spojine  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . Ker se sama spojina  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  slabo sintra<sup>(6,7)</sup>, smo del  $\text{Y}_2\text{O}_3$  zamenjali z  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  oziroma del BaO s  $\text{PbO}$ . Ta dva oksida imata nizko tališče, prvi pri 825°C in drugi pri 885°C. Iz istega razloga smo del vzorcev pripravili z dodatkom spojine  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$  s temperaturo tališča 845°C. Upali smo tudi, da bo ta spojina reagirala s keramičnim substratom in izboljšala adhezijo žganih plasti<sup>(8)</sup>.

### EKSPERIMENTALNO DELO

Za eksperimentalno delo smo uporabili  $\text{Y}_2\text{O}_3$  (99,9 %, Ventron),  $\text{BaCO}_3$  (extra pure, Merck), CuO (Code No. 304832, Ventron),  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (99,9 %, Merck) in  $\text{PbO}$  (+99 %, Merck). Naziv sestav vzorcev v tekstu je nominalen, kar pomeni, koliko  $\text{Y}_2\text{O}_3$  smo zamenjali z  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ali BaO s  $\text{PbO}$ . Ker se po žganju  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  in  $\text{PbO}$  nahajata samo v fazi na mejah med zrni<sup>(9)</sup>, bi morala biti na primer za

$\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  prava formula  $\text{Y}_{0,8}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 - 0,1 \text{ Bi}_2\text{O}_3$ .

Vzorci smo zmešali v izopropilnem alkoholu, stisnili v tablete in jih žgali 12 ur pri 850°C. Nominalne sestave so bile

$\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,

$\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,

$\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,7}\text{Bi}_{0,3}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.} \% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$ . Krivulje sintranja smo posneli na segrevalnem mikroskopu s hitrostjo segrevanja 10 K/min. Debeloplastne paste smo pripravili iz zmletga kalciniranega materiala in organskega nosilca (-terpineol, butil karbitol acetat in etil celuloza). Paste smo nanесли na substrate iz 96%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ali  $\text{ZrO}_2$  ( $\text{ZrO}_2$ , stabiliziran z  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ). Elektrode za meritev upornosti so bili predžgani debeloplastni prevodniki na osnovi Ag. Po sušenju (10 min pri 150°C) smo paste žgali 5 ur pri 900°C, nato pa še 5 ur na 400°C.

Odvisnost upornosti od temperature za material v obliki tabletk in za debeloplastne plasti smo izmerili do temperature tekočega dušika. Superprevodnost tabletk smo testirali tudi z Meissner-jevim efektom - superprevodnik izrine silnice magnetnega polja in pri temperaturi tekočega dušika lebdi nad magnetom. Adhezijo žganih plasti smo ocenili z metodo "scotch tape method"<sup>(10)</sup>. Samolepilni trak prilepimo na plast in sunkoma odluščimo.

Mikrostrukturo vzorcev smo posneli z elektronskim vrstičnim mikroskopom. Stik med superprevodno plastjo

in keramičnim substratom smo analizirali z EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy).

## REZULTATI IN DISKUSIJA

Krivulje zgoščevanja za  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.}\% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$  so prikazane na sliki 1. Skrček samega  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  je okrog 3%, z dodatkom  $\text{PbO}$  in  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  med 8 in 9%, z dodatkom  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$  pa okrog 6%. To kaže, da  $\text{PbO}$  in  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ali sama po sebi ali pa tako, da nastanejo s prisotnimi oksidi nizkotemperaturni evtektiki, tvorita tekočo fazo, ki "pospeši" zgoščevanje materiala.

Rezultati meritve odvisnosti upornosti od temperature in Meissner-jevega efekta tabletk so podani v tabeli I. "Upornost nič" pomeni, da je material postal superprevoden nad vreliščem tekočega dušika (77 K).

| Tabela I                                                                        |                    |              |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|------------|
| Meissner-jev efekt in $T_c$ ( $R=0$ )                                           |                    |              |            |
| Vzorec                                                                          | Meissner-jev efekt | Upornost nič | $T_c(R=0)$ |
| $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$                          | da                 | da           | 90 K       |
| $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$                 | da                 | da           | 80 K       |
| $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$                 | da                 | da           | 90 K       |
| $\text{Y}_{0,7}\text{Bi}_{0,3}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$                 | da                 | ne           | /          |
| $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.}\% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$ | da                 | da           | 85 K       |

Rezultati za sestavo  $\text{Y}_{0,7}\text{Bi}_{0,3}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , pri kateri se pojavi Meissner-jev efekt, vendar pa upornost ne pade na nič kažejo, da so superprevodna zrna ločena med sabo z nesuperprevodno fazo, verjetno zaradi relativno velikega dodatka  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

Debeloplastne paste, pripravljene iz  $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.}\% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$  so bile žgane na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in  $\text{ZrO}_2$  substratih. Adhezija superprevodnih plasti z dodatkom  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  je bila razmeroma dobra, plasti se ni dalo odtrgati s samolepilnim trakom. S to, sorazmerno neobčutljivo metodo, nismo mogli ugotoviti razlike v adheziji med materialom z dodatkom  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ali  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$ . Adhezija materiala z dodatkom  $\text{PbO}$  je bila slabša - plasti so se pri testu odluščile.

Mikrostrukture prelomov plasti na keramiki so prikazane na sliki 2 ( $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ), sliki 3 ( $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) in sliki 4

( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.}\% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$ ). Zasintrana zrna tvorijo sorazmerno porozno strukturo, ker je v izhodnem materialu samo okrog 50 vol.% superprevodne spojine, ostalo pa je organski nosilec, ki med žganjem odhlapi ali zgori. Stik med debeloplastnom materialom in keramičnim substratom je intimen, kar kaže na reakcijo med superprevodnim materialom in keramiko. Vendar pa z EDX analizo nismo mogli opaziti difuzije oksidov iz superprevodne plasti v keramiko ali iz keramike v superprevodnik.

Diagrama tipičnih odvisnosti upornosti od temperature sta prikazana na sliki 5 ( $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{ZrO}_2$  substratu) in sliki 6 ( $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratu). Upornost prične padati pri 95 K in doseže vrednost nič nad 80 K.

| Tabela II                                                                       |                         |              |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|
| Debeloplastni superprevodnik                                                    | Substrat                | Upornost nič | $T_c(R=0)$ |
| $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$                          | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | da           | 77 K       |
|                                                                                 | $\text{ZrO}_2$          | da           | 85 K       |
| $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$                 | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | ne           | 65-70 K*   |
|                                                                                 | $\text{ZrO}_2$          | da           | 80 K       |
| $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$                 | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | da           | 85 K       |
|                                                                                 | $\text{ZrO}_2$          |              | 85 K       |
| $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut.}\% \text{ Bi}_2\text{CuO}_4$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | polprevoden  |            |
|                                                                                 | $\text{ZrO}_2$          | da           | 80 K       |

\*ekstrapolirano

Rezultati meritev odvisnosti upornosti od temperature debeloplastnih superprevodnikov so zbrani v Tabeli II. Začetek padanja upornosti  $T_c$  (onset) je bil pri vseh sestavah okrog 95 K. "Upornost nič" pomeni, da je vzorec postal superprevoden nad vreliščem tekočega dušika.

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + \text{Bi}_2\text{CuO}_4$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratih ima polprevodno odvisnost upornosti od temperature, to je, upornost narašča s padajočo temperaturo. Upornost  $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratu pade pri 77 K na 15 % vrednosti pri sobni temperaturi, z ekstrapolacijo ocenjena temperatura, pri kateri pade upornost na nič ( $T_c R=0$ ) pa je med 65 in 70 K.  $T_c (R=0)$  ostalih vzorcev je med 80 in 85 K. Najboljši rezultati so pri materialu z nominalno sestavo  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , kjer je upornost padla na nič na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in  $\text{ZrO}_2$  substratih pri 85 K.

## SKLEP

Debeloplastne superprevodnike smo pripravili iz materiala z nominalnimi sestavami  $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut. \% Bi}_2\text{CuO}_4$  ter organskega nosilca. Žgali smo jih na substratih iz  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in  $\text{ZrO}_2$  in izmerili odvisnost upornosti od temperature. Pričetek padanja upornosti  $T_c$  (onset) je bil okrog 95 K. Upornost plasti na  $\text{ZrO}_2$  substratih je padla na nič med 80 in 85 K. Vzorec s sestavo  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut. \%}$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratih je bil polprevoden, upornost  $\text{Y}_{0,9}\text{Bi}_{0,1}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pa je padla na nič pod temperaturo vrelišča tekočeka dušika med 65 in 70 K. Najboljše rezultate smo dosegli z nominalno sestavo  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , pri kateri je upornost padla na nič na obeh vrstah substratov pri 85 K.

## ZAHVALA

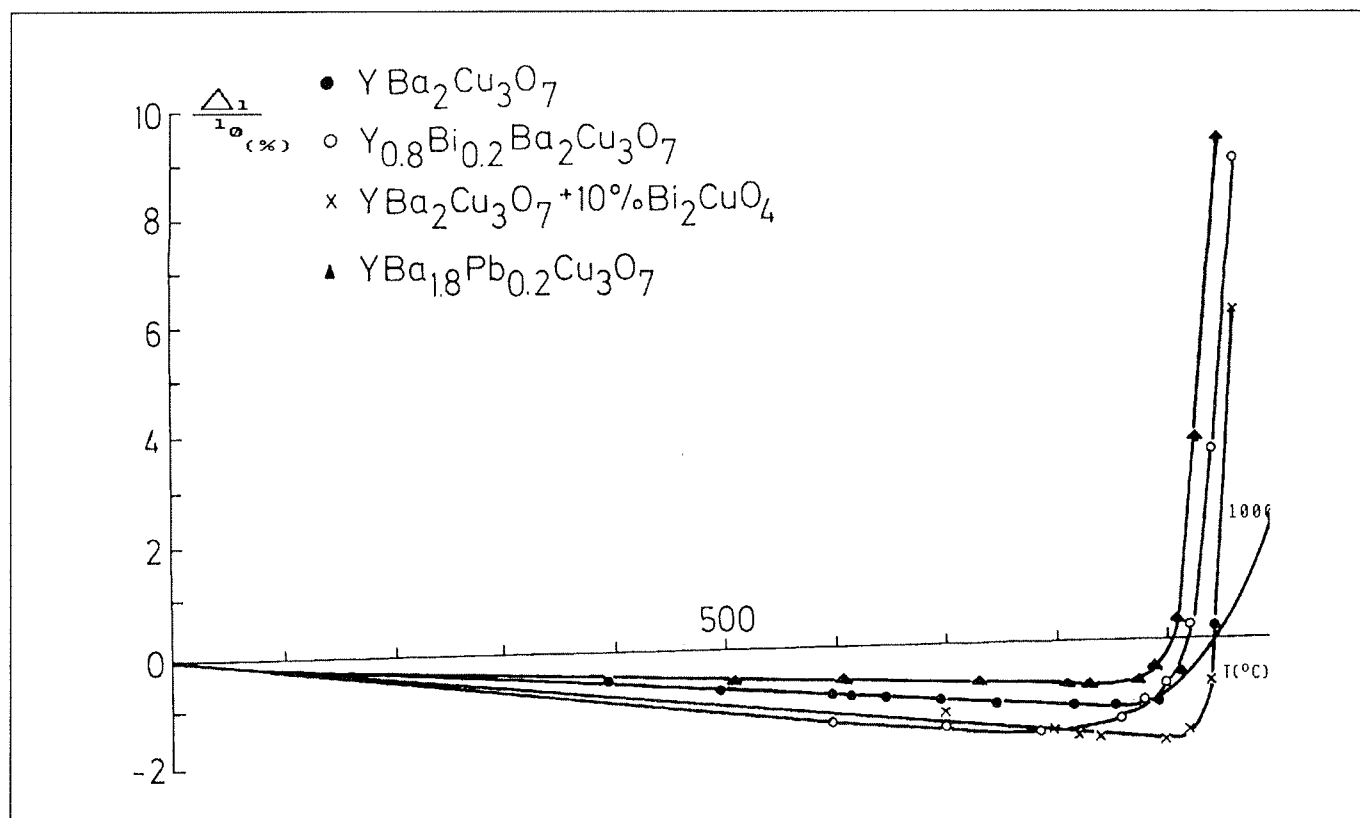
Zahvaljujemo se dr. Tomažu Kosmaču za pripravo  $\text{ZrO}_2$  keramike in Jarmili Wernig za posnetke na elektronskem vrstičnem mikroskopu ter EDX analizo. Za sofinanciranje se zahvaljujemo Raziskovalni skupnosti Slovenije.

## REFERENCES

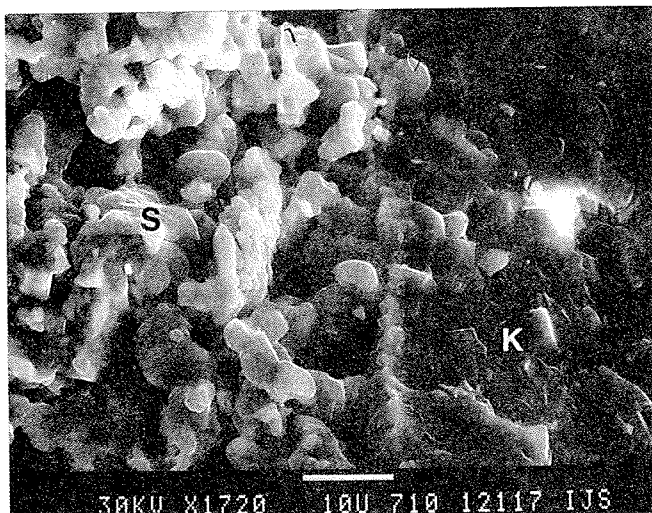
1. M. K. Wu et al., Phys. Rev. Lett., 58, (9), (1987), 908-910
2. M. R. Leibowitz, Electronic Business, 13, (19), (1987), 28-30
3. L. Garwin, P. Campbell, Nature, 330, (1987), (17 Dec.), 611-614
4. D. W. Murphy et al., Science, 241, (1988), (19 Aug.), 922-930
5. M. Hrovat et al., Elektrotehniški vestnik, 56, (1), (1989), 13-16
6. S. H. Kilcoyne, R. Cywinski, J. Phys. D: Appl. Phys., 20, (10), (1987), 1327-1329
7. S. Bernik, M. Hrovat, D. Kolar, Supercond. Sci. Technol., 2, (1), (1989), 22-24
8. M. Hrovat, D. Kolar, J. Mat. Sci. Lett., 3, (8), (1984), 659-662
9. M. Hrovat et al., "Investigations of superconducting  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  ceramic by Auger electron spectroscopy" (sprejeto v objavo v Vacuum)
10. Standard MIL-C-675 C

mag. Marko Horvat, dipl.ing., Slavko Bernik, dipl.ing.,  
prof. dr. Drago Kolar, dipl.ing.  
Institut Jožef Stefan, Univerza E. Kardelja,  
Jamova 39, 61000 Ljubljana,  
Ida Jarković, dipl.ing. Iskra Elementi,  
TOZD HIPOT, Šentjernej

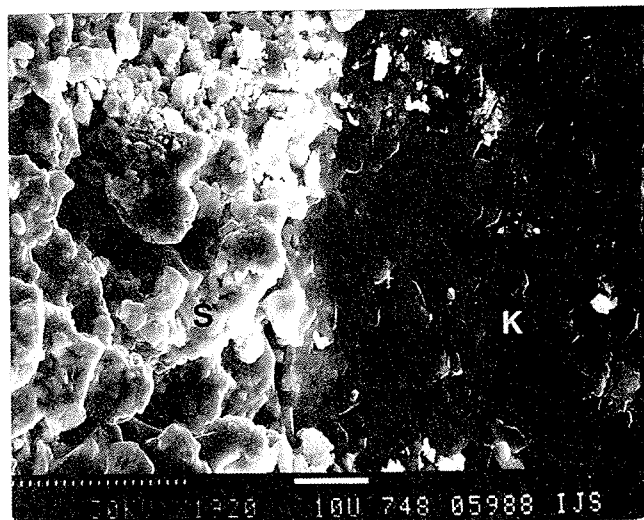
Prispelo: 30.08.1989 Sprejeto: 31.10.1989



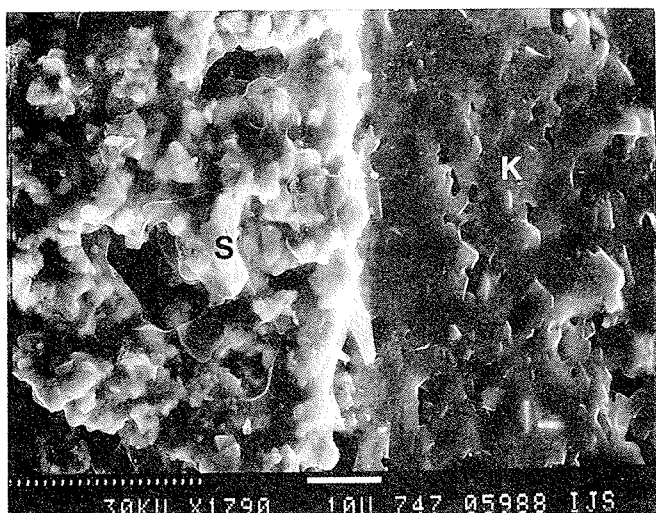
Slika 1: Krivulje sintranja  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{YBa}_{1,8}\text{Pb}_{0,2}\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_{0,8}\text{Bi}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut. \% Bi}_2\text{CuO}_4$ . Sestave so bile kalcinirane pri  $850^\circ\text{C}$ .



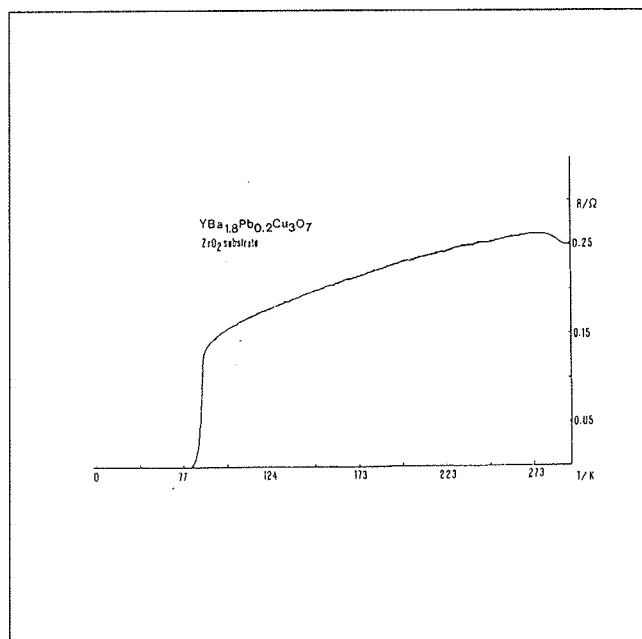
Slika 2: Mikrostruktura preloma debeloplastnega superprevodnika z nominalno sestavo  $\text{YBa}_{1.8}\text{Pb}_{0.2}\text{Cu}_3\text{O}_7$  na keramičnem substratu. K=keramika, S=superprevodnik



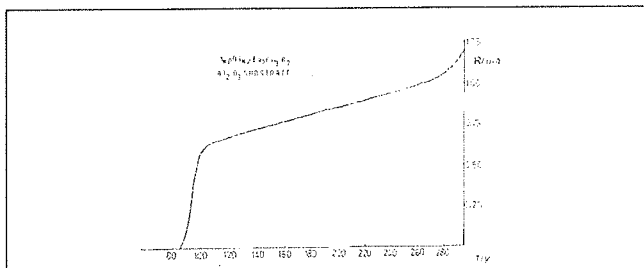
Slika 3: Mikrostruktura preloma debeloplastnega superprevodnika z nominalno sestavo  $\text{Y}_{0.8}\text{Bi}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  na keramičnem substratu. K=keramika, S=superprevodnik



Slika 4: Mikrostruktura preloma debeloplastnega superprevodnika s sestavo  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + 10 \text{ ut. } \% \text{Bi}_2\text{CuO}_4$  na keramičnem substratu. K=keramika, S=superprevodnik



Slika 5: Odvisnost upornosti od temperature debeloplastnega superprevodnika z nominalno sestavo  $\text{YBa}_{1.8}\text{Pb}_{0.2}\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{ZrO}_2$  substratu. Material je bil žgan 5 ur pri  $900^\circ$  in 5 ur pri  $400^\circ \text{C}$ .



Slika 6: Odvisnost upornosti od temperature debeloplastnega superprevodnika z nominalno sestavo  $\text{Y}_{0.8}\text{Bi}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratu. Material je bil žgan 5 ur pri  $900^\circ$  in 5 ur pri  $400^\circ \text{C}$ .

# SINTRANI TRAJNI NdFeB MAGNETI

Janez Holc, Boris Saje in Spomenka Beseničar

**KLJUČNE BESEDE:** trajni magneti, magneti NdFeB, sintrani magneti, magneti redkih zemelj, magnetne zlitine, magnetne lastnosti, tehnologija, sintranje

**POVZETEK:** S taljenjem osnovnih komponent smo pripravili osnovno zlitino za izdelavo trajnih magnetov NdFeB. Iz nje so bili po postopku prašne metalurgije pripravljeni magneti.

## SINTERED PERMANENT NdFeB MAGNETS

**KEY WORDS:** permanent magnets, NdFeB magnets, sintered magnets, rare earth magnets, magnetic alloys, magnetic properties, manufacturing process, sintering

**ABSTRACT:** Basic alloy for permanent magnets NdFeB was prepared by arc melting of elementary components. Sintered magnets using this alloy were prepared with powder metallurgy methods.

### 1. UVOD

Leta 1984 so se pojavile prve publikacije in patenti o odkritju nove trdomagnetne faze v sistemu Fe-Nd-B (1). Intermetalna spojina  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ , ki so jo odkrili v tem sistemu, kot zgleđa precej slučajno, ima v primerjavi s spojinami v sistemu Sm-Co večjo remanentno magnetizacijo, kar je za uporabo trajnih magnetov poleg visoke koercitivne sile bistvenega pomena. Imajo pa ti magneti še nekaj prednosti pred generacijo Sm-Co magnetov to so: v zlitini se ne pojavlja kobalt, ki postaja na svetovnem tržišču strateški material, zato je drag in samarij je nadomeščen z neodimom, ki ga je v večini mineralov, iz katerih pridobivajo redke zemlje skoraj 10 x več kot samarija.

Magnetni, izdelani iz teh zlitin so lažji kot Sm-Co magneti hkrati pa imajo še večjo mehansko trdnost. Tej množici dobrih lastnosti pa moramo dodati še nekaj slabosti; to sta predvsem slaba temperaturna in korozijska obstojnost. Zaradi teh značilnosti te magnetne uporabljajo v sklopih, kjer je potrebna miniaturizacija, napovedujejo pa, da se bo uporaba teh magnetov razširila tudi npr. na področja avtomobilske tehnike in strojev za domačo uporabo. Kot primer navajamo General Motors, ki je razvil motor za Sunraycer, to je vozilo, ki uporablja kot izvor sončno energijo (2). Motor z močjo dveh konjskih moči je težak samo 3,7 kg, izdelan je iz sintranih Magnaquenč (op) \*segmentov in ima izkoristek 92 % v primerjavi s klasičnimi elektromotorji, ki imajo izkoristek od 75 - 85 %.

Trendi razvoja NdFeB magnetov gredo v smer odpravljanja slabosti, ki so predvsem nizke Curiejeve temperature in veliki temperaturni koeficienti remanentne magnetizacije in koercitivne poljske jakosti. Trdomagnetna spojina  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  ima relativno nizko Curiejevo temperaturo, ki je okoli 300°C. Zato zlitini dodajajo elemente, ki nadomestijo Fe v večini primerov Co, dodajajo pa tudi Ni, Si in Ga (3,4). Druga skupina elementov, ki imajo atomski radij večji kot Fe zmanjšujejo Curiejevo temperaturo, toda povečujejo koercitivno poljsko jakost. Ti dodatki so Al, Cr, Mn in drugi (4). Najboljši način za izboljšanje magnetnih lastnosti sintranih magnetov NdFeB pa je kombinirano dodajanje legiranih elementov. K osnovni sestavi, ki je v večini primerov  $\text{Nd}_{15}\text{Fe}_{77}\text{B}_8$  (1) dodajajo Al, Nb, Mo, Zr, Ga in Dy (4). Vsi ti dodatki bistveno povečajo koercitivno poljsko jakost, če ima osnovna zlitina polarizacijsko koercitivno poljsko jakost okoli 800 kA/m se s temi dodatki poveča na 1500 - 2000 kA/m. Namen našega dela je bil pripraviti osnovno zlitino, ki bi ustrezala za izdelavo sintranih magnetov, razviti postopek izdelave magnetov ter raziskati vpliv nekaterih parametrov priprave na končne magnetne lastnosti.

### 2. POSTOPEK IZDELAVE ZLITINE IN SINTRANIH MAGNETOV

Za pripravo zlitine smo uporabili predzlitine FeDy, FeNd in FeB ter Fe proizvajalca Treibacher Chemische Werke AG iz Avstrije. Zatehtano količino komponent smo pretalili v elektro obločni peči v atmosferi prečiščenega

\* Magnaquenč je komercialno ime za magnetne NdFeB, ki jih proizvaja firma General Motors



argona (5). Po taljenju smo pretaljene kose zlitine zdrobili na manjše kose, tako da so ustrezali za nadaljnje mletje. Uporabljali smo tudi komercialni prah zlitine NdFeB proizvajalca Goldschmidta iz ZRN. Kemijska sestava obeh zlitin je podana v tabeli I. Iz tabele je razvidno, da sta sestavi obeh zlitin precej podobni. Vsebnost kisika v izdelani zlitini je povprečje med sredino in robom ingota, sredina je vsebovala okoli 0,1 ut. % kisika rob pa 0,8 ut. % kisika.

| Tabela I: Kemijska sestava zlitin NdFeB. |                            |                         |
|------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Element                                  | Komercialna zlitina (ut.%) | Izdelana zlitina (ut.%) |
| Nd                                       | 30,6                       | 31,0                    |
| Dy                                       | 3,0                        | 3,1                     |
| B                                        | 1,2                        | 1,3                     |
| Fe                                       | 64,2                       | 64,6                    |
| O                                        | 0,3                        | 0,5                     |

Zlitine NdFeB, posebno če so v prahasti obliki, so zelo občutljive na kisik in vlago. Zmlet prah pa je celo piroforen tako, da je pri delu s temi prahi potrebna maksimalna pazljivost. Delo s prahi je zato potekalo v posebnih, za to izdelanih suhih komorah napolnjenih s čistim argonom (6).

Prahe smo mleli v krogelnem in attritorskem mlinu do povprečne velikosti po Fisherju okoli 3 mikrometre, kot mlevni medij pa smo uporabljali očiščen heksan. Posušeni prah smo usmerili v impulznem magnetnem polju 5 T in ga izostatsko stisnili s pritiskom 500 MPa.

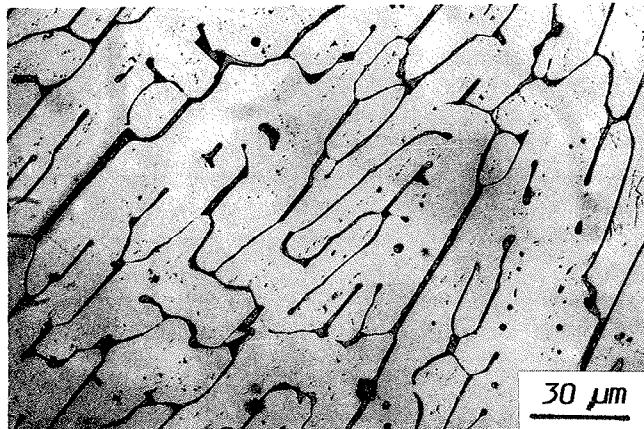
Vzorci smo sintrali in toplotno obdelali v vakuumski peči (7). Temperatura sintranja je bila od 1050 do 1100 °C eno uro, toplotna obdelava pa v območju od 600 do 950 °C, različno dolgi časi. Po toplotni obdelavi smo vzorce zakalili.

Sintrane in popuščene vzorce magnetov smo karakterizirali z meritvami gostote, magnetnih lastnosti pri sobni in povišani temperaturi, kemijsko analizo, vsebnostjo kisika in metalografijo.

### 3. REZULTATI IN DISKUSIJA

Na sliki 1 je mikrostruktura vzorca zlitine NdFeB, staljene v elektro obločni peči. Usmerjena zrna magnetne faze Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B (T1) kažejo, da poteka strjevanje po taljenju zelo hitro. V podolgovatih zrnih magnetne faze so dendriti  $\alpha$ -Fe, ki nastanejo med neravnotežnim strjevanjem taline, na mejah med zrni pa se nahaja mehko magnetna faza NdFe<sub>4</sub>B<sub>4</sub> (8).

Sestava zlitine, ki ustreza za pripravo sintranih magnetov ni enaka sestavi trdomagnetne faze T1, ampak se v tej zlitini nahaja višek redkih zemelj in bora; ta sestava je Nd<sub>15</sub>Fe<sub>77</sub>B<sub>8</sub> (1). Pribitek redkih zemelj in bora je dodan zato, da poteka sintranje v prisotnosti tekoče faze (1), hkrati pa se kompenzirajo izgube elementov redkih zemelj zaradi oksidacije zlitine med pripravo prahu in sintranjem. V primeru ko sestava zlitine postane siromašnejša na elementih redkih zemelj se sestava zlitine pomakne v območje obstojnosti  $\alpha$ -Fe (8), ki pa kot mehkomagnetni vključek predstavlja center za pripenjanje domen z nasprotno magnetizacijo in se zato magnet že ob najmanjšem zunanem polju razmagnetni.

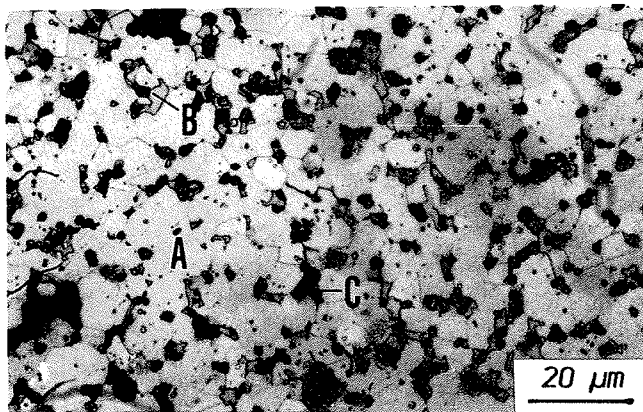


Slika 1: Mikrostruktura taljenega vzorca NdFeB zlitine

Poseben problem pri pripravi sintranih magnetov NdFeB predstavlja mletje. Zlitina ima za mletje dve slabi lastnosti, to sta velika občutljivost na oksidacijo in kovnost zaradi prisotnega elementarnega Nd. Za mletje se uporablja attritorski ali jet mlin, kot medij za mletje pa brezvodne organske spojine (heksan, cikloheksan itd.). Mi smo uporabljali krogelni mlin zato so se časi potrebni za doseganje potrebne povprečne velikosti zrn gibali tja do 24 ur, kar je za tehnološko uporabo predolg čas. Attritorski mlin zmelje prah NdFeB zlitine do ustrezne velikosti že v pol ure ali celo manj, hkrati pa je tudi porazdelitev velikosti delcev ožja. Tovrstni mlin smo uporabljali za mletje komercialne zlitine NdFeB firme Goldschmidt.

Najnovejši postopek priprave prahu NdFeB zlitin je hidriranje osnovne zlitine po taljenju (9). Ker ima hidrid večji molski volumen kot osnovna zlitina, kosi zlitine sami razpadejo na manjše kose. Zaradi notranjih razpok v zlitini je prah zelo krhek, zato ga je lahko zmleti do ustrezne velikosti delcev v attritorskem ali jet mlinu. V našem laboratoriju so že v teku uvodni poskusi hidriranja zlitine NdFeB ter mletja hidrirane zlitine v attritorskem mlinu.

Gostota izostatsko stisnjenih vzorcev iz komercialne in izdelane zlitine NdFeB je bila okoli 5,4 g/cm<sup>3</sup>, po sintranju pri 1080 °C eno uro pa je 7,3 do 7,4 g/cm<sup>3</sup>, kar ustreza skoraj 99 % teoretični gostoti. Gostote po sintranju so malo odvisne od temperature sintranja v območju od 1060 do 1100 °C. Mikrostruktura sintranega vzorca



Slika 2: Mikrostruktura sintranega vzorca NdFeB magneta ( 1080°C 1 uro ) pripravljenega iz prahu IJS. ( A - trdomagnetna faza  $Nd_2Fe_{14}B$ , B -  $NdFe_4B_4$  faza, C - pore )

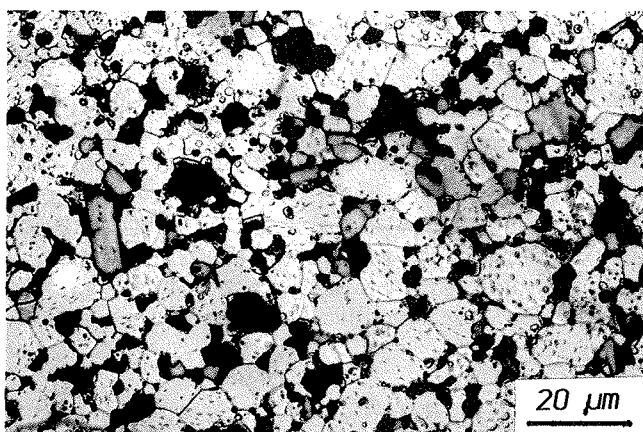
Po sintranju smo magnete termično obdelali. V tabeli II so podane magnetne lastnosti magnetov pripravljenih iz komercialne in izdelane zlitine, ki smo jih sintrali, nekatere pa še toplotno obdelali.

Magneti, izdelani iz komercialnega prahu, imajo višjo remanentno magnetizacijo kot magneti izdelani iz domačega prahu. To je posledica večje količine oksidov v izhodnem prahu. Ti oksidi razredčujejo trdomagnetno fazo T1 in zmanjšujejo remanentno magnetizacijo. Po toplotni obdelavi sintranih NdFeB magnetov se poveča koercitivna poljska jakost.

Komercialno izdelani magneti iz prahu take sestave imajo remanentno magnetizacijo v mejah od 1050 do 1250 mT, polarizacijsko koercitivno poljsko jakost od 800 do 1250 kA/m in energijski produkt od 200 do 280 kJ/m<sup>3</sup>.

| Tabela II: Magnetne lastnosti sintranih NdFeB magnetov iz različnih prahov, sintranih in toplotno obdelanih. |            |                 |                 |                                   |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|------------|
| prah                                                                                                         | $B_r$ (mT) | $H_{CI}$ (kA/m) | $H_{CB}$ (kA/m) | $(BH)_{max}$ (kJ/m <sup>3</sup> ) | opomba     |
| Goldschmidt                                                                                                  | 1210       | 680             | 660             | 265                               | sintran    |
| Goldschmidt                                                                                                  | 1210       | 860             | 750             | 275                               | + popuščan |
| Izdelan                                                                                                      | 1060       | 1080            | 800             | 214                               | sintran    |
| IJS                                                                                                          | 1050       | 1175            | 795             | 210                               | + popuščan |

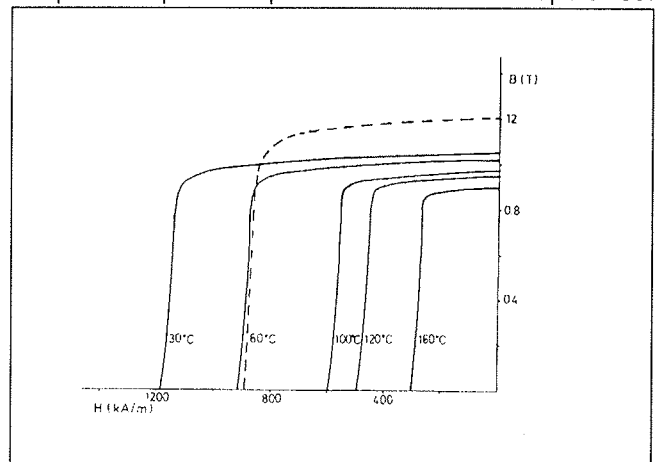
NdFeB magneta pripravljenega iz komercialne in izdelane zlitine sta na sliki 1 in 2. Na sliki 2 so označene posamezne faze in sicer A - je trdomagnetna faza T1, B -  $NdFe_4B_4$  faza in C - so pore, ki so že v materialu ali pa nastanejo z izluževanjem  $Nd_2O_3$  in z Nd bogate tekoče faze med pripravo vzorcev za metalografijo. Vzorec magneta iz komercialne zlitine ima manj por kot sintran vzorec iz pripravljene zlitine. Te pore v pripravljeni zlitini so verjetno posledica večje količine prisotnega  $Nd_2O_3$ .



Slika 3: Mikrostruktura sintranega vzorca NdFeB magneta ( 1080°C 1 uro ) pripravljenega iz prahu Goldschmidt.

NdFeB magneti imajo, kot je znano, nizko Curiejevo temperaturo in zato se magnetne lastnosti s temperaturo zelo hitro zmanjšujejo. Zato smo izmerili temperaturno odvisnost magnetnih lastnosti sintranih NdFeB magnetov, ki so podane v tabeli III.

Na sliki 4 pa so prikazane razmagnetilne krivulje za posamezne prahove in temperaturna odvisnost za magnet pripravljen iz domačega prahu. Iz tabele III je razvidno, da so magneti izdelani iz domačega prahu termično stabilnejši. Meja uporabe za trajne magnete je tista temperatura pri kateri pade koercitivna sila na polovico.



Slika 4: Razmagnetilne krivulje vzorcev NdFeB magnetov, polna črta IJS prah ter odvisnost od temperature, prekinjena črta Goldschmidt prah.

Tabela III: Temperaturna odvisnost magnetnih lastnosti sintranih NdFeB magnetov.

| prah        | T (°C) | Br (mT) | H <sub>CI</sub> (kA/m) | H <sub>CB</sub> (kA/m) | (BH) <sub>max</sub> (kJ/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|--------|---------|------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| Goldschmidt | 30     | 1160    | 660                    | 630                    | 249                                      |
|             | 60     | 1120    | 438                    | 430                    | 199                                      |
|             | 80     | 1100    | 334                    | 326                    | 121                                      |
|             | 120    | 1000    | 183                    | 179                    | 38                                       |
| Izdelan IJS | 30     | 1050    | 1170                   | 795                    | 211                                      |
|             | 60     | 1020    | 907                    | 764                    | 199                                      |
|             | 80     | 970     | 593                    | 565                    | 179                                      |
|             | 120    | 950     | 489                    | 461                    | 171                                      |

Magnetni, ki smo jih izdelali, so uporabni do temperature od 100 do 120 °C.

Magnetne lastnosti pripravljenih NdFeB magnetov so v mejah komercialnih magnetov te kvalitete. Pri pripravi zlitine bi morali uporabiti postopek taljenja, s katerim bi bilo možno v eni šarži pripraviti večji ingot, s tem pa bi se izognili veliki površinski kontaminaciji ingota. Boljše magnetne lastnosti pa je mogoče doseči z ustrežnejšim mletjem prahu, to je hidriranjem in mletjem ter z večjim dodatkom Dy, ki povečuje koercitivno poljsko jakost in s tem temperaturno stabilnost magnetov NdFeB.

#### 4. SKLEPI

Iz komercialne in v laboratoriju izdelane zlitine smo pripravili sintrane magnete NdFeB, katerih lastnosti so v okviru lastnosti komercialnih magnetov. Magnetni so uporabni od 100 do 120 °C, mejo uporabnosti pa bi lahko dvignili z ustrežnejšo pripravo zlitine ter prahu in večjim dodatkom Dy.

#### 5. LITERATURA

1) M. Sagawa in ostali, " Permanent magnets materials based on the Rare Earth - Iron - Boron tetragonal compounds ", IEEE Trans. Mag., vol. MAG - 20, (1984), 1584

2) W. D. Corner, " Permanent magnets ", Phys. Teholog., vol. 19, (1988), 158

3) J. Q. Xie in ostali, " Effect of Ga and Nb addition on the magnetic properties of the Nd<sub>2</sub>(Fe,Co)<sub>14</sub>B compound ", J. Mag. and Mag. Mater., vol. 75, (1988), 361

4) C. Abache, H. Oesterreicher, " Structural and magnetic properties of R<sub>2</sub>Fe<sub>14-x</sub>T<sub>x</sub> ( R= Nd, Y ; T= Cr, Mn, Co, Ni, Al ) ", J. Appl. Phys., vol 60, (1986), 1114

5) B. Saje, S. Beseničar, J. Holc, S. Spaić, " Priprava in preiskave magnetne zlitine Fe - Nd - B ", Rudarsko - metalurški zbornik, vol. 36(1), (1989), 47

6) J. Holc, S. Beseničar, M. Černila, " Suhe komore za delo z NdFeB prahom ", IJS - DP 4697, 1987

7) J. Holc, S. Beseničar, M. Černila, D. Sušnik, " Vakuumski peči ", IJS - tehnična izboljšava, 1987

8) G. Schneider in ostali, " Phase relations in the system Nd - Fe - B ", Z. Metallkunde, vol. 11, (1986), 755

9) P. J. McGuinness in ostali, " A study of Nd - Fe - B magnets produced using a combination of hydrogen decrepitation and jet milling ", J. Mat. Sci., vol. 24, (1989), 2541

*dr. Janez Holc, dipl.ing.,  
Inštitut Jožef Stefan,  
Jamova 39, 61111 Ljubljana  
Boris Saje, dipl.ing.,  
Iskra TOZD Magneti,  
Stegne, 61000 Ljubljana  
mgr. Spomenka Beseničar, dipl.ing.,  
Inštitut Jožef Stefan,  
Jamova 39, 61111 Ljubljana*

*Prispelo: 30.09.1989      Sprejeto: 25.10.1989*

# KVARCNI ELEKTROPORCELAN VISOKE ČVRSTOĆE

A. Slišković, M. Prelec, M. Kosec

**KLJUČNEREČI:** kvarcni elektroporcelan, izolacioni materijali, mehaničke osobine, električke osobine, mikrostruktura, tehnologija, eksperimenti

**SADRŽAJ:** Cilj ovog rada je dobivanje kvarcnog elektroporcelana boljih fizičkih osobina u odnosu na kvarcni konvencionalni porcelan. Ovo je postignuto odgovarajućim procentnim odnosom sirovina uz visoko učešće kvarca (do 50 %), zatim postizanjem fine granulacije sirovog materijala i pečenjem na temperaturi sinterovanja od 1220°C. Čvrstoća na savijanje neglaziranih štapova iznosi do 160 MPa. To je skoro dva puta više u odnosu na konvencionalni (B-10) kvarcni porcelan. Bolje su i neke električke karakteristike.

## HIGH STRENGTH QUARTZ ELECTROPORCELAIN

**KEYWORDS:** quartz electroporcelain, insulating materials, mechanical properties, electrical properties, microstructure, manufacturing process, experiments

**ABSTRACT:** High strength quartz electro porcelain was developed by optimizing the chemical composition and processing conditions particularly milling and firing. The bending strength of sintered porcelain bodies up to 160 MPa was obtained.

### 1. UVOD

Elektroporcelan kao izolacioni materijal za visoke naponе i danas je veoma tražen na svjetskom tržištu. Zbog toga se neprestano radi na poboljšanju njegovih fizičkih osobina i unapređenju tehnologije proizvodnje.

Proizvode se obično dvije vrste porcelana za visoki napon: aluminatni na bazi korunda ( $\alpha$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) i porcelan na bazi kvarca ili kristobalita ( $\text{SiO}_2$ ). Kvarcni i kristobalitni porcelani imaju slabiju čvrstoću i otpornost na neke agense, kao što su fluorovodična i fosforna kiselina, u odnosu na aluminatni porcelan koji uvijek može da ima veću mehaničku, termičku i kemijsku otpornost. S druge strane kvarcni porcelan je mnogo jeftiniji obzirom na sirovine od kojih se dobiva. Tamo gdje nisu pretjerano strogi zahtjevi za mehaničku i kemijsku otpornost, primenjuje se kvarcni porcelan.

Cilj ovog rada je dobivanje porcelana boljih fizičkih osobina u odnosu na sadašnji koji se proizvodi u Tvornici elektroporcelana (EPT), Energoinvest, pod oznakom B-10 kvarcni porcelan.

Kao primjer relativno jeftinog porcelana, ali visoke čvrstoće poslužio je japanski kristobalitni firme NKG - Japan. Od ove firme na raspolaganju smo imali izolator 35 KV za elektrifikaciju željeznica i prospekt o fizičkim karakteristikama materijala od kojeg je izolator napravljen. Posle analiza pokušali smo dobiti sličan ili približno isti materijal<sup>(1,2)</sup>. Naša firma EPT taj isti tip izolatora proizvodila je od skupljeg aluminatnog porcelana, jer kvarcni B-10 nema dovoljno visoku čvrstoću za ove izolatore.

U proizvodnji modernog elektroporcelana za postizanje visoke čvrstoće sva nastojanja usmjerena su na finiju teksturu i kristaliničnost proizvoda. Na tim principima radjeni su i naši probni porcelani i sa posebnom pažnjom ispitivana je mikrostruktura svih interesantnih uzoraka. Ova istraživanja provedena su u Institutu "Jožef Stefan", Ljubljana.

### 2. EKSPERIMENTALNI RAD

#### 2.1 Sirovine

Za ovaj rad primijenjene su sirovine koje se koriste u procesu EPT-a, a to su: domaći kvarc iz Bitole, francuski feldspat, kaolin i glina iz Engleske, tehnička glinica iz Mostara i njemački kristobalit. Kemijski i mineralni sastav upotrebljenih sirovina prikazan je u tabeli I.

#### 2.2 Priprema uzoraka

Naši probni porcelani, paralelno s japanskim i B-10 označeni su na slijedeći način:

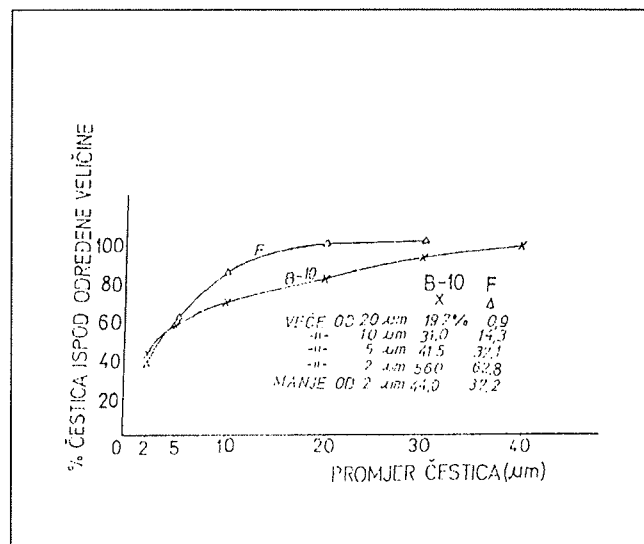
- \* Japanski porcelan
- \* B-10 (porcelan iz redovne proizvodnje EPT-a)
- \* Sastav br. 1 probni porcelan
- \* Sastav br. 2 probni porcelan
- \* Sastav br. 3 probni porcelan
- \* Sastav br. 4 probni porcelan
- \* Kristobalitni probni porcelan

| Tabela I: Kemijski i mineralni sastav sirovina |        |          |        |       |             |         |
|------------------------------------------------|--------|----------|--------|-------|-------------|---------|
|                                                | Kvarc  | Feldspat | Kaolin | Glina | Kristobalit | Glinica |
| SiO <sub>2</sub>                               | 99,5   | 69,0     | 48,1   | 57,3  | 99,7        | -       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0,2    | 19,1     | 36,2   | 27,3  | 0,3         | 99,5    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0,08   | 0,1      | 1,2    | 2,3   | trag        | -       |
| TiO <sub>2</sub>                               | -      | -        | trag   | 1,3   | -           | -       |
| CaO                                            | 0,06   | 1,0      | 0,05   | 0,5   | -           | -       |
| MgO                                            | 0,05   | -        | 0,30   | 0,5   | -           | -       |
| K <sub>2</sub> O                               | 0,1    | 9,1      | 1,5    | 0,6   | -           | -       |
| Na <sub>2</sub> O                              | 0,08   | 2,7      | 0,11   | 0,1   | -           | -       |
| Gub.ž.                                         | 0,5    | -        | 12,5   | 10,2  | -           | -       |
| UKUPNO                                         | 100,57 | 101,0    | 99,96  | 100,7 | 100,0       | 99,5    |
| Kvarc                                          | 99,5   | 2,0      | 3,0    | 2,0   | 10,0        | -       |
| Albit-ortoklas                                 | -      | 90,0     | -      | -     | -           | -       |
| Kaolinit                                       | -      | -        | 75,0   | 53,0  | -           | -       |
| Ilit                                           | -      | -        | -      | 3,5   | -           | -       |
| Muskovit                                       | -      | -        | 10,0   | -     | -           | -       |
| Montmorilonit                                  | -      | -        | 5,0    | 15,0  | -           | -       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | -      | -        | -      | -     | -           | 64,0    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | -      | -        | -      | -     | -           | 30,0    |
| Kristobalit                                    | -      | -        | -      | -     | 85,0        | -       |

Učešće sirovina u pojedinim probnim sastavima obilježenim od 1 do 4 je sljedeće: 50 do 60 % kvarca, oko 20 % feldspata, 22 do 30 % kaolina i gline. Sastavi 1 i 2 razlikuju se po količini kvarca (sastav br. 1 - 60 %, sastav br. 2 - 50 %). Pored toga uzorak br. 3 sadrži 1 % ZnO i 2 % tehničke glinice, uzorak br. 4 1 % ZnO i 5 % tehničke glinice. Kristobaliti probni porcelan sadrži 40 % kristobalita.

Da bi se postigla što finija tekstura proizvoda, potrebna je fina granulacija sirovina. Pošto su kvarc i feldspat kao prirodne sirovine suviše grube, ove dvije komponente mljevene su mokrim postupkom u kugličnom mlinu sve dotle dok čestice nisu postale finije od 40 mikrometara <sup>(3)</sup>. Mljevenje je trajalo 5 do 7 sati u mlinu punjenja od 10 kg. Zatim su dodane gline i kaolin i radi što bolje homogenizacije mljevenje je produženo još 2 sata.

Za tako usitnjen materijal izvršena je granulometrijska analiza metodom sedimentacije. Na dijagramu (slika 1)



Slika 1: Grafički prikaz rasporeda veličine čestica sirovog materijala B-10 i probnog sastava (F).

predstavljene su 2 krivulje rasporeda čestica prema veličini i to za B-10 i probnu smjesu F s optimalnim mlevenjem.

Filtriranjem i vakuumiranjem dobiveni su štapovi kao ispitna tijela koji prema DIN standardima u pečenom stanju trebaju da budu promjera oko 10 mm i dužine 120 mm. Štapovi su pečeni u laboratorijskoj i industrijskoj peći u oksidacijskoj atmosferi. Maksimalne temperature pečenja su 1220°C, 1230°C i 1250°C. Sastav br. 4 pečen je i oksido-redukcijski na 1220°C (Sastav br. 4b).

### 2.3 Analize uzoraka

Pečeni štapovi poslužili su za ispitivanje mehaničke čvrstoće na savijanje, gustine i mikrostrukture. Mehanička čvrstoća na savijanje uzeta je kao mjerilo za eliminaciju svih probnih sastava koji su imali nižu vrijednost od 120 MPa i tako nisu uzeti za dalja ispitivanja. Gustina je određivana prema Arhimedovom zakonu a teoretska piknometarski.

Za mikrostrukturnu analizu koristili smo:

- \* optičku mikroskopiju (OM)
- \* elektronsku mikroskopiju (SEM)
- \* energijsko-disperzijsku rentgensku analizu (EDS)
- \* rentgensku difrakciju (RTG).

Analizirali smo probne sastave od 1 - 4, koji su pečeni na maksimalnim temperaturama 1220 - 1250°C, japanski porcelan i porcelan iz redovne proizvodnje.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

### 3.1 Mineralni sastav

RTG analizom ustanovili smo prisustvo pojedinih kristalnih faza (slika 2). Svi uzorci sadrže mulit, kristobalit i kvarc, a sastavi br. 3 i br. 4 sadrže još i  $Al_2O_3$ . Japanski porcelan ima najviše kristobalita i mulita, a kvarca u maloj količini.

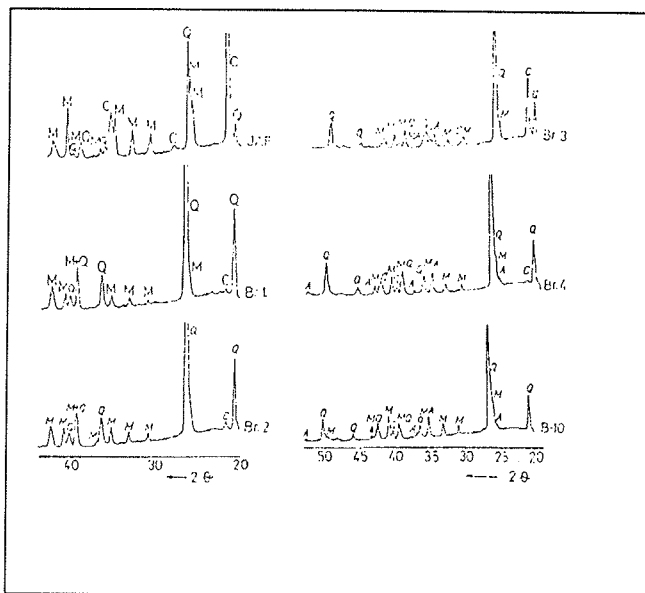
Čvrste komponente porcelanov jesu mulit, kvarc, kristobalit i staklo.

Probni porcelani imaju u velikoj količini kvarca, manje mulita od japanskog i malo kristobalita. Vidimo da se radi o kvarcno-mulitnim porcelanima s primjesama kristobalita. Od probnih sastava najviše kristobalita sadrži sastav br.3., industrijski uzorak B-10 kristobalita nema.

### 3.2 Mikrostruktura

#### 3.2.1 Poroznost

Pečeni uzorci su brušeni i polirani te pod optičkim mikroskopom fotografirani da bi dobili snimke na kojima se vide pore. Pore su posljedica tehnološkog postupka, prisustva volatilnih komponenata, stupnja sinterovanja i drugo. Poželjno je da se smanje na najmanju moguću mjeru, jer smanjuju čvrstoću materijala. Bitan je oblik i veličina pora, raspored i zapreminsko učešće (tabela II).



Slika 2: Difraktogrami porcelanov; Q - kremen, C - kristobalit, M - mulit, A -  $Al_2O_3$

Oblik pora je uglavnom ovalan. Veličina pora izražena u mikrometrima, mjerena je pomoću ugrađenog mjerila. Izmjereni su presjeci pora na određenoj razdaljini i linearnom metodom količina poroziteta izražena je u zapreminskim postocima. Direktna mjerenja u mikroskopu i snimci kažu, da je porozitet u japanskom porcelanu znatan i da su pore približno jednake veličine. Od probnih porcelana najveći porozitet ima sastav br. 1, a ostali sastavi imaju ga manje. Treba uzeti u obzir ograničene mogućnosti optičkog mikroskopa, jer ne možemo vidjeti pore manje od 1 mikrometra. Znači, da je stvarni porozitet nešto malo veći. Japanski porcelan sadrži oko 10 % pora, a probni sastavi između 3,5 i 6 %. B-10 iz redovne proizvodnje sadrži oko 6 % ovalnih i izduženih pora što je posljedica tehnološkog postupka. Zato je slika poroznosti B-10 nešto drugačija od ostalih.

#### 3.2.2 Čvrste komponente

Identifikacija i semikvantitativna analiza čvrstih komponenata izvršena je pomoću OM, SEM i EDS uz korišćenje i rezultata RTG analize (tabela II).

Uzorci su bili polirani i nagrizeni s HF te analizirani sa OM a pojedinačni mikrostrukturni detalji bili su ispitani koristeći SEM (slika 3).

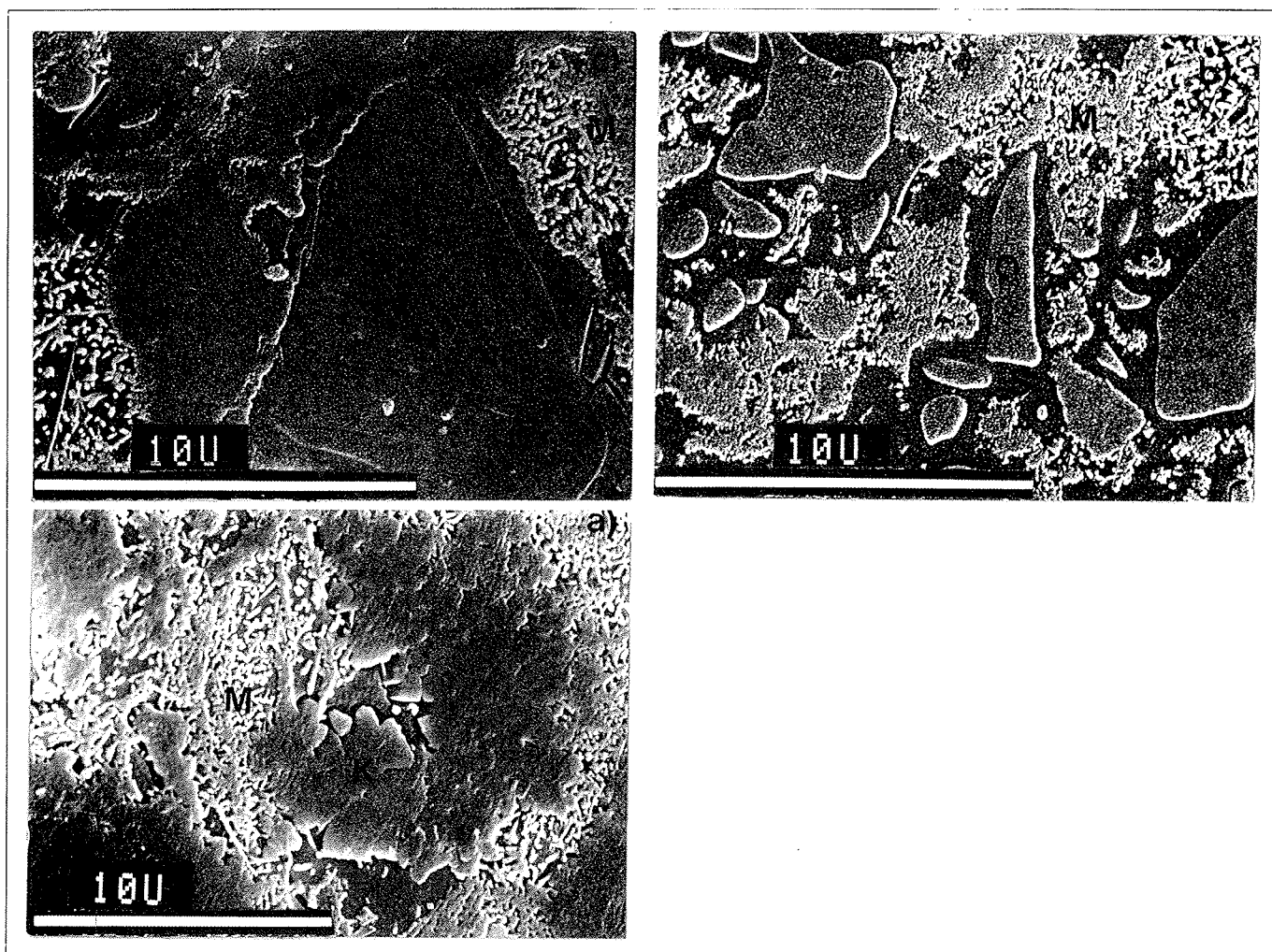
Čvrste komponente porcelanov jesu mulit, kvarc, kristobalit i staklo.

Mulit je nastao iz kaolinita i njemu sličnih minerala - montmorilonita, illita i drugo. Kaolinit zagrijavanjem preko određenih faza prelazi u mulit uz izdvajanje  $SiO_2$ . Taj mulit zovemo primarni i ima ljuskasti izgled. U prisustvu tekuće faze nastaje igličasti sekundarni mulit, koji je veoma uočljiv na SEM snimcima za razliku od primarnog.

Kvarcna zrna se u procesu sinterovanja, ona najsitnija rastale, a veća se po rubovima zatale tako da ih obavija



| Tabela II: Strukturni sastav uzorka na osnovu analiza OM, SEM, EDS i RTG |             |                  |                |                |                |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Uzorci                                                                   | Jap         | 1                | 2              | 3              | 4              | B-10           |
| 1. Poroznost                                                             |             |                  |                |                |                |                |
| % pora                                                                   | 10          | 6                | 4,5            | 3,5            | 4              | 6              |
| $\phi$ max. ( $\mu\text{m}$ )                                            | 80          | 65               | 65             | 80             | 35             | 90             |
| $\phi$ pretežno ( $\mu\text{m}$ )                                        | 5-20        | 5-30             | 2-10           | 5-15           | 2-15           | 2-25           |
| 2. kvarc $\text{SiO}_2$                                                  |             |                  |                |                |                |                |
| približna ocjena (%)                                                     | malo        | 35               | 35             | 25             | 15             | 16             |
| $\phi$ zrna max. ( $\mu\text{m}$ )                                       |             | 50               | 55             | 35             | 30             | 100            |
| $\phi$ pretežno ( $\mu\text{m}$ )                                        |             | 5-23             | 5-17           | 3-17           | 1-15           | 5-55           |
| 3. kristobalit $\text{SiO}_2$                                            |             |                  |                |                |                |                |
| približna ocjena (%)                                                     | 30          | vrlo malo        | vrlo malo      | malo           | vrlo malo      | nema           |
| $\phi$ zrna max. ( $\mu\text{m}$ )                                       | 85          |                  |                |                |                |                |
| $\phi$ zrna pretežno ( $\mu\text{m}$ )                                   | 5-20        |                  |                |                |                |                |
| 4. staklo (čisto)                                                        |             |                  |                |                |                |                |
| približna ocjena (%)                                                     | <10         | 15               | 15             | 15             | 11             | 13             |
| 5. primjese (EDS)                                                        |             |                  |                |                |                |                |
| $\text{TiO}_2$ (%)                                                       | 1           |                  |                |                |                |                |
| $\phi$ max. ( $\mu\text{m}$ )                                            | do 30       |                  |                |                |                |                |
| $\text{ZrSiO}_4$ (%)                                                     | 1           |                  |                |                |                |                |
| $\phi$ max. ( $\mu\text{m}$ )                                            | do 35       |                  |                |                |                |                |
| Fe-nečistoće (%)                                                         |             | > 1              | 1              | < 1            | < 1            | prisutne       |
| $\phi$ max. ( $\mu\text{m}$ )                                            |             | do 50            | do 23          | do 30          | do 35          |                |
| 6. tekstura                                                              |             |                  |                |                |                |                |
| zrnatost                                                                 | grublja     | grublja          | srednja        | finija         | finija         | gruba          |
| raspored komp.                                                           | ravnomjerna | koncentrično us. | malo usmjerena | malo usmjerena | malo usmjerena | malo usmjerena |
| 7. mulit                                                                 |             |                  |                |                |                |                |
| a) mulitizirana masa pribl. ocjena (%)                                   | 70          | 45               | 50             | 55             | 24             | 51             |
| b) mulitni kristali igličasti 0,1( $\mu\text{m}$ ) prema (SEM)           | veći        | veći             | sred.          | sred.          | manji          | max.do 10      |



Slika 3: Mikrostruktura sinterovanih porcelana (SEM)  
a - japanski, b - probni sastav br. 4, c - B-10 porcelan; K - kristobalit, Q - kremen, M - mulit, S - staklo

sloj čistog  $\text{SiO}_2$ . Različita su temperaturna rastezanja kvarca i okolnog stakla, uslijed čega hladjenjem nastaju značajne ovalne pukotine u staklu oko kremenih zrna kao što vidimo na snimcima probnih porcelana i B-10. Kod japanskog porcelana te pukotine nisu vidljive. U probnim porcelanima u nekim slučajevima kvarc tokom pečenja predje u kristobalit. Na snimcima se vidi razlika u obliku zrna kvarca i kristobalita. Zrna kvarca su ravnih rubova dok su zrna kristobalita polukružnih rubova po cijelom opsegu. Prelaz kvarca u kristobalit najprije nastaje na periferiji zrna, ali i u dijelu zrna. Pokušali smo izazvati intenzivniju pretvorbu kvarca u kristobalit dodajući  $\text{ZnO}$  kao mineralizator (uzorak br. 3). RTG analiza tog uzorka je pokazala, da je nastalo više kristobalita nego u ostalim sastavima (slika 2), prema procjeni sa OM oko 5 %. Međutim, fizičke osobine porcelana nisu bile dosta bolje od onog kojem nismo dodavali  $\text{ZnO}$  (tabela III). Stoga smo odustali od daljeg insistiranja na pretvorbi kvarca u kristobalit uz dodatak mineralizatora.

Uzorci fino granuliranog materijala pokazali su tokom pečenja sklonost deformaciji. Zbog toga bilo je potrebno rešiti i taj dodatan problem. Sastav 1 i 2 pokazali su najvišu mehaničku čvrstinu nakon pečenja na temperaturama  $1220^\circ\text{C}$  i  $1250^\circ\text{C}$ . U oba slučaja uzorci su se iskrivilili. Smanjivanjem temperature pečenja ispod

$1210^\circ\text{C}$  bitno se smanjila i mehanička čvrstoća. Dodavanjem 2 % odnosno 5 % tehničke glinice (sastavi br. 3 i br. 4) veličina deformacije je svedena u normalne granice kao za B-10 porcelan. Primjena tehničke glinice u količini iznad 5 % ima već nepovoljan utjecaj na plastičnost materijala u sirovom stanju. Iz tabele I. vidi se, da je tehnička glinica sastavljena iz 2/3  $\gamma$ -oblika i 1/3  $\alpha$ -oblika. Metodama analize ustanovili smo, da  $\alpha$ -oblik ostaje nepromijenjen. Njegovo prisustvo potvrđeno je sa RTG (slika 2).  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  nismo identificirali, vjerovatno se otopio u staklastoj fazi. U uzorcima sa dodatkom  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  zapazili smo i dodatno otapanje kremenih zrna (tabela II), što mijenja sastav i osobine tekuće faze. To bi moglo uticati na smanjivanje sklonosti ka deformaciji tokom pečenja.

Na snimcima japanskog porcelana vidi se visok sadržaj kristobalita i mulita, a manje stakla. Pomoću EDS ustanovljen je kemijski sastav nekih faza kod japanskog porcelana. U staklastoj fazi nadjeni su Si, Al, K i malo Fe (slika 4).

Znači da je kao topitelj upotrebljen vjerovatno kalijev glinenac. Svjetla zrna veličine do 35 mikrometara identificirana su kao  $\text{ZrSiO}_4$  u količini oko 1 %. Veoma svijetla zrna veličine oko 30 mikrometara, djelomično zataljena

Tabela III: Fizičke osobine porcelana poslije pečenja

| Sastavi                    | Maksimalna temperatura pečenja | Gustina | Teoretska gustina | Ukupan porozitet | Čvrstoća na savijanje |                 |
|----------------------------|--------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
|                            | (°)                            |         |                   |                  | neglazirano (MPa)     | glazirano (MPa) |
| B-10                       | 1250                           | 2,37    | 2,53              | 8                | 75-85                 | < 100           |
| Jap. (high strength)       | -                              | 2,30    | -                 | -                | 90-120                | 120-130         |
| Jap. (extra high strength) | -                              | 2,40    | -                 | -                | 140-160               | 180-190         |
| Probni sastavi:            |                                |         |                   |                  |                       |                 |
| Kristobalitni              | 1230                           | 2,35    | -                 | -                | 100-115               | -               |
| Kvarcni br.                |                                |         |                   |                  |                       |                 |
| 1 oksid. pečenje           | 1230                           | 2,36    | 2,48              | 5                | 115-140               | 140             |
| 2 oksid. pečenje           | 1250                           | 2,40    | 2,49              | 3,7              | 130-145               | 140-150         |
| 3 oksid. pečenje           | 1240                           | 2,41    | 2,49              | 3,2              | 135-160               | 150-165         |
| 4a oksid. pečenje          | 1220                           | 2,41    | 2,50              | 3,6              | 137-155               | 160-165         |
| 4b oksid. - redukc.peč.    | 1220                           | 2,41    | 2,50              | 3,5              | 140-145               | -               |

NAPOMENA: Za japanski porcelan podaci su uzeti iz prospekta. Prema plavkastoj boji crijepa izolatora kojeg smo analizirali, može se zaključiti da je pečen u oksido-redukcijskoj atmosferi.

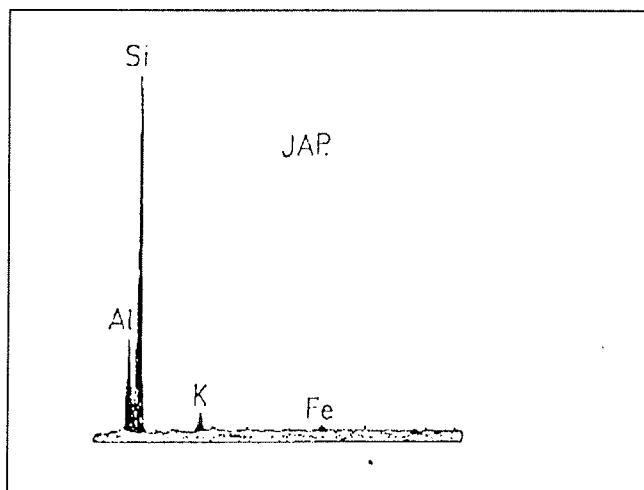
i zaobljenih kontura su  $\text{TiO}_2$ . Procjenjuje se da ih ima također oko 1 %. Tehnološki postupak nam naravno nije poznat. Jedan od mogućih načina je prema literaturnim podacima korišćenje materiala s visokim sadržajem kremenja koji je u obliku finih čestica koje pečenjem prelaze u kristobalit<sup>(4)</sup>. Mikrostruktura japanskog porcelana jako je homogena; tijesna je povezanost između zrna kris-

tobalita i mulita, što je mogući razlog za visoku čvrstoću iako je porozitet oko 10 %.

Povećanju čvrstoće porcelana doprinosi i mulit, koji prorasta alkalnu alumosilikatnu staklastu materiju. Dobro je vidljiv u svim uzorcima u obliku igličastih kristala na SEM snimcima. Koliko mulita otpada na primarni nije moguće ocijeniti.

Na snimcima naših probnih porcelana kao i kod B-10 jasno se vide pukotine oko zrna kvarca. Njihov utjecaj na smanjenje čvrstoće materijala umanjen je postizanjem finije granulacije (slika 1) tako da su oko manjih zrna manje i pukotine. Pored toga, postiže se veća gustina crijepa smanjivanjem poroziteta i na taj način postigli smo značajno poboljšanje fizičkih osobina probnih porcelana u odnosu na B-10.

Tabela II. prikazuje pored poroznosti i ostale komponente strukture uzoraka. Približan kvantitativni odnos faza ocijenjen je na osnovu OM, SEM, EDS i RTG. Izraženo u zapreminskim postotcima, procjenjuje se da japanski porcelan ima oko 30 % kristobalita, 70 % mulitizirane mase, 10 % stakla, malo kvarca, zatim  $\text{TiO}_2$  i  $\text{ZrSiO}_4$  oko 2 %. Promjer zrna kristobalita je 5 do 20 mikrometara. Probni porcelani sadrže oko 15 do 35 %



Slika 4: Energijsko disperzijska rentgenska analiza (EDS) staklaste faze japanskog porcelana

| Tabela IV: Funkcionalni podaci za probni porcelan u usporedbi sa B-10 porcelanom. Karakteristike prema standardu DIN 40685-KER 110.0 (Ispitivao - IRCE, Energoinvest) |                                                               |                                  |                        |           |                         |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|---------------|
| Br.                                                                                                                                                                   | Svojstvo                                                      | Jedinica                         | Elektroporcelan B-10   |           | Probni elektroporcelan  |               |
| 1.                                                                                                                                                                    | Sposobnost upijanja vode                                      | %                                | 0,0                    |           | 0,0                     |               |
| 2.                                                                                                                                                                    | Gustina                                                       | g/cm <sup>3</sup>                | 2,37                   |           | 2,41                    |               |
| 3.                                                                                                                                                                    | Cvrstoća na savijanje do loma ( σs)                           | MPa                              | neglaz. 75-85          | glaz. 100 | neglaz. 130-150         | glaz. 150-160 |
| 4.                                                                                                                                                                    | Jednominutni ispitni napon (debljina 1,5 mm) (UZ)             | KV                               | 29                     |           | 42                      |               |
| 5.                                                                                                                                                                    | Ugao dielek. gub. kod 50 Hz i 20°C (tg δ)                     |                                  | 28 x 10 <sup>-3</sup>  |           | 18,5 x 10 <sup>-3</sup> |               |
| 6.                                                                                                                                                                    | Dielektrična konst. kod 50 Hz i 20°C (ε r)                    |                                  | 7,0                    |           | 5,8                     |               |
| 7.                                                                                                                                                                    | Specifični unutrašnji otpor kod 20°C, istosmjerni napon ( ρD) | Ω cm                             | 3,0 x 10 <sup>13</sup> |           | 1,6 x 10 <sup>14</sup>  |               |
| 8.                                                                                                                                                                    | Modul elastičnosti (E)                                        | MPa x 10 <sup>3</sup>            | 45                     |           | 85                      |               |
| 9.                                                                                                                                                                    | Tvrdoća po Mohs-u                                             |                                  | 7                      |           | 7,5                     |               |
| 10.                                                                                                                                                                   | Linearni koeficient toplotnog širenja (20-600°C)(α )          | 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> | 5,5                    |           | 6,5                     |               |
| 11.                                                                                                                                                                   | Postojanost na naglu promjenu temperature (ΔT)                | °C                               | 190                    |           | 200                     |               |
| 12.                                                                                                                                                                   | Površinski otpor kod 20°C (UZ)                                | Ω                                |                        |           | 3,8 x 10 <sup>13</sup>  |               |

kvarca, stakla 11-15 % i mulitizirane mase 24 do 55 %. Veličina zrna kvarca kreće se pretežno između 1 i 23 mikrometara.

Tabela III. prikazuje mjerene fizičke veličine probnih porcelana paralelno s B-10 i japanskim porcelanom za kojeg su vrijednosti uzete iz prospekta. Prikazane su temperature pečenja, stvarna i teoretska gustina, količina poroziteta izračunata iz gustine, koja se veoma dobro slaže sa OM odredjivanjima i čvrstoća na savijanje. Ukupan porozitet probnih sastava smanjen je na minimum, usitnjavanjem krupnozrnijih sirovina i postizanjem rasporeda veličina čestica kao na slici 1.

Za neglazirane štapove čvrstoća za B-10 iznosi svega 75-85 MPa što je daleko manje u usporedbi s japanskim i probnim porcelanima. Od probnih najmanju čvrstoću ima porcelan dobiven na bazi njemačkog kristobalita<sup>(5)</sup>. Iznosi svega 100-115 MPa. Pokušali smo mljevenjem dobiti više vrijednosti, ali ni tada nisu dobiveni očekivani rezultati pa smo odustali od daljeg rada na ovom sastavu imajući u vidu i visoku cijenu kristobalita kao sirovine. Kvarcni probni porcelani dali su izrazito dobre rezultate za čvrstoću na savijanje, od najniže 115 do najviše 160 MPa, ovisno o finoći mljevenja, poroznosti nakon pečenja i faznog sastava. Neki primjeri iz novije literature u vezi kvarcnog i aluminatnog porcelana pokazuju da su istraživači, primjenom raznih alumosilikatnih sirovina i dodavanjem metalnih oksida kao mineralizatora, nastojali da dobiju porcelan što bolje čvrstoće. H. Schubert

<sup>(6,7)</sup> je u svojim radovima napravio pregled rezultata od nekoliko istraživača iz kojih se može vidjeti da su postignute vrijednosti za mehaničku čvrstoću na savijanje za kvarcni neglazirani porcelan do 130 MPa.

Tabela IV prikazuje izmjerene najvažnije funkcionalne veličine za probni sastav 4 (sadrži 5 % tehničke glinice) koji je izdvojen kao najpogodniji za eventualnu primjenu u usporedbi s B-10. Iz podataka se vidi da probni porcelan br. 4 ima bolji specifični unutrašnji otpor, ispitni napon i manji ugao dielektričnih gubitaka.

#### 4. ZAKLJUČAK

1. Tokom rada uvidjeli smo da možemo dobiti materijal na bazi domaćeg kvarca iz Bitole koji ima isto tako dobre fizičke osobine kao japanski kristobaliti porcelan (sastav br. 4). To znači da je dobiven elektroporcelan visoke mehaničke čvrstoće i dobrih električnih osobina. Materijal se može ispeći na temperaturi 1220°C u oksidacijskoj ili oksido- redukcijskoj atmosferi.

2. Za postizanje ovako dobrih rezultata potrebno je bilo pronaći optimalan odnos sirovina, postići finu granulaciju kvarca i feldspata ispod 40 mikrometara. U sirovom stanju trebalo je voditi računa o ponašanju sirove mase pripremljene mokrim postupkom to jest o sposobnosti filtriranja i vakuumiranja. Formirana probna tijela u obli-

ku štapova procesom vakuumiranja i izvlačenja pečena su u laboratorijskoj ili pogonskoj peći.

3. Problem deformacije tokom pečenja riješili smo dodavanjem  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  u količini 2 do 5 %.

4. Tokom ovih eksperimenata ustanovili smo da pojava kristobalita u probnim porcelanima u količini do 5 % nema značaja za poboljšanje njegovih osobina.

5. Mehanička čvrstoća na savijanje neglaziranog probnog porcelana je skoro dva puta veća od B-10 porcelana, a bolje su i neke električne osobine što je rezultat finije teksture i pogodnog faznog sastava.

6. Treba imati u vidu da se B-10 izrađuje od 80 % uvozne i 20 % domaće sirovine. Probni porcelan br. 4 sadrži 50 % uvozne i 50 % domaće. Osim toga porcelan br. 4 sinteruje na nešto nižoj temperaturi kod  $1220^\circ\text{C}$  u odnosu na B-10 koji sinteruje na  $1250^\circ\text{C}$ . Za postizanje finije granulacije sirovina u probnim sastavima utrošak energije je znatan što je neizbježno za postizanje dobrih rezultata. S druge strane smanjuje se utrošak energije pečenjem na nižoj temperaturi.

## 5. LITERATURA

1. SCHÜLLER K.H., Hochfeste Porzellane auf Quarz - und Cristobalitbasis, I. Teil, Ber. Dtsch. Keram. Ges. 44 (1967) 212

2. SCHÜLLER K.H., Hochfeste Porzellane auf Quarz - und Cristobalitbasis, II. Teil, Ber. Dtsch. Keram. Ges. 44 (1967) 284

3. SCHULLE W. und KLEIN G., Der Einfluss der gezielten Feinmahlung von Feldspatträgern auf das keramisch - technologische und Sinter - Verhalten von Porzellanmassen, Sprechsaal, 119, No. 11, 1986, 1023

4. GRIMSHAW REX W., The Chemistry and Physics of Clays and Other ceramic Materials, Ernest Benn Lim., London 1971, 962

5. MIELDS A. und ZOGRAFOU C., Cristobalit als Gefügebestandteil im Porzellan, Ber. Dtsch. Keram. ges. 44 (1967), 453

6. SCHUBERT H., Porzellane hoher Festigkeit, Sprechsaal, 119, No. 10, 1986, 878

7. SCHUBERT H., Porzellane hoher Festigkeit, VII. Sprechsaal, 121, No. 10, 1988, 921

A. Slišković, dipl.ing.  
Centar za istraživanje i razvoj materijala,  
"Energoinvest", Sarajevo  
M. Prelec, dipl.ing.,  
Iskra Elementi", VTOZD Keramika,  
Ljubljana, Stegne 27  
Dr. M. Kosec, dipl.ing.  
Institut Jožef Stefan,  
Ljubljana, Jamova 39

Prispelo: 15. 11. 1989 Sprejeto: 05.12.1989

# KRMILNIK ELEKTROLUMINISCENTNEGA PRIKAZALNIKA

Stane Solar, Marjan Jenko, Vlasta Kregar

KLJUČNE BESEDE: elektroluminiscenčni prikazalniki, krmilno vezje, LDMOS tranzistorji, integrirano vezje

POVZETEK: Podane so zahteve za krmilnik prikazalnika in snovno geometrijske lastnosti LDMOS tranzistorjev za izpolnitev zahtev.

## THE ELECTROLUMINESCENCE DISPLAY DRIVER

KEYWORDS: electroluminescent display, driver circuits, LDMOS transistors, integrated circuits

ABSTRACT: The characteristics, which the driver has to have, are presented and the material and geometrical data to obtain the aimed characteristics are described.

### UVOD

Razvoj integriranih vezij je še vedno usmerjen k večjim stopnjam integracije, v zadnjem času pa tudi k združitvi logičnega in močnostnega ali visokonapetostnega dela v enem integriranem vezju. Take združbe označujemo kot "Smart Power" integriranega vezja. Ta vezja bi bila tržno zanimiva že s postavitvijo prve elektrane, tehnologija pa je morala dozoreti do take stopnje, da je ta vezja sploh mogoče narediti in to dovolj poceni, da ob njihovih siceršnjih prednostih pred rešitvami z diskretnimi elementi le-te z novimi vezji ekonomsko upravičljivo lahko nadomestimo in presežemo.

Prehod od logičnih do "inteligentnih močnostnih" vezij zahteva predvsem znanje o doseganju čim večjih prebojnih napetosti ob čim manjših upornostih stikalnih gradnikov vezja in znanje o izolacijskih strukturah za močnostne ali visokonapetostne elemente.

Vodilni razvijalci in izdelovalci takih vezij so Siliconix, Harris, GE-RCA, IR, Motorola, Ixys v ZDA, SGS, Siemens, Bosch v Evropi, Hitachi, Toshiba na Japonskem. Široko dosegljivega znanja praktično ni in v Iskri Mikroelektroniki smo začeli z delom na visokonapetostnih in močnostnih strukturah v začetku lanskega leta. Krmilnik elektroluminiscenčnega prikazalnika nam je bil dober cilj za preizkus zamišljenih in sprocesiranih LDMOS tranzistorjev zaradi napetostnih zahtev in sovpadanja interesa za Iskro Avtoelektriko, Tovarno žarnic po takem krmilniku.

### PRAKTIČNA IZVEDBA

Ob snovanju številčnih, številčno črkovnih in matričnih debeloplastnih in tankoplastnih elektroluminiscenčnih prikazalnikov, ki jih vzbujamo z enosmerno in izmenično napetostjo, smo morali zasnovati še potrebno vzbujalno in krmilno elektroniko. Obe vrsti prikazalnikov, debelo in tankoplastni, se lahko zgradijo za vzbujanje z izmenično napetostjo najboljše sinusne oblike ali z enosmerno pul-

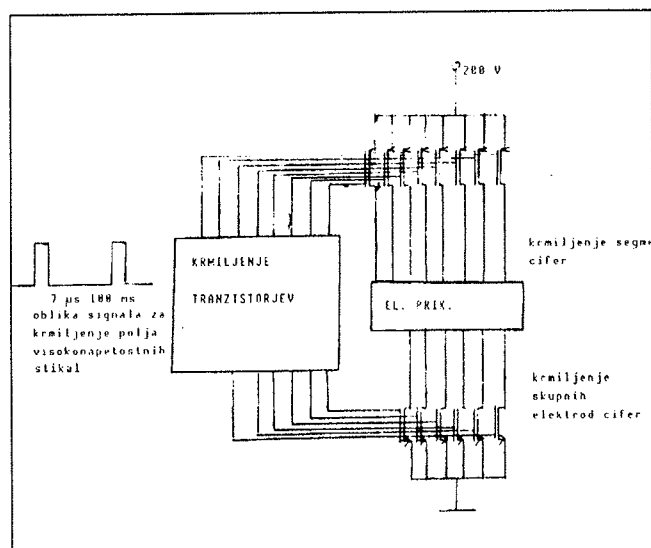
zno napetostjo. V osnovi je elektroluminiscenčni prikazalnik kondenzator, katerega dielektrik je elektroluminiscenčna snov (Informacije MIDE 4/87) katera se vzbuja z visoko napetostjo razreda dvesto voltov. Za vzbujanje enosmernih prikazalnikov potrebujemo napetostne impulze dvesto voltov, časovne dolžine tri do sedem mikrosekund, z osvežitveno frekvenco dvesto do tisoč Hertsov in za vzbujanje izmeničnih prikazalnikov učinkovito napetost stodvajset do stoosemdeset voltov frekvence štiristo do pet tisoč Hertsov.

V prvi vrsti snujemo krmilno vzbujalne naprave za enosmerne debeloplastne prikazalnike, za katere smo ugotovili, da jih je najustreznejše vzbujati s konstantnim tokom, ker tako za nekaj časovnih razredov podaljšamo življenjsko dobo z dometom med deset tisoč do dvajset tisoč urami neprekinjenega obratovanja. Ker je kapacitivnost segmenta v razredu sto do tisoč pikofaradov, odvisno od njegove površine, potrebujemo visokonapetostna hitra stikala s tokovno zmogljivostjo do sto miliamperov. Hitra stikala morajo biti prirejena za vzbujanje iz petvoltne krmilne logike, kar zahteva nizke pragovne napetosti visokonapetostnih tranzistorskih stikal.

Vzbujanje večmestnega številčnega, številčno črkovnega ali matričnega debeloplastnega in enosmernega prikazalnika poteka podobno; v vseh primerih so segmenti transparentni in električno prevodni iz indij-kositrovega oksida, skupna elektroda pa je iz aluminija. Skupne elektrode posameznih števil ali znakov se vključujejo prek visokonapetostnih tranzistorskih stikal na negativni pol napajalne napetosti, segmenti števil, črk ali znakov se vključujejo prek druge vrste visokonapetostnih tranzistorskih stikal na pozitivni pol napajalne napetosti. Shematski prikaz vzbujanja je prikazan na sliki 1.

Za uresničitev te zamisli potrebujemo visokonapetostna stikala tipa P in N, s skupnim virom z osmimi visoko-





Slika 1: Shematski prikaz vzbujanja elektroluminescentnih prikazalnikov.

napetostnimi izhodi na skupni tabletki in medsebojno izolirana tranzistorska stikala tipov p in n s šestimi visokonapetostnimi stikali na skupni tabletki za realizacijo tokovnih virov. Za vzbujanje matričnih prikazalnikov uporabljamo več osnovnih enot stikal s skupno elektrodo in z izoliranimi visokonapetostnimi stikali. Prva polja stikal vsebujejo po šestnajst stikal na eni tabletki, razmišljamo pa o polju dvaintridesetih stikal na eni tabletki.

Na prvem testnem vezju, namenjenem evalvaciji obnašanja posameznih tranzistorjev, smo oblikovali strukture VDMOS, LDMOS, VIGBT, LIGBT.

VDMOS - Vertical Double diffused Metal Oxide Semiconductor je vertikalni visokonapetostni tranzistor, katerega smiselnost se pokaže, ko želimo dosegati velike tokove, saj je tokovna zmogljivost tranzistorja v prvi aproksimaciji odvisna le od tega, koliko identičnih celic načrtamo drugo poleg druge. V našem testnem vezju smo oblikovali tranzistorje s približno dva tistoč petsto celicami in dosegli tokove do štiri ampere. Ta struktura ne ustreza za integracijo z nizkonapetostno logiko.

LDMOS - Lateral DMOS je lateralni visokonapetostni tranzistor. Ta geometrija ni namenjena multipliciranju in tako doseganju tokov v razredu amperov, je pa namenjena integraciji z nizkonapetostno logiko, saj jo relativno enostavno izoliramo od logičnega dela, saj substrata s tranzistorjem električno ne obremenjujemo.

VIGBT - Vertical Insulated Gate Bipolar Tranzistor uporabljamo podobno kot VDMOS in tudi tu tranzistor predstavlja skupek paralelno vezanih celic. Izkoriščamo modulacijo bazne prevodnosti bipolarnega tranzistorja kot posledico močne injekcije minorjev v bazo, katere posledica je povečana koncentracija baznih majorjev, kar predstavlja večjo bazno prevodnost od običajne prevodnosti plasti, ki je omejena z minimalno debelino in maksimalnim dopiranjem za doseganje želene prebojne napetosti. Tranzistor je krmiljen napetostno; na površino, enaki VDMOS tranzistorju pa dosežemo do desetkrat

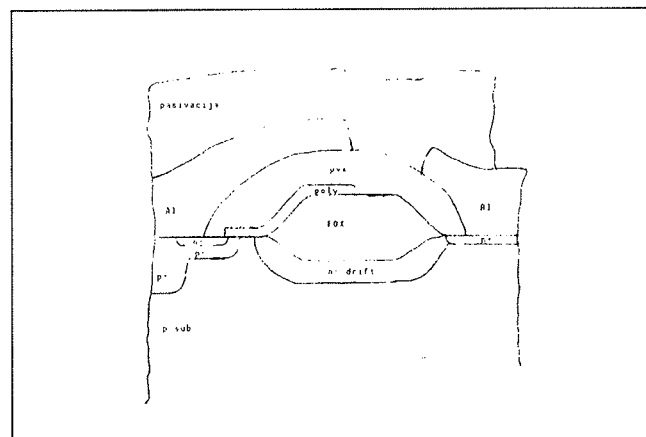
večje tokove kot pri VDMOS strukturi. Struktura za integracijo z nizkonapetostno logiko ne ustreza, saj je substrat napetostno in tokovno obremenjen. Ugašanje tranzistorja je bistveno počasnejše kot pri DMOS tranzistorju, saj je pogojeno z rekombinacijo nosilcev v ob izklopu električno plavajoči bazi.

LIGBT - Lateral IGBT deluje po enakih načelih kot vertikalni tranzistor. Substrata ne obremenjuje, ustreza za integracijo z logiko, ne pa za intenzivno paralelno povezovanje.

Za prereze posameznih tranzistorjev glej MIDEM 3/87, članek 4.

Zaradi integracije vseh osmih tranzistorjev na enem vezju, zaradi neobčutljivosti na tiristorski efekt, relativno skromnih tokovnih zahtev in preklapov v razredu mikrosekund smo se odločili za stikala LDMOS.

Prečni prerez n-kanalne LDMOS strukture kaže slika 2.



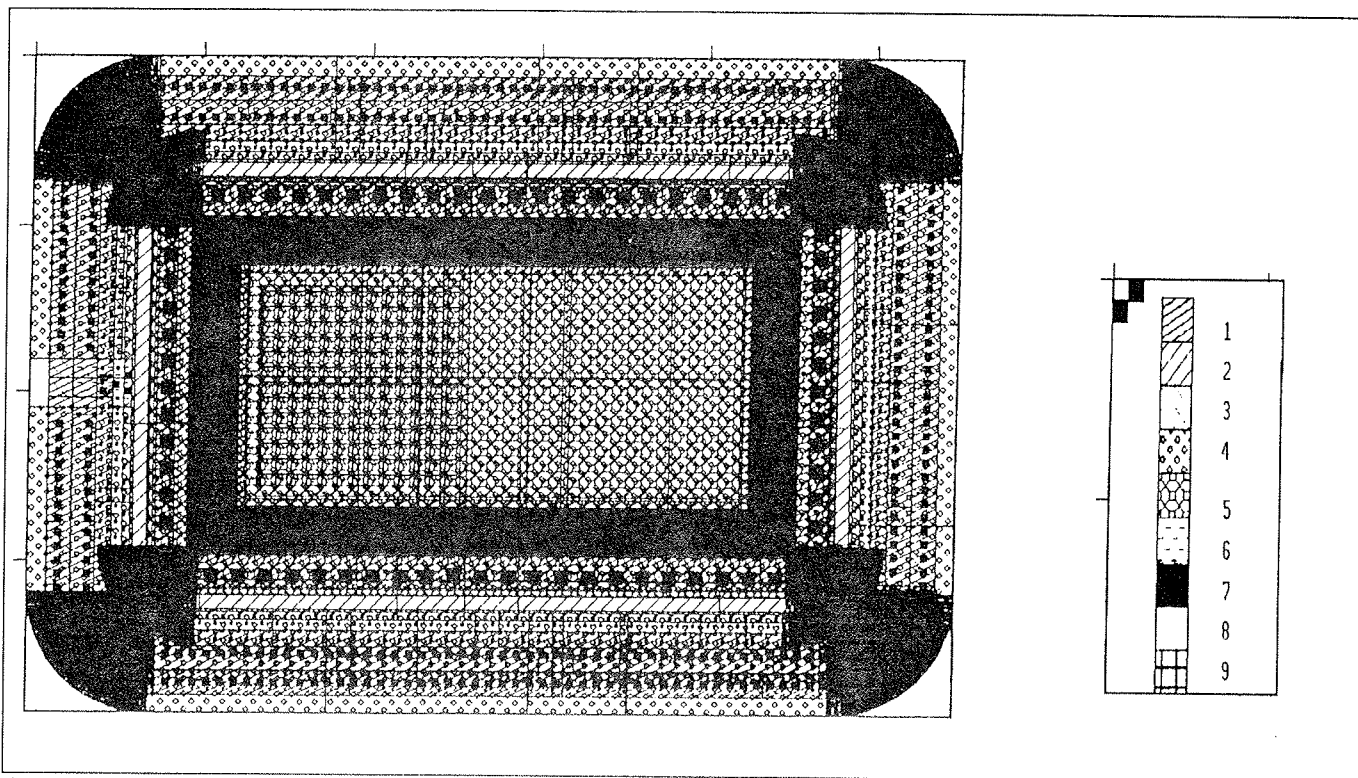
Slika 2: Prečni prerez n-kanalne LDMOS strukture

Aktivni kanal predstavlja p-plast pod krmilno elektrodo (dva in pol do tri mikrone dolžine - razlika med lateralno difuzijo n+ plasti - od tod tudi ime DMOS - double diffused), n- področje med koncem aktivnega kanala in ponorom je plast, ki omogoča visoke prebojne napetosti, psub pod krmilno elektrodo poleg p+ zaenkrat preprečuje možnost punch through preboja skozi področje aktivnega kanala.

Struktura se od običajnih inč LDMOS tranzistorjev razlikuje v dveh stvareh: (plasti so označene za n-kanalni tranzistor).

1. Področje MOS kanala obsega p- in psub področji. Prvo definira pragovno napetost (močneje dopirano), drugo preprečuje puščanje tranzistorja in onemogoča punch through preboj. Slabost takega pristopa je večja površina krmilne elektrode, kar pa za preklope v razredu mikrosekund ni problem.

2. n- za doseg večjih prebojnih napetosti je narejen z implantacijo. Uporabljena rezina nima epitaksijskega n' nanosa, kateri vezja bistveno podraži. Tudi pri našem tranzistorju je uporabljen resurf princip, katerega bistvo



Slika 3: Geometrija n kanalnega LDMOS tranzistorja

je, da se z naraščanjem zaporne napetosti vzpostavi osiromašeno področje po vsej n-plasti, preden pride do preboja in tako zaokroženi robovi n- področja ne predstavljajo geometrijske ovire pri doseganju višjih prebojnih napetosti.

Vertikalni pogled na n- kanalni tranzistor kaže slika 3.

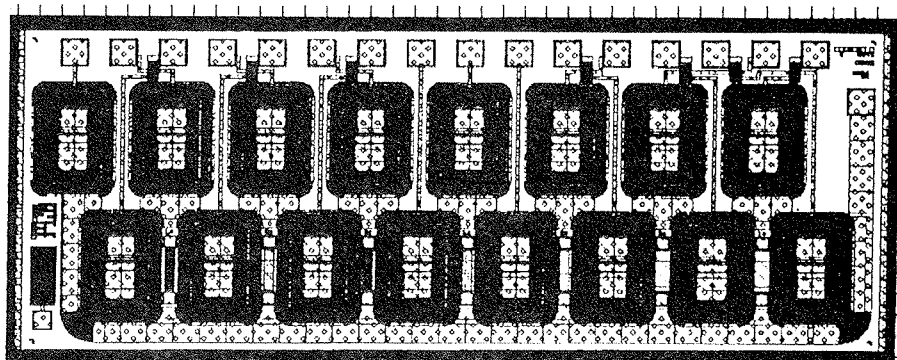
Pomen posameznih mask:

- \* 1. maska za definiranje debelega oksida
- \* 2. n- drift implantacija
- \* 3. implantacija n+ otoka
- \* 4. n+ polisilicijeva krmilna elektroda
- \* 5. zaščita ponora pri implantaciji p+ otoka
- \* 6. implantacija vira, ponora in krmilne elektrode

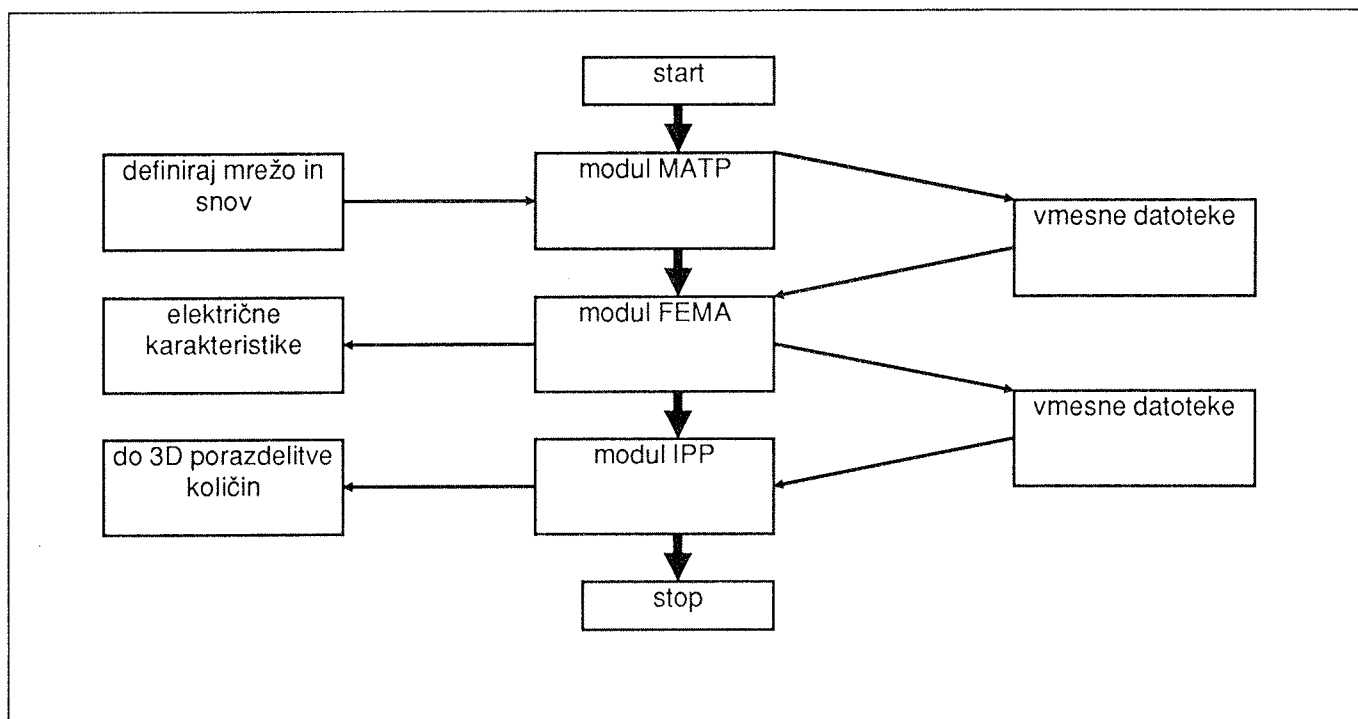
- \* 7. kontaktna maska
- \* 8. metalna maska
- \* 9. maska za bondirne blazinice

Topologija n kanalnega vezja je razvidna s slike 4, p kanalno vezje je geometrijsko identično.

Strukturo smo optimizirali za doseganje želene prebojne napetosti dvestopetdeset voltov ob čim večji prevodnosti odprtega stanja ob danih dimenzijah s programskim paketom HALVFEM, katerega obširnost približno ponazarja slika 5. (206/5). Geometrije smo narisali na doma narejenem paketu EDGDB.



Slika 4: Topologija seta šestnajstih n kanalnih tranzistorjev



Slika 5: Blokovna shema programa HALVFEM

## ZAKLJUČEK

Iz teorije pričakovani rezultati so se v praksi v celoti izpolnili. Tisoč urno preizkušnjo (hitri test) sta prikazalnik in krmilnik prestala brez odpovedi. Tržno zrel krmilnik mora vsebovati oba seta tranzistorjev, kar bi bilo moč narediti že v prvi fazi, vendar smo v prvi iteraciji rajši varčevali pri številu posameznih mask in tako naredili dve ločeni komplementarni vezji z enim setom mask in logiko za krmiljenje posameznih tranzistorjev, del kot stikala, del kot tokovne vire, za kar je potrebno še razviti take izolacijske strukture, ki dobro izolirajo in, ki jih lahko naredimo z modificiranimi koraki našega standardnega 5u procesa. Ta naloga nas čaka, zahtevnost le-te je primerljiva z dosedaj opravljenim delom.

## LITERATURA

1. Poročilo SNRR IME za Matičev sklad 1. kvartal 1989
2. B. Jayant Baliga, Modern Power Devices, Wiley 1987
3. Halvfem 7.5 Users Manual

mag. Stane Solar,  
Iskra Avtoelektrika,  
mag. Marjan Jenko, dipl.ing.  
Iskra Mikroelektronika,  
Vlasta Kregar, dipl.ing.  
Iskra Kibernetika,  
vsi trenutno v Iskra Mikroelektronika,  
Stegne 15 d, 61000 Ljubljana

Prispelo: 31.10.89

Sprejeto: 21.11.89

# JEDKANJE IN REGENERACIJA IZRABLJENIH JEDKAL PRI PROIZVODNJI TISKANIH VEZIJ

S. Cankar, J. Maček

**KLJUČNE BESEDE:** tiskano vezje, tiskane plošče, jedkanje, jedkala, amonijev klorid, recikliranje jedkal, tehnologija

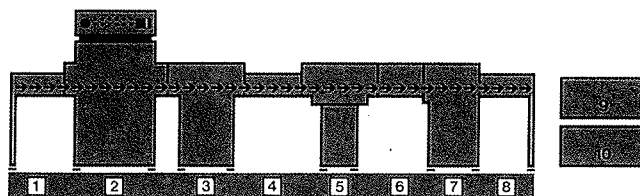
**POVZETEK:** Kakovost jedkanja je pomemben faktor pri izdelavi tiskanih vezij, ki je odvisen od načina jedkanja, od postopkov pri izdelavi tiskanih vezij, od strojne opremljenosti in usposobljenosti strokovnega kadra. Uporabljajo različna jedkala, njihov izbor pa je odvisen predvsem od vrste tiskanega vezja. Napake in pomanjkljivosti jedkanja najpogosteje ugotovimo šele pri končni kontroli kakovosti tiskanega vezja. Ko se jedkalna raztopina nasiti z bakrovimi ioni, dobimo izrabljeno (odpadno) jedkalo, ki ga recikliramo - baker izločimo in uporabimo v drugih industrijah, raztopino pa po ustrezni obdelavi znova uporabimo za jedkanje.

## ETCHING AND RECYCLING OF ETCHANTS IN PRINTED CIRCUIT BOARD PRODUCTION

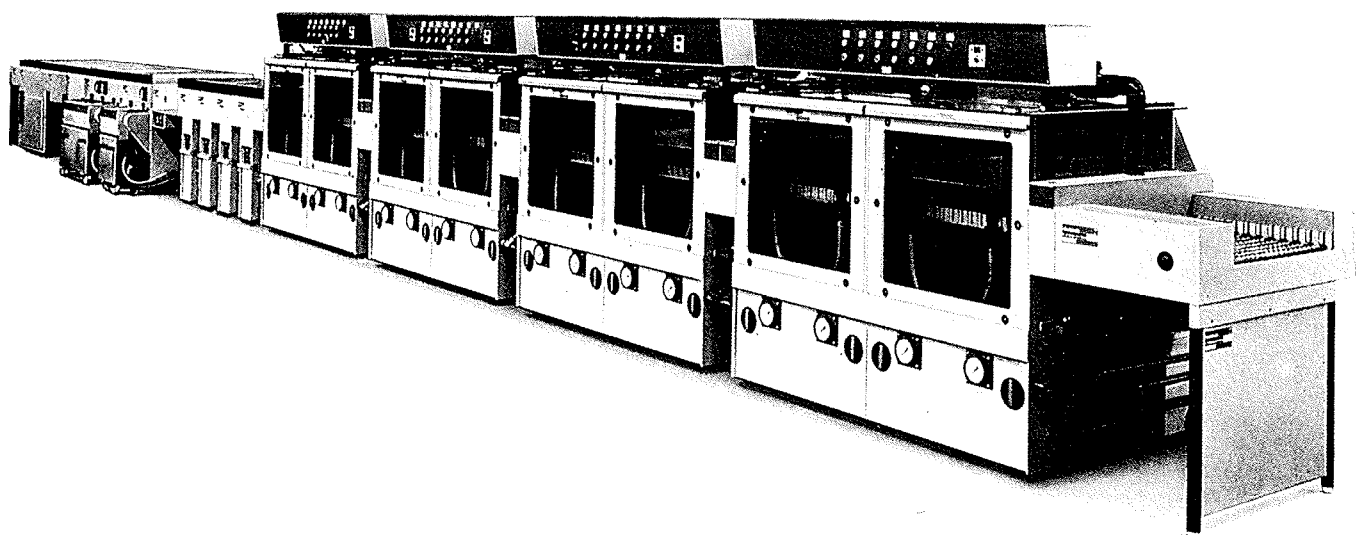
**KEY WORDS:** printed circuits, printed boards, etching, etchants, ammonium chloride, recycling of etchants, manufacturing process

**SUMMARY:** Depending on the method of etching, proceedings during the manufacture of printed circuits, available equipment and efficiency of the technical cadre, the quality of etching is of supreme importance. Different etchants can be applied, corresponding primarily to the sort of the printed circuit. Faultiness and deficiencies of the circuits can only be spotted at the final control. The etchant is treated when the etching solution is saturated with copper ions. At this stage, it is ready for recycling - copper is extracted and employed in other industries while after a proper processing the solution can be used anew.

a) shematski prikaz



- 1 vhod
- 2 jedkanje
- 3 izpiranje
- 4 kontrola
- 5 svetljenje
- 6 izpiranje
- 7 sušenje
- 8 izhod



b) stroj v proizvodnji

Slika 1: Sodoben jedkalni stroj

V zadnjem desetletju je bil storjen velik napredek na področju tehnologije jedkanja pri proizvodnji tiskanih vezij. Šaržno jedkanje so nadomestili s kontinuirnim pri konstantnih pogojih, avtomatskem doziranju kemikalij in stalni kontroli procesa v strojih. Tovrstna sodobna tehnologija je seveda nujna za doseganje ustrezne kakovosti tiskanih vezij, pomembna pa je tudi za uspešnejšo realizacijo proizvodnje in nenazadnje zaradi varstva človekovega okolja pred onesnaževanjem z izrabljenimi jedkali, ki vsebujejo sorazmerno velike koncentracije snovi, toksičnih za ljudi in živali.

Ob tem je seveda treba poudariti, da so sodobni stroji z avtomatsko regeneracijo ali recikliranjem izrabljenih jedkal zelo dragi in ekonomsko upravičeni le pri veliki proizvodnji tiskanih vezij. Pri manjši proizvodnji, ki jo imamo tudi pri nas v Jugoslaviji, pa moramo poiskati druge cenejše rešitve problema razstrupljanja in predelave izrabljenih jedkal.

V sestavku so opisane vrste jedkal, osnovni princip jedkanja tiskanih vezij, nekaj metod za regeneracijo ter metoda za regeneracijo in recikliranje izrabljenega amonij kloridnega jedkala, ki jo pri nas uvajamo.

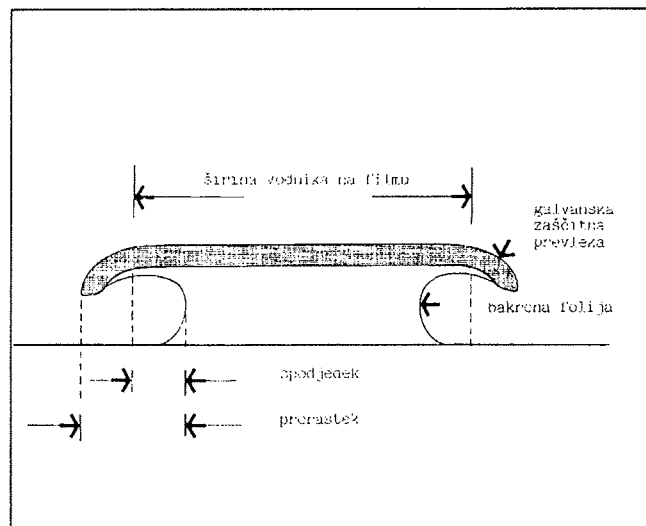
Glede na vrsto tiskanih vezij in tehnologijo obdelave uporabljajo v industriji predvsem dva osnovna tipa jedkal in sicer:

- \* kislina jedkala (bakrov klorid, železov klorid, krom žveplena kislina, amonij-perokso-disulfat) in
- \* alkalna jedkala (amonij klorid, amonij sulfat, amonij karbonat ....)

Kislina jedkala imajo na splošno nižjo, alkalna pa višjo kapaciteto vezanja bakrovih ionov. Razlikujejo se v hitrosti jedkanja. Nekatera jedkajo (raztapljajo) le baker na ploščah tiskanega vezja, druga pa lahko poleg bakra še druge kovinske prevleke (kositer, kositer-svinec), ki so zaradi različnih zahtev tudi lahko na vezeh tiskanega vezja. Zato moramo za jedkanje določenega tipa vezja izbrati ustrezno jedkalo.

Kakovost jedkanja je odvisna od postopkov pri izdelavi tiskanih vezij (nanos slike vezja, galvanska obdelava ipd.), lastnosti osnovnega materiala, debeline in kakovosti bakrove folije ter seveda od strojne opremljenosti in usposobljenosti strokovnega kadra. Napake in pomanjkljivosti, ki nastanejo pri jedkanju najpogosteje ugotovimo šele pri redni kontroli kakovosti. Le-to opravljamo z merjenjem spodjedka in prerastka kovinske prevleke vodnikov, z oceno kakovosti površine vodnikov in izračunom jedkalnega faktorja. Med jedkanjem se namreč raztaplja bakrova folija v navpični smeri (po globini), hkrati pa pride tudi do večjega ali manjšega raztapljanja (jedkanja) sten vodnikov v vodoravni smeri (slika 2).

Tako nastaneta spodjedek oziroma prerastek kovinske prevleke vodnikov.



Slika 2: Spodjedek in prerastek

Te pomanjkljivosti so najpogostejše posledica različnih tehnoloških napak pri izdelavi tiskanih vezij, kot so npr. neustrezni nanos slike na vezja, slaba ali neustrezna galvanska obdelava vodnikov in izvtin, neenakomerna debelina bakrove folije, prevelika odstopanja od predpisane pH vrednosti, gostote, temperature in neustrezne kemijske sestave jedkala pa tudi v pomanjkljivem delovanju opreme.

Potek jedkanja in nastanek spodjedka je prikazan na sliki 3.

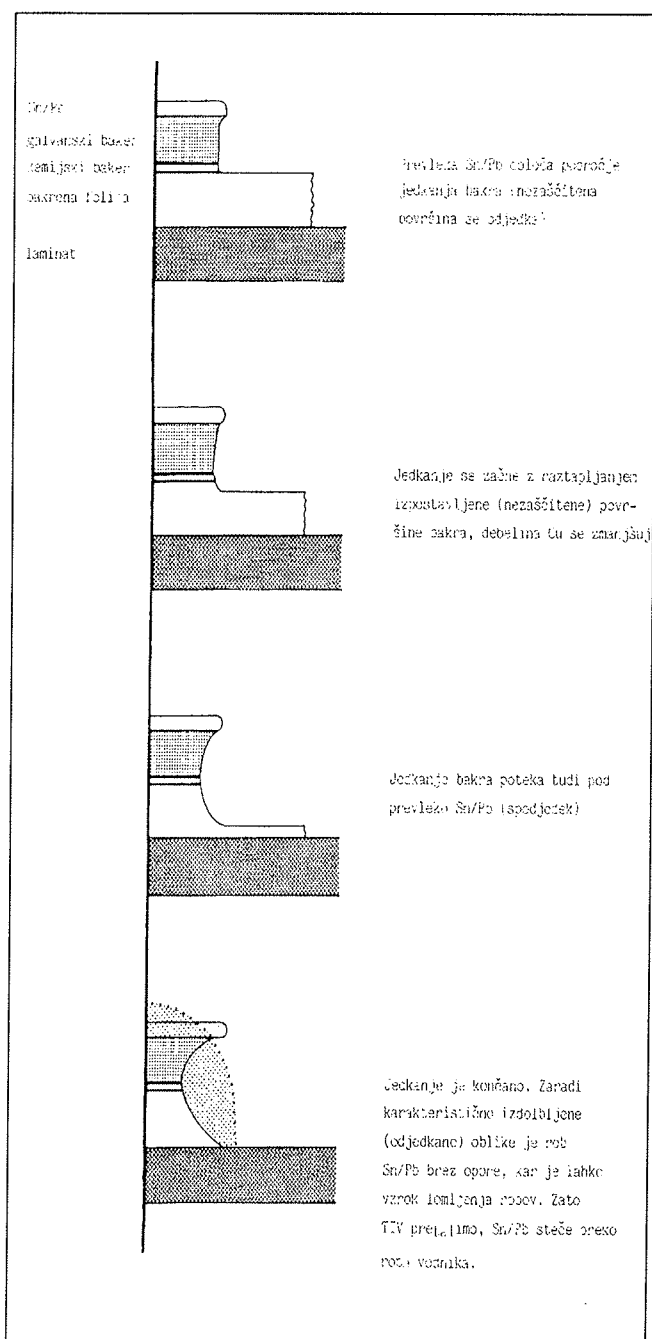
Iz razmerja med globino jedkanja, oz. debelino bakrove folije in spodjedka lahko izračunamo jedkalni faktor (slika 4). Čim večji je, boljše je jedkanje. Kakovost površine vodnikov lahko ugotavljamo vizualno in z 10-kratno, 50-kratno pa tudi z večjo povečavo. Za dokumentiranje in poznejšo oceno rezultatov teh preiskav uporabljamo fotografsko tehniko. Površina vodnikov mora biti gladka, sijajna, brez lis in vključkov ter brez napak, kot so odrgnine, jamice, pore, praznine ipd.

## JEDKANJE Z AMONIJ KLORIDNIM JEDKALOM

Področje jedkanja s tem jedkalom je zelo obsežno in ga bomo opisali nekoliko širše. Z njim jedkamo tiskana vezja, na katera so galvansko nanešene prevleke kositra, zlitine kositra in svinca, srebra, lahko pa tudi druge prevleke. Jedkalo deluje na nezaščiteno površino bakra na plošči z oksidacijo, raztapljanjem in kompleksiranjem.

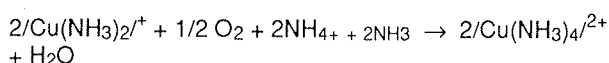
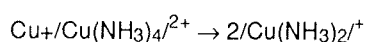
Amonij - hidroksid in amonijeve soli tvorijo z bakrovimi ioni v raztopini bakrove tetramin kompleksne ione  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Koncentracija tako vezanega bakra se giblje med 100 in 150 g/l.

Tipična oksidacijska reakcija jedkanja poteka po enačbah:

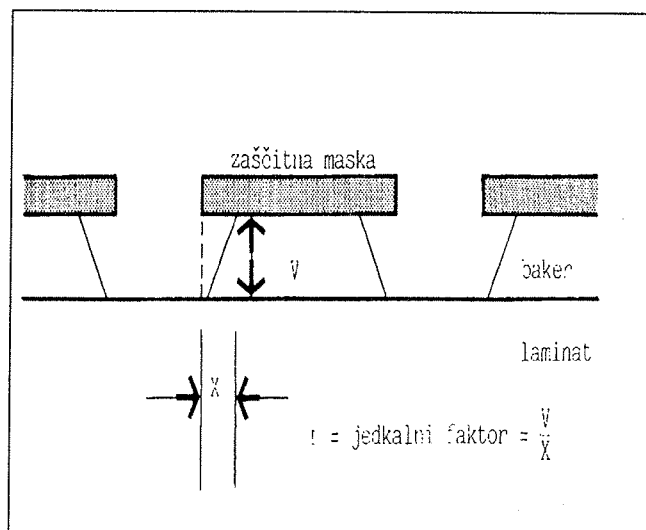


Slika 3: Potek jedkanja bakra na ploščah tiskanega vezja

Potek reakcij:



V sestavini amonij kloridnega jedkala deluje vodna raztopina amoniaka (25 %) kot kompleksant in veže baker v raztopini, amonij klorid povečuje jedkalno hitrost, kapaciteto bakra v raztopini in stabilnost raztopine. Z dodajanjem plinastega amoniaka vzdržujemo potreben pH. Bakrov ion kot  $\text{Cu}^{2+}$  je oksidacijsko sredstvo in raztaplja kovinski baker s površine plošč tiskanega vezja in se pri tem reducira do  $\text{Cu}^+$ , ta pa se z zračnim kisikom znova oksidira do  $\text{Cu}^{2+}$ .



Slika 4: Jedkalni faktor

Ko se jedkalna raztopina nasiti z bakrovimi ioni (do okoli 120 g/l), se jedkalna hitrost bistveno zmanjša. Tako, nasičeno raztopino, je zato treba zamenjati s svežo. Izrabljeno (odpadno) jedkalo predstavlja veliko nevarnost za onesnaževanje okolja, zato tovrstnih raztopin ni dovoljeno izpuščati v odvodnike (kanalizacija, potoki ipd.). Zlasti baker in amoniak, ki sta prisotna v izrabljenem jedkalu v sorazmerno velikih koncentracijah, sta močna biološka strupa. Maksimalno dovoljena koncentracija bakrovih ionov (MDK) za izpust v kanalizacijo znaša 1.0 mg Cu/l, v potok pa 0.5 mg Cu/l; amoniaka 0.5 mg/l oz. 0.1 mg/l, amonijevega iona pa 10,0 mg/l, oz. 1.0 mg/l.

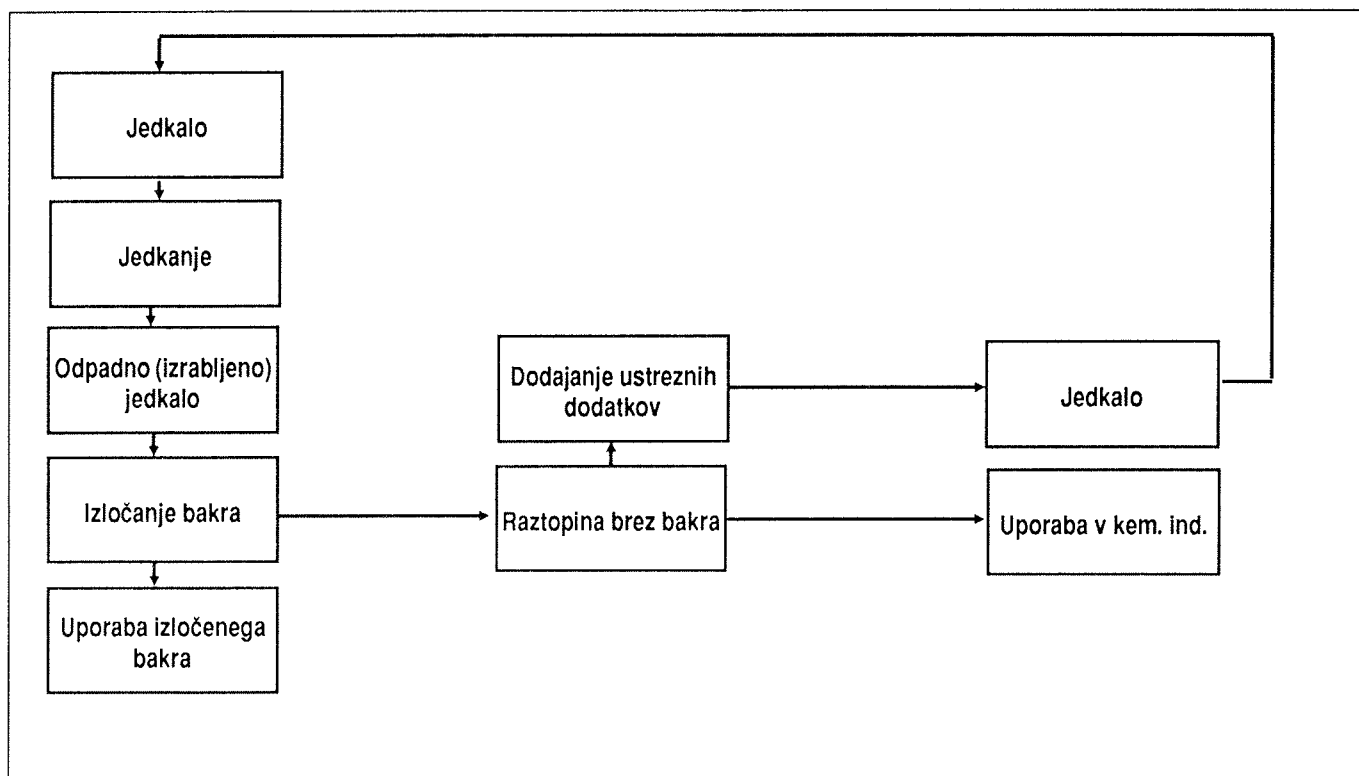
Poznanih je več metod za regeneracijo izrabljenih amonij kloridnih jedkal, ki jih tudi v praksi uporabljajo.

Ti postopki, ki so podrobno opisani v literaturi, temeljijo na ekstrakciji in elektrolizi, cementaciji ali obarjanju bakra. Praviloma so povezani z velikimi investicijskimi in obratovalnimi stroški, ki jih zmorejo le zelo veliki proizvajalci tiskanih vezij, oz. specializirani obrati za regeneracijo.

Zaradi tega smo v zadnjih nekaj letih v sodelovanju z ISKRO, Fakulteto za naravoslovje in tehnologijo, VTOZD Kemija in kemijska tehnologija in Centrom za prenos znanja in tehnologij, Cinkarno Celje in strokovnjaki iz drugih podjetij razvili enostavnejši in zato cenejši postopek regeneriranja izrabljenega amonij kloridnega jedkala, ki ustreza za reševanje omenjenih problemov tudi pri manjših proizvajalcih tiskanih vezij.

Metoda za regeneracijo izrabljenega amonij kloridnega jedkala, ki jo že uvajamo pri nas, je projektirana kot šaržna, z ročnim dodajanjem reagentov in merjenjem ustreznih parametrov (koncentracije, pH, ...) vendar z možnostjo avtomatizacije. Temelji na izločanju bakra v obliki bakrovega oksid klorida, ki ga ločimo od raztopine in uporabimo kot polprodukt v proizvodnji bakrovih fungicidov. Tekočemu regeneratu dodamo ustrezne dodatke do zahtevane kemijske sestave in ga znova uporabimo za jedkanje na začetku procesa.





Slika 5: Poteh postopka

Na sliki 5 je shematsko prikazan poteh postopka.

Metoda, ki smo jo laboratorijsko in v proizvodnji preverjali predvsem v Iskri Videomatiki in Cinkarni Celje zelo ustreza za naše razmere tudi s finančne plati in s stališča varstva okolja.

4. MARKLE R. E.: Processing and Economic Aspects of Etchant Regeneration. Plating and Surface Finishing, January 1983, 59-62.

5. BRINGMANN M.: Regeneration von gebrauchten Atzmedien. Galvanotechnik, 78 (1987), 10 2985-2989.

6. TATE J.: Recycling vs. Treatment and Disposal of Metallic Waste; A Comparison. PC FAB. 9 (1986), 5, 50-55.

## LITERATURA

1. BOSSHART C. WALTER: Printed Circuit Boards, Design and Technology

Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1988

2. CLYDE F., COOMBS, Jr.: Printed Circuits Handbook. Second Edition, Ed. Mc Graw-Hill, New York 1979.

3. HERRMANN G.: Leiterplatten, Herstellung und Verarbeitung, Advanced Technology, Eugen G. Leuze Verlag, D 7968, Saulgau Wurttemberg, Germany, 1978

Mag. Slavko Cankar, dipl.ing.  
Iskra Videomatika, 61117 Ljubljana,  
Cesta Andreja Bitenca 68

Prof. dr. Jadran Maček, dipl.ing.,  
Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo,  
VTOZD Kemija in kemijska tehnologija,  
Murnikova 6, 61000 Ljubljana

Prispelo: 19.10.1989 Sprejeto: 05.12.1989

# PRIKAZI DOGODKOV, DEJAVNOSTI ČLANOV MIDEM

## Ringsdorff Products for Semiconductor Production

F. Kessel

A series of components manufactured from high purity graphite as well as boron nitride are used for the production and processing of semiconductors under extremely clean conditions. The chemical stability and its specific thermal and electrical properties make graphite an ideal material for semiconductor technology.

Ringsdorff has specialized in the development and production of fine-grain graphites of high purity. Many years' experience of production from the semi-finished article to the end product, and the tailor-made solutions it can supply, have given the company a worldwide reputation in this field. In addition to production of carbon and graphite, Ringsdorff is active in the development of new

materials like PBN which, for example, is used in the growth of GaAs crystals.

### Manufacture of carbon and graphite

The production of carbon and graphite materials follows these stages

- \* Preparing of raw materials
- \* Mixing
- \* Moulding
- \* Baking
- \* Graphitizing

Petroleum cokes, pitch cokes, lamp blacks and other carefully selected raw materials - in powder form and of specific quality - are combined into an homogeneous mixture of exactly defined proportions.

| Table 1                                                                                                     |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------|-----------------------|--------|--------|----------|
| Phsyical properties of Ringsdorff high purity graphite (averages)                                           |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
| High purity graphites<br>Superpure graphites                                                                |                                   | EK 50                  | EK 53  | EK 90                 | EK 96  | EK 98  | EK 599   |
|                                                                                                             |                                   | EK 506                 | EK 536 | EK 906                | EK 966 | EK 986 | EK 5996  |
| Density                                                                                                     | g/cm <sup>3</sup>                 | 1.75                   | 1.81   | 1.75                  | 1.81   | 1.85   | 1.70     |
| Porosity (open)                                                                                             | %                                 | 14                     | 10     | 14                    | 11     | 8      | 20       |
| Hardness Rockwell B                                                                                         |                                   | 70                     | 90     | 75                    | 50     | 85     | 30       |
|                                                                                                             | HR                                | 10/100                 | 10/150 | 10/100                | 5/100  | 5/100  | 10/60    |
| E-Modulus                                                                                                   | N/mm <sup>2</sup>                 | 8000                   | 12000  | 9000                  | 10000  | 12000  | 11000    |
| Flexural strength                                                                                           | N/mm <sup>2</sup>                 | 28                     | 50     | 31                    | 40     | 50     | 14       |
| Compressive strength                                                                                        | N/mm <sup>2</sup>                 | 60                     | 120    | 80                    | 110    | 125    | 30       |
| Specific electrical resistance                                                                              | μΩm WG                            | 15                     | 20     | 18                    | 13     | 15     | 6        |
|                                                                                                             | AG                                | 24                     | 24     | 22                    | 14     | 16     | 10       |
| Thermal expansion (290-470K)                                                                                | x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> | 1.6                    | 3.3    | 2.7                   | 3.7    | 3.4    | 2.5      |
| Thermal conductivity                                                                                        | W/mK                              | 70                     | 45     | 65                    | 110    | 80     | 130      |
| Pressing method                                                                                             |                                   | Conventionally pressed |        | Isostatically pressed |        |        | Extruded |
| WG. With grain                                                                                              |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
| AG against grain                                                                                            |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
| If not stated otherwise, all values are measured with a test piece the axis of which is cut with grain (WG) |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
| High purity graphite: ash content < 100 ppm                                                                 |                                   |                        |        |                       |        |        |          |
| Superpure graphite: ash content <10 ppm                                                                     |                                   |                        |        |                       |        |        |          |

Various methods of pressing are used to give the blanks their final shape. Important properties of the finished product are determined at this early stage - by the method of pressing, by the force and direction of the pressure applied. The isostatic pressing technique, for example, makes it possible to produce very large blanks with properties that are almost identical in all three dimensions.

Subjecting the blanks to temperatures up to 1.300 K for several weeks transforms them into carbon which already has the required properties for a number of applications.

A subsequent process of applying temperatures up to 3.000 K in special graphitizing furnaces, turns the carbon into graphite. Thus Ringsdorff produces fine-grain graphites up to the highest purity level.

## Properties

The most important properties which have made graphite an indispensable key material for the semiconductor industry are

- \* high thermal and chemical resistance
- \* excellent resistance to temperature change
- \* electrical conductivity
- \* high thermal conductivity
- \* increasing strength with higher temperature
- \* can be produced with highest purity
- \* easy to machine

Graphite is extremely resistant to thermal shock, so rapid heating or cooling is no problem. With higher temperature the strength of graphite increases. At 2.700 K graphite has about double the strength as at room temperature. Graphite does not melt but sublimates at about 3.900 K. In air graphite is resistant to temperatures up to about 750 K.

The physical properties of some Ringsdorff high purity graphites are shown in table 1.

## Applications

The basic materials for production of semiconductor components are silicon, germanium and III/V-compounds like gallium arsenide and gallium phosphide. The preparation of these materials in a suitable form for semiconductor manufacture is often carried out in equipment using a series of high purity graphite components. In order to meet the most demanding requirements, the range of Ringsdorff products have been extended to include coated graphite parts, PyC, PBN and CFC.

Graphite electrodes are used for deposition of polycrystalline hyperpure silicon (Polysilit). Polysilit-production is

based on thermo-chemical decomposition of high purity trichlorosilane in the presence of hydrogen. Inside the reactor is an arrangement of thin superpure silicon rods (cores), which are heated electrically. During this process lasting several hours, silicon grows on the glowing thin rods in a radial direction. The graphite electrodes are used as holders for the rods and as electrical conductors.

For reaction heating of germanium oxide as well as for zone refining semiconductor materials, graphite boats are used.

Monocrystals are most commonly produced by the Czochralski process. This process is used for growing silicon as well as germanium and III/V materials such as gallium arsenide. The hot zone of the equipment consists of high purity graphite. A graphite crucible supports the quartz melting crucible. In addition, a variety of other graphite components are used such as heating elements, current connectors, crucible holders and heat shields. For these parts, special graphite grades are developed to meet the high demands concerning life in the aggressive equipment atmosphere. For current connectors and holders, high strength superpure graphites or CFC (carbon fibre reinforced carbon) are used.

Ringsdorff have also developed special carbon and graphite grades for converting semiconductor materials to high grade electronic components.

When dividing monocrystal rods of various diameters into thin discs (wafers) slicing beams made of carbon or graphite are used. Crystal rods are fixed to the slicing beams with a special bonding agent and the small section of carbon or graphite base is removed after cutting. Using hard carbon, which does not smear, the diamond cutting wheel remains clean and is self-sharpening when sawing.

Susceptors for epitaxy have to meet high specifications concerning shape, precision and purity. Silicon carbide coated graphite susceptors are used as wafer holders during the process. Graphite for this application must be superpure and must have a thermal expansion suitable for the SiC-coating as well as certain electrical properties and high thermal conductivity. Epitaxy is used for the deposition of thin, single crystal layers on a monocrystalline substrate. The crystal constituents are deposited on the crystal lattice. For silicon, gas phase epitaxy is used, whereas for gallium arsenide, liquid phase epitaxy (LPE) is used alongside the gas phase epitaxy.

Concerning wafer trays for PECVD- (plasma enhanced chemical vapor deposition) processing, graphite materials as well as the shaping of the parts have to meet high requirements, too. PECVD is used for applying passivating oxide layers as silicon nitride or oxide on wafers. The graphite plates or discs are used as wafer trays and electrodes for generating high-frequency field.

| <b>Table 2</b>                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ringsdorff products for semiconductor production</b>                             |
| Electrodes for deposition of polycrystalline silicon                                |
| Tubes for III/V synthesis                                                           |
| Boats for reduction hating of germanium                                             |
| Boats for zone refining semiconductor materials and metals                          |
| Susceptors, heating elements, heat shields and other components for crystal pulling |
| PBN-crucibles. PBN-coated graphite parts for III/V - crystal pulling                |
| Slicing beams                                                                       |
| SiC-coated susceptors for Si-epitaxy                                                |

Further to the above examples, graphite has many other applications in semiconductor industry, e.g. in ion implantation, molecular beam epitaxy (MBE), electron beam evaporation (EBE), glass to metal sealing, solar technology or fibre optic technology.

A survey of the complete Ringsdorff range of manufacture semiconductor industry is given in table 2.

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| SiC-coated susceptors for III/V-MOCVD                                        |
| Boat assemblies for liquid phase epitaxy (LPE), uncoated, PyC- or PBN-coated |
| Electrodes, shields, ion sources and other parts for ion implantation        |
| Electrodes for plasma etching                                                |
| Crucibles for molecular beam epitaxy (MBE), made of PBN, PyC or graphite     |
| PECVD wafer trays, uncoated, PyC-or SiC-coated                               |
| Liners for electron beam evaporation (EBE)                                   |
| Brazing and glass to metal sealing jigs                                      |
| Tubes, heating elements and shields for fibre optic technology               |

*F. Kessel  
Hoechst AG  
Predstavništvo v Jugoslaviji  
Generala Ždanova 29  
11000 Beograd*

## KONFERENCE, POSVETOVANJA, SEMINARJI, POROČILA

### SD'89 - MARIBOR

Milan Slokan

V Mariboru so se od 13. do 15. septembra zbrali jugoslovanski raziskovalci in strokovnjaki s področja elementov in materialov za elektroniko na 25. jugoslovanskem simpoziju o elektronskih sestavnih delih in materialih - SD'89. Registrirali so okoli 120 udeležencev.

Kot običajno so nastopili z izhodiščnimi referati vabljeni predavatelji, vse ostale predstavitve pa so bile na posterjih. Skupaj je bilo sedem vabljenih predavanj in 63 posterjev.

Na kratko omenjamo vabljenega predavanja:

B. Zebec iz računalniškega centra Univerze v Mariboru je poročal o sistemu znanstvenih in tehnoloških informacij Jugoslavije (SZTIJ), ki je v izgradnji. Doslej je bila zgrajena komunikacijska in računalniška infrastruktura z osmimi regionalnimi komunikacijskimi vozlišči (med katerimi je tudi Maribor), ki so povezani z JUPAK mrežo za prenos podatkov. Nosilec funkcij Informacijskega servisa SZTIJ je sedaj začasno Računalniški center v Mariboru. V začasnem hostu SZTIJ je instalirana tudi mednarodna ISDS (International Serial Data System) baza s približno 400.000 zapisi, medtem ko je v jugoslovanski YUBIB bazi trenutno prek 160.000 zapisov, predvsem monografskih publikacij. Udeleženci simpozija SD so si lahko tudi ogledali delovanje Informacijskega servisa na Univerzi v Mariboru v praksi.

D. Donlagić s Tehniške fakultete v Mariboru je opisal problematiko senzorjev, aktuatorjev in regulatorjev v kontekstu komunikacij v procesnih in proizvodnih sistemih za avtomatizacijo. V komunikacijski sistem, v bodoči "avtomatizirani tovarni" uvrščamo sistem računalnikov, inteligentnih naprav in drugih naprav za avtomatizacijo, ki medsebojno izmenjujejo podatke, ukaze, navodila in algoritme med merilnimi, delovnimi in vodilnimi mesti v procesih, med procesi ter med človekom in procesom z namenom vodenja, nadzora, planiranja, analize in sinteze ter finančnih in komercialnih opravil. Predavatelj je tudi opisal tekoče mednarodne projekte s tega področja: MAP (Manufacturing Automation Protocol), PROWAY (Process Data Highway) in LAN v okviru IEEE. Pri osvajanju procesnih vodil prav tako teče več projektov v Ameriki, na Japonskem in v Evropi (Eurekin projekt EUREKA-FELDBUS, nemški projekt PROFI-BUS in francoski projekt FIP). Poleg klasične komunikacijske tehnike se torej rojeva nova tehnika procesnih vodil, to pa je že tehnika zadnjih let dvajsetega in začetka enaindvajsetega stoletja.

J. Schejbal je v imenu soavtorjev R. Kužel, B. Pina in J. Broukal s Karlove univerze v Pragi, industrije in inštitutov v ČSSR, obravnaval problematiko  $\text{Al}_2\text{O}_3$  substratov, direktno bondiranih z bakrenimi folijami, za mikroelektroniko, posebej za močnostno elektroniko. Avtorji so razvili novo tehnologijo bondiranja z uporabo steklastih, emajlnih materialov za vezavo bakra in alumine, hkrati pa tudi za zaščito nepokritih bakrenih površin pred oksidacijo. Substrati, izvedeni z direktnim bondiranjem bakrenih folij na  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , so se pokazali kot idealni v močnostnih vezjih in na napravah, v mikroelektronskih in hibridnih vezjih. Dilatacijske lastnosti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  z bakreno folijo so podobne siliciju, kar dovoljuje spajkanje velikih silicijevih rezin na substrat brez nevarnosti, da bi prišlo do mehanskih poškodb in napetosti.

Zelo zanimiv pregled metod in možnosti analize elektronske mikroskopije (AEM) predvsem na področju različnih "keramičnih" materialov, je podal V. Krašovec z Instituta Jožef Stefan. Aparaturo za AEM tvorijo visoko ločljivi transmissijski elektronski mikroskop (TEM), vrstični elektronski mikroskop (VEM), sistem za analizo rentgenskih žarkov in sistem za analizo slike. V izvajanju je prikazal nekaj značilnih rezultatov raziskav, dobljenih z AEM v Odseku za keramiko na IJS ter odličnih posnetkov.

Naslednja tri vabljenega predavanja so bila posvečena elektrooptičnim elementom in napravam: B. Lavrenčič z Instituta Jožef Stefan je podal lep pregled raznih detektorjev infrardečega sevanja. Z. Djurić iz IHTM - Instituta za mikroelektronske tehnologije i monokristal pri Univerzi v Beogradu je govoril o teoretičnih osnovah in o tehnologijah za izdelavo relativno novih vrst nehlajenih HgCdTe detektorjev za sevanje  $\text{CO}_2$  laserjev, G. Lah iz Iskre-Centra za elektrooptiko pa je opisal uporabo na IHTM razvitih detektorjev v termovizijski kameri za merjenje temperature na daljavo. Vsi trije referati so na svojih področjih tudi prikazali visoko raven in dosežke lastnega raziskovalnega dela na naših inštitutih ter v industriji.

Pri skoraj vseh plenarnih vabljenih predavanjih je prišlo do dokaj živahne diskusije, kar dokazuje, da so bile teme vabljenih predavanj smiselno izbrane.

Kot novost na SD je bila okrogla miza o ustvarjalnosti pri nas in v svetu. Od vabljenih referentov je manjkal J. Mayer iz Iskre, medtem ko sta ostala dva prikazala inovativni center Silicijeve doline ZDA (B. Stiglic), to je razmere v tujini ter razmere pri nas, kjer je M. Mulej z Visoke ekonomsko komercialne šole Univerze v Mariboru podal pregled ovir zoper ustvarjalnost in njihovo premagovanje. Okrogla miza je vzbudila precej zanimanja ter je pokazala, da inovativnost ni le tehnično-tehnološki pojem, temveč izrazito ekonomska kategorija, ki

pride do polnega izraza v konkurenci podvrženem tržišnem gospodarstvu.

Vse tri dni simpozija so bili na ogled in v razpravi posterji, razdeljeni v skupine: mikroelektronika in aktivni elementi, materiali ter optoelektronika in pasivni elementi. Posterji so dali vpogled v širino raziskovanja na elementih za elektroniko v Jugoslaviji (en poster je bil iz ČSSR) na inštitutih, na fakultetah in v industriji, o čemer priča zbornik s 433 stranmi prispevkov. Simpozij je pripravil programsko-organizacijski odbor MIDE M, na čelu z Alenko Rožaj-Brvar. Pokrovitelj in lokalni organizator letošnjega SD je bilo podjetje Birostroj iz Maribora, ki je nudilo udeležencem simpozija prijetne prostore v svo-

jem izobraževalnem centru, pomoč pri organizaciji ter je tudi tiskalo zbornik. Letošnji SD je pokazal, da strokovnjaki na področju elektronskih sestavnih delov in materialov potrebujejo organiziran stik za izmenjavo informacij, prikaz raziskovalnih dosežkov ter osebna srečanja. K slednjemu je uspešno prispeval tudi družabni del prireditve, to je tovariško srečanje, skupna večerja ter organizirani ogled zgodovinskih znamenitosti mesta Ptuj.

*mag. Milan Slokan, dipl.ing.  
MIDE M  
Titova 50  
61000 Ljubljana*

## 2. SONT

### Miroslav Turina

U Dubrovniku je u vremenu od 24. do 26. 10. održan SONT 2 - drugi simpozij o novim tehnologijama. Organizator simpozijuma bilo je Elektrotehničko društvo Zagreb. Simpozijum je bio jugoslavensko- njemački, pa su pored domaćih stručnjaka na simpoziju aktivno učestvovali i stručnjaci iz SR Njemačke.

Simpozij je bio podijeljen u nekoliko tematskih cjelina. Za čitaoce Informacija MIDE M prenosimo, iz zbornika simpozija, popis referata i kratke uvode za svaku tematsku cjelinu.

### TEHNOLOŠKI RAZVOJ U EUROPI I JUGOSLAVIJI

Unapređenje suradnje s evropskom ekonomskom zajednicom - EEZ prioritetni je zadatak Jugoslavije. Kvalitetno povezivanje s ovim geografski susjednim i privredno vrlo razvijenim prostorom jedan je od preduvjeta za prevladavanje jugoslavenske krize. Jugoslavenska se privreda sporo prilagođava novim uvjetima na evropskom tržištu. Dominantno je pritom tehničko i tehnološko zaostajanje. Njemačko-jugoslavenski simpozij ima za cilj bolje međusobno upoznavanje na području novih tehnologija.

#### Sadržaj:

Prof. dr. Ing. K. Bender, Forschungszentrum Informatik an der Universitaet Karlsruhe - Offene Systeme - Analyse und Thesen

mr. Aleksandar Savić, Ekonomski fakultet univerziteta u Sarajevu - Buduće generacije računara (peta, šesta, sedma)

P. Balestrin, RO PTT prometa u Zagrebu - Osi referentni model

dr. Radimir Buljan - Neki aspekti razvoja i tehnološkog progressa u Jugoslaviji

K. Feser, Universitaet Stuttgart - Automatisierte Meswertfassung und verarbeitung in Forschung und Industrie gezeigt am Beispiel von Hochspannungsprüfungen

R. Meunzer, Siemens-Marine engineering Ueberwachung und Grafiksystem

Alica Bauman, Institut fuer Medizinische Forschung und der Universitaet Arbeitsmedizin Zagreb - Gedanken zur Energie Problematik

### POVIJEST ELEKTROTEHNIKE

Istraživanja i prikazivanja razvoja elektrotehnike, odnosno tehnike u širem smislu, kao i međusobno upoznavanje tog razvoja u SR Njemačkoj odnosno SFR Jugoslaviji imaju za ciljeve da prikažu puteve razvoja elektrotehnike u tim zemljama, prikažu rad i ulogu istraživača, inženjera, konstruktora i znanstvenika na području elektrotehnike u tim zemljama, pronađu eventualne veze i kontakte istraživača s područja SR Njemačke i onih koji su djelovali na području današnje Jugoslavije, prikažu institucije koje se u obim zemljama bave proučavanjem povijesti razvoja elektrotehnike, ukažu na važnost poznavanja razvoja elektrotehnike i metodike tog razvoja pri realiziranju novih pronalazaka i konstrukcija.

#### Sadržaj

Vladimir Muljević: 1) Ferdinand Kovačević, pionir telegrafije, 2) Doprinos Franje Hanamana suvremenoj žarulji, 3) Josip Domin, pionir elektromedicine

dr. Roman Galić, Josip SLišković - 1) Radio i televizija Zagreb kao promotori primjene novih tehnologija, 2) Herma - Potočnik Noordung

### NOVI MATERIJALI - TEHNOLOŠKI POSTUPCI

Obvladavanje novim materijalima osnova je za sve granske i druge tehnologije u kojima se upotrebljavaju materijali, ali istovremeno za sve bazične i nove teh-

nologije. U oblasti novih materijala istraživanja i razvoj usmjereni su na osvajanje proizvodnje postojećih materijala, ali sa znatno povećanom kvalitetom kao primjerice:

- \* čelika povišene tvrdoće sposobnog za spajanje zavarivanjem i s povećanom otpornošću na zamor i lom
- \* legura na bazi bakra, aluminija, cinka i olova s konstrukcijskim karakteristikama koje znatno nadmašuju postojeće

kao i na osvajanje novih materijala kao što su:

- \* metali i legure posebnih karakteristika (amorfni metali, metali s ultrasitnim zrnima)
- \* optička, ugljična i ostala vlakna uključujući i vlakna od organskih materijala
- \* polimerni materijali
- \* magnetski materijali visokog energetskog produkta
- \* visoko tehnološka keramika
- \* tekući kristali

#### Sadržaj:

Smail Galijašević, magistar ekonomskih nauka, Energoinvest RO ENKER, Tvornica svijećica i industrijske keramike Tešanj - Dileme i konverze oko naziva i definicije savremene visokotehnološke keramike; Savremena keramika u vojnim namjenama.

S. Milošević, Lj. Pavlović, M. Stamatović, M. Marinko, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd - Potencijalnost domaćih izvora nemetalnih i drugih sirovina za razvoj suvremenih keramičkih materijala u Jugoslaviji.

#### Kompozitni materijali

S. Bošković, E. Kostić, Institut za nuklearne nauke Boris Kidrič, Vinča - Topla konsolidacija neoksidne keramike

S.T. Dimitrijević, B. Kaluđerović, J. Šundrica, S. Goić, Institut Boris Kidrič, Vinča, Tvornica Nikola Mašanović, Dubrovnik - Višedirekcionni kompoziti karbon/karbon

S. Bošković, F. Sigulinski, Institut za nuklearne nauke Boris Kidrič, Vinča, Toplo presovanje kompozita  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-ZrO}_2$  u prisustvu CaO

I. Ivančić, Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, Zagreb - Obrada plastičnih vlaknastih kompozita vodenim mlazom

Milan Stojčevski, Rade Končar - Aparatna tehnika, Skopje - Primjena novih polimernih materijala u razvoju kontak-tora

Dušan Božič, Mirjana Mitkov, Institut za nuklearne nauke Boris Kidrič, Vinča - Novi postupak otvrdnjavanja Cu-Ti legura

D. Dužević, Rade Končar - Elektrotehnički institut - Tehničke manifestacije martenzitnih struktura

M. Vuković, Rade Končar - Elektrotehnički institut - Granični tlakovi isparavanja materijala u vakuumskim pećima

D. Dužević, M. Buchberger, Rade Končar - Elektrotehnički institut - Mjerni valjak regulirane valjaoničke linije.

#### ROBOTIKA I FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI

Kompjuterizacija i robotizacija proizvodnje će omogućiti da se većina radnoaktivnog stanovništva oslobodi fizičkog rada, te da se stvore materijalni preduvjeti za proširenje uslužnih djelatnosti. Bitna značajka te tzv. programirane automatizacije je potreba za fleksibilnošću, jer suvremeno tržište zahtijeva brze odzive proizvođača i raznolikost ponude. U ovome području prožimaju se mikroelektronika odnosno informatičke tehnologije s jedne strane te strojogradnja i strojarske tehnologije s druge strane.

#### Sadržaj

Tugomir Šurina, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb - Kompjuterizacija i robotizacija proizvodnje put prema postindustrijskom društvu

Š.Šavar, T. Udiljak, W. Yeshitila - Programiranje numerički upravljanih alatnih strojeva

.Želimir Đurašević, dr. Mirko Cvjetičanin, SOUR Prvomajska, Zagreb - Fleksibilni obradni sistemi - Vlastito iskustvo

J. Sikošek - Izkušnje robotiziranega varjenja okvirov in vilic dvokoles

Mr. Andrej Majcen, dipl.ing. Jugoturbina institut - Uvođenje CAD/CAM tehnologije u tvornicu Jugoturbina

N. Štefanić, D. Šimunić, D. Petrović - Matematičke osnove softvera za optimalno krojenje lima

B. Vranješ, Z. Kunica - Ekspertni sistem za izradu funkcionalne strukture montažnih sistema

I. Ratković, D. Antić, N. Barbutov, N. Bakija, Rade Končar - Elektrotehnički institut - Vero-eri Educational Minirobot: Characteristics and Applications



## **INFORMATIČKA TEHNIKA - TELEKOMUNIKACIJE, Obrada i prijenos podataka**

Tehnika telekomunikacija i obrade podataka posljednjih 40 godina sve se više isprepliću i konfiguriraju, tako da su danas s puno opravdanja prepoznatljive pod zajedničkim nazivom informatičke tehnike.

Njeni glavni ciljevi između ostaloga su i približavanje tehničke prirodnoj komunikaciji putem prijenosa govora i slike i pisanih dokumenata, povećanje njene mobilnosti uz adekvatno osiguranje selektivnosti izbora željenog segmenta iz asortimana ponude informacija.

Pri tome se korisnik susreće s nizom novih uređaja i sistema koji će ispuniti svoj smisao tek ukoliko se sučelje čovjek stroj prilagodi njegovim navikama i sposobnostima.

Ispunjenje ovih zahtjeva doprinjelo je intenzivnom razvoju hardverske i softverske osnove što dovodi ili će dovesti do danas još ne sagledivih utjecaja na cjelokupni razvoj moderne privrede i društva.

### **Sadržaj:**

Dipl.ing. W. Markwitz, DLR, Oberpfaffenhofen, Dr. Th. König, DLR, Oberpfaffenhofen -  
Einsatz der Informationstechnik Fernkundung zur Ueberwachung von Atmosphaere und Erdoberflaeche

Dr. Slavko Svirčević, dipl.ing. Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, Zagreb -  
Osnovne postavke za izbor koncepcije razvoja mobilne telefonske mreže i sistema

Dr. Marcel Zimmer, dipl.ing., Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, Zagreb -  
Operativno vođenje i održavanje telekomunikacijske mreže sa sistemom AOM 101

P. Krammling -  
Intelligenter Radiocommunication Tester CMT

Željko Jungić, RO PTT saobraćaja, Banja Luka, Branko Dokić, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka -  
Mikroračunarski sistem za daljinski nadzor, upravljanje i mjerenje - MCS RSCM 512/128

Želimir Močinić, Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, Zagreb -  
Realizacija TMN koncepta u zagrebačkoj telefonskoj mreži i uvođenje procesnog nadzora i upravljanja u nove SPC i postojeće ne SPC centrale

Mr. Dragan Kokanović, dipl.ing., Džanić Emir, ing. -  
Razvoj mreže za prijenos podataka na području PTT Banja Luka

Šmid Janez, Iskra JTS -  
Povećanje kapaciteta sistema SI2000

A. Mohar -  
Mobilni telefon - nova razširitev telekomunikacijskega prostora

Mr.Vlado Bek, dipl.ing., Zoran Zubčević, dipl.ing. RO PTT prometa Osijek -  
Povezivanje SPC centrala na računalo opće namjene

Mr. Vlado Bek, dipl.ing. -  
Jedan način određivanja faktora interesa u decentraliziranoj telekomunikacijskoj mreži

Boris Strelec, dipl.ing. Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla -  
Osnovni koncept integriranih funkcijskih telekomunikacijskih mreža

Prof. Dipl. ing. Verner Jansen, FH Aachen, Abt. Julich und Dr. Ing. Hartmuth Thomalla, Nixdorf Computer AG Abt. NET Muenchen -  
LAN in der Prozessleittechnik

Ivan Bošnjak - Marketibilnost ISDN-a

S. Kotlo, Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla -  
ZXE 10 - realizacija ISDN funkcija za potrebe javnih i poslovnih komunikacija.

## **MIKROELEKTRONIKA**

Mikroelektronička tehnologija se posljednjih godina razvijala slijedeći pravilo G. Moore-a. Kompleksnost mikroelektroničkih sklopova raste s vremenom po eksponencijalnom zakonu udvostručavajući se svake godine. Gdje su granice rasta? Većina prognoza se slaže u procjeni, da će se i dalje nastaviti trend povećanja površine čipova uz smanjenje dimenzija elektroničkih elemenata unutar čipa. Očekuje se da će primjenom modernih metoda pročišćavanja silicija biti moguće uz potreban prinos u proizvodnji realizirati čipove površine iznad jedan cm kvadratni s oko 10 miliona tranzistora u čipu. Pri tome bi minimalna dimenzija unutar čipa (rezolucija) bila 0.2 i 0.3 mikrometra ovisno o metodi definiranja topoloških kontura. Citirane granice bi se postigle poslije 2000. godine, vjerojatno do 2010. godine. Iznenadjenje da se to dogodi i ranije nije isključeno. Navedeno se odnosi na silicij kao materijal za procesiranje čipova. Određene prednosti u odnosu na silicij ima galij-arsenid koji pokazuje veću otpornost na zračenja i omogućava izradu čipova koji brže obavljaju logičke operacije od silicija. Međutim, to je skup materijal i on zato nemože konkurirati siliciju u masovnim primjenama.

Kad silicij dostigne ranije navedene granice, vjerojatno će daljnji razvoj ići u pravcu primjene sasvim novih materijala sintetiziranih primjerice metodom epitaksijalnog rasta pomoću molekularnog mlaza. Pojedini istraživači daju šansu optičkim materijalima, a drugi opet molekularnoj elektronici (biočip, biosenzor).

Vjerojatno će svako od prognoziranih područja imati određeni udio što će svakako omogućiti intenzivan razvoj ne samo mikroelektronike već i ostalih informatičkih tehnologija.

## Sadržaj:

Mr. Stjepan A. Szabo, dipl.ing., SEITH, Zagreb -  
Savremeni trendovi mikro i makroelektronike

R. Muenzer, Siemens - Marine Engineering -  
Schiffsautomation in Mikroprozessortechnologie

Srebrenka Uršić, Tomislav Švedek -  
Razvoj aplikativno specifičnih integriranih sklopova u  
Elektrotehničkom institutu Rade Končar

Prof. dr. Ing. L. Abraham, Universitaet der Bundeswehr  
Muenchen, Prof. dr. ing. K. Heumann, Technische  
Universitaet Berlin -  
Der Einfluss abschaltbarer Leistungshalbleiter auf die  
Antriebstechnik.

Nenad Strizak, RIZ-IETA, Zagreb -  
Hibridne mikroelektroničke tehnologije

Petar Biljanović, Željko Butković, Julijan Šribar, Goran  
Zelić, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Za-  
vod za elektroniku -  
Mikroelektronički sklopovi po narudžbi

Jakiša Radja -  
Poluvodičke mikroelektroničke tehnologije

## ENERGIJA

Nekoliko generacija među kojima se nalazi i naša živi u  
doba intenzivnog iskorištavanja fosilnog goriva: nafte,  
ugljena, plina i urana. To je omogućilo uz korištenje  
hidroenergije vrlo veliku ekspanziju čovječanstva uz  
veliku potrošnju energije po stanovniku, naročito u in-  
dustrijski razvijenim zemljama. Korištenje enormnih koli-  
čina fosilnih goriva u vrlo kratkom vremenskom periodu  
od stotinjak godina sigurno nije dugoročnije gledano  
njihovo optimalno iskorištenje. Više nego intenzivno,  
gotovo ekstremno korištenje fosilnih goriva osim što je  
omogućilo fantastičan razvoj pojedinih zemalja i regija,  
izazvalo je i ogromna uništavanja prirode. Zbog toga se  
očuvanje čovjekove okoline sve više postavlja u prvi  
plan pri daljnjem razvoju energetike pa i uz jasno saz-  
nanje da to često i bitno poskupljuje proizvodnju i kori-  
štenje energije. To znači da u budućnosti ne postoji  
realna mogućnost daljnjeg znatnijeg povećanja proiz-  
vodnje i potrošnje energije po stanovniku. Veći naponi  
bit će svakako uloženi u značajnije podizanje kvalitete  
proizvodnje i potrošnje energije. U tom se smislu može  
predvidjeti daljnje povećanje udjela električne energije,  
kao najkvalitetnijeg oblika energije, u ukupnoj energiji.  
Također se uočava trend sve većeg prožimanja i nado-  
punjavanja pojedinih vrsta energije, s ciljem optimalnog  
iskorištavanja raspoloživih resursa i zaštite čovjekove  
okoline.

To znači daljnji razvoj aditivnih izvora energije, racional-  
nog prijenosa i korištenja energije, povezano s prim-  
jenom suvremene elektronike. Tu posebno mjesto do-  
biva razvoj i proizvodnja čistih proizvoda s visokim ener-  
getskim pokazateljima.

## Sadržaj

Prof. dr. Ing. Hans Christian Mueller - Grosstaedtsche  
Stromversorgung

Mr. Konstantin Hadži-Ristić, dipl.inž.el. Institut za građe-  
vinarstvo, građevinske materijale i nemetale, Tuzla -  
Dvotarifno mjerenje vršne snage maksigrafom

K. Feser, Universitaet Stuttgart - Automatisierte Mess-  
werterfassung und - verarbeitung in Forschung und  
Industrie gezeigt am Beispiel von Hochspannungs-  
pruefungen

Mirko Langer, dipl.ing. Međimurska trikotaža, Čakovec  
Regulacija vršnog opterećenja u tekstilnoj industriji

Prof. dr. Edgar Škrobonja, Mr. Bernard Franković, Teh-  
nički fakultet Rijeka

Poboljšanje prijelaza topline - primjena kod izmjenjivača  
topline

## NUKLEARNA TEHNIKA I NUKLEARNA ENERGIJA

Zahvaljujući razvoju nuklearne tehnike i energetike koji  
je uslijedio tokom posljednjih decenija, ta grana ener-  
getike danas spada u efikasne energetske tehnologije  
za masovnu proizvodnju električne energije.

Razvoj nuklearne energetike je imao znatno širi značaj  
od samo energetske primjene, a ogleda se u razvoju  
niza pratećih tehnologija i metoda kao što su: razvoj  
novih materijala, novih tehnoloških postupaka, novih  
metoda u upravljanju procesima, novih primjena dijag-  
nostike, kontrole kvalitete, matematičkog modeliranja  
procesa, korištenje simulatora kod obuke osoblja i niza  
drugih. Sva ta dostignuća su od znatnog značenja za  
opći napredak tehnologija. Tako su do danas napredni  
tipovi nuklearnih elektrana dostigli stupan razvoja, koji  
ih svrstava ne samo u ekonomski i ekološki prihvatljiva,  
nego i po mnogim karakteristikama superiornija ener-  
getska postrojenja od klasičnih termoelektrana. Postoji  
još mnogo mogućnosti i potreba za njihovim daljnjim  
poboljšanjima, posebno na području daljnjeg unapre-  
đenja sigurnosti, razpoloživosti pojednostavljenju izved-  
bi i rukovanja i sl.

## Sadržaj:

Mladen Juričić, dipl.oec. Republički komitet za ener-  
getiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo SR Hrvatske -  
Dugoročni razvoj energetike SRH i SFRJ s osvrtom na  
ulogu nuklearnih elektrana

Mladen Cvitanović, dipl.ing. Vladimir Bradač, dipl.ing.,  
Mario Balog, dipl.ing., Hrvoje Štingl, dipl.ing. Institut za  
elektroprivredu, Zagreb - Ispitivanje opreme u toku po-  
gona u NE Krško

Danilo Ferević, Nikola Čavlina, Nenad Debrecin, Du-  
bravko Pavec, Elektrotehnički fakultet Zagreb - Analiza  
sigurnosti nuklearnih elektrana

Vladimir Vuković, Zagreb - Problem generatora pare u  
PWR sistemima

R. Erman - Ultrazvučna dekontaminacija

W. Aleite - KWU Neues KKW Prozess - Informations - System PRISCA im Anlage - Test - Betrieb

### ADITIVNI ILI ALTERNATIVNI IZVORI ENERGIJE

Pod pojmom aditivni izvori energije podrazumjevaju se izvori energije koji se dodaju glavnim izvorima energije. Oni istovremeno prema mjerilima čovjeka predstavljaju neiscrpane izvore energije. Ovdje spadaju: energija sunčevog zračenja, energija vjetra, toplinska i kinetička energija morske vode, toplinska i kemijska energija biomase.

Nastali kao posljedica istoga izvora energije (sunčevog zračenja) aditivni izvori energije imaju zajedničke karakteristike: prikladni su na mjestu gdje nastaju.

Aditivni izvori energije imaju u usporedbi s glavnim izvorima energije relativno malu gustoću, pa prema tome zahtijevaju tehnologiju korištenja s većim površinama i većom količinom materijala nego primjerice pri korištenju nuklearne energije.

Tehnologije za korištenje aditivnih izvora energije opтереćene su velikim investicijskim troškovima po jedinici snage ali zbog relativno malih snaga rokovi izgradnje su kratki pa se uloženi kapital počinje ubrzo vraćati.

Pogonski troškovi aditivnih izvora energije su relativno niski.

Tehnologije za korištenje aditivnih izvora energije omogućavaju modularnu izvedbu, jednostavnu montažu i prilagođavanje kapaciteta uređaja promjenjivim potrebama. Korištenje aditivnih izvora energije je ekološki čisto i zbog toga gledano na duži rok vrlo prihvatljivo.

#### Sadržaj:

Zvonimir Knapić, dipl.ing. Rade Končar - Elektrotehnički institut, Josip Grabovac, dipl.ing. Žarko Vudrug, dipl.ing. Fakultet građevinskih znanosti, Split - Predispozicije pojedinih regija Hrvatske za korištenje sunčeve energije u stambenim objektima

I. Penzar, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, S. Nikolova, Republički hitrometeorološki zavod SR Makedonije, Skopje, S. Barbaro, G. Cannistraro, C. Giaconia, A. Orioli, Università di Palermo, Dipartimento di Energetica ed Applicazioni di Fisica - Koeficijenti ASHRAE modela globalnog zračenja pri vedrom vremenu u području Jadrana

M. Peršin, S. Vlahović, M. Ivanda, Z. Mikšik, D. Gracin, N. Urli, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, R. Sinovčević, RIZ Tvornica poluvodiča, Zagreb, V. Borjanović, VVTŠ KOV JNA, Zagreb - Razvoj novih metoda za proizvodnju komponenata fotonaponskih ćelija

Zvonimir Knapić, Olga Mardešić, Mario Žic, Rade Končar - Elektrotehnički institut - Razvoj primjene tehnologije i lijepljenja za solarne termičke kolektore

P. Kulišić, M. Prah, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, J. Vuletin, I. Zulim, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split - Stimulacija rada malih fotonaponskih sustava

Ivan Vrsalović, Rijekaprojekt, Rijeka - Efekti snage i regulacije na specijalnim vjetroturbinama u sapnici plašta

Zagorka-Boškov Steiner i Ivo Steiner, Zagreb - Pristup istraživanju i razradi geotermalnih ležišta

Ivo Kolin, Rudarsko-geološki-naftni fakultet Zagreb - Termodinamička procjena geotermalnih izvora Prof.dr. Vilka Obsiger, dipl.inž. Tehnički fakultet, Rijeka - Absorpcioni rashladni uređaji i njihova primjena pri korištenju niskotemperaturnih toplina

### ZAŠTITNO ALARMNI SUSTAVI

Na području zaštitno alarmnih uređaja i sustava ostvaren je u proteklom godinama značajan tehnički i tehnološki napredak. To se prije svega odnosi na protupožarne i protuprovalne sustave, ali također i na rezultate istraživanja na području zagađivača atmosfere.

Nauka o požarima predstavlja osnovu za razvoj novih i pouzdanijih detektora i postupaka za rano otkrivanje požara u raznim objektima i postrojenjima.

Smanjenje kriminala moguće je jedino primjenom modernih zaštitno alarmnih uređaja i sustava, uz odgovarajuću organizaciju poslovanja. Za efikasnost zaštite od presudne je važnosti pravilno određena filozofija rada alarmnog sustava.

Intenzivan rad na međunarodnoj i jugoslavenskoj standardizaciji omogućit će lakši ulazak na međunarodno tržište opreme i uređaja iz područja zaštitno-alarmnih sustava

#### Sadržaj:

Ivan Husar, Elektrotehnički fakultet sveučilišta u Zagrebu - Pristup izgradnji zaštitno alarmnih sustava

Ferdo Pavlović, Esad Hadžiselimović, Dinko Tuhtar, Vladimir Kapor, Zoran Srzić, Institut zaštite od požara i eksplozija, Sarajevo-Nauka o požaru u funkciji novih tehnologija: stanje i trendovi pravca i metoda istraživanja

Vladimir Kapor, Institut zaštite od požara i eksplozija, Sarajevo - Nove tehnologije u oblasti požarnih alarmnih sistema

R. Tasić - Inteligentni i adresibilni detektori požara

Günter Bollermann, Zentralband der Elektrotechnischen Industrie, Frankfurt/M - Elektrische Einbruchmeldeanlagen - Normen und Richtlinien

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

## ZAPIS O SMT SEMINARJU

### Seminar firme MULTICOMPONENTS GmbH o površinski montaži elektronskih elementov

#### Alojzij Keber

Površinska montaža elektronskih elementov v svetu vse bolj izriva s trga klasično montirane sklope in podsklope. Bolj ko se bližamo prelomu desetletja, bolj se uresničujejo napovedi, da se bo v začetku devetdesetih let proizvodnja elektronskih elementov prevesila v korist površinske montaže. Če se dokaj optimistične napovedi za razvoj te tehnologije izpred dobrih treh let niso v celoti uresničile, je vendarle čutiti, da bo šlo pri uvajanju površinske montaže v naslednjih letih zares. To kažejo trendi razvoja na svetovnem trgu, kjer s precejšnjo prednostjo vodi Japonska, sledi Amerika, Evropa pa sprejema izziv svojih tekmecev. Z namenom, da bi približali to novo tehnologijo tudi jugoslovanski strokovni javnosti, sta organizirala Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale MIDEM in Iskra 5. in 6. septembra 1989 v Iskrini poslovni stavbi seminar o površinski montaži elektronskih elementov, ki ga je pripravila nemška firma MULTI COMPONENTS iz Nürnberga v Zvezni republiki Nemčiji. Čeprav je imel seminar poudarek na nanosu past in lepil na ploščice tiskanih vezij ter spajkanju, se je predavatelj Gerhard Reusch v svojem izvajanju dotaknil tudi nekaterih drugih tehnoloških korakov pri opremljanju ploščic tiskanih vezij. Poslušalci, ki so prišli iz vse Jugoslavije, so dobili na ta način široko paleto tehničnih in tehnoloških informacij

o površinski montaži. Obiskovalci so si lahko ogledali tudi praktično avtomatsko montažo elektronskih elementov na demonstracijskem polagalnem avtomatu. Zanimivo je, da sta se seminarja udeležila tudi predstavnika firme Vibratek GmbH z Dunaja, ki sta skušala najti med udeleženci odjemalce za svoj program elektronskih elementov za površinsko montažo. Iskra Elementi je udeležence seznanila o svojem programu SMD elementov. Med 130 udeleženci, ki so prišli iz Nikole Tesle, Rudija Čajevca, Rade Končarja, Elektronske industrije, Digitrona, Novkabila, Elektrokovine, RIZ, Instituta Jožef Stefan, Donita, Fakultete za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani, Fakultete za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani, je bilo okoli 60% strokovnjakov iz Iskre. Zanimivo je, da vsa ta množica strokovnjakov ni premogla tehničnih vprašanj, ki bi vzpodbudila diskusijo in tako prispevala k še boljšemu pretoku znanja od predavatelja udeležencem in med udeleženci samimi. To pa je prav gotovo odsev stanja pri uvajanju površinske montaže elektronskih elementov v Jugoslaviji. Udeleženci, ki uporabljajo pri svojem delu nemški jezik, so prejeli delovno gradivo seminarja na seminarju samem, medtem ko bo firma MULTI COMPONENTS GmbH razposlala angleška gradiva v roku dveh mesecev. V splošnem je seminar lepo uspel in je bil za udeležence po njihovih lastnih izjavah dokaj koristen. Poslušalci so izrazili željo, da bi podobne seminarje organizirali tudi v prihodnje.

*Alojzij Keber, dipl. ing.  
MIDEM,  
Titova 50  
61000 Ljubljana*

## ZNANSTVENO SREČANJE "MATERIALI '89"

#### Marička Kosec

Od 4. - 6. oktobra 1989 je bilo v Partizanskih Vodah na Zlatiboru srečanje strokovnjakov s področja metalurgije in keramike. Konferenco so organizirale Republika za zajednica nauke Srbije - Osnovna zajednica nauka regiona Titovo Užice, Regionalna privredna komora, SOUR Valjaonica bakra i aluminijuma "Slobodan Penezić - Krčun" Sevojno i SOUR Prvi Partizan.

V čez trideset predavanjih in prav toliko posterjih so avtorji predstavili raziskovalne rezultate s področja metalurgije barvnih kovin, prašne metalurgije, sodobne tehnične oksidne in neoksidne keramike ter klasične silikatne keramike. Med deli ni manjkalo takih, ki so obravnavala atraktivne nove materiale in tehnologije, tako n.pr. hidroksiapatitno bioaktivno keramiko, amorfne kovine, akustično mikroskopijo kot metodo za karakterizacijo sintranih materialov, zgoščevanje kovin pri sobni temperaturi uporabljajoč visoke pritiske (hladno

sintranje) sintezo transparentne PLZT keramike s sintranjem pod pritiskom, pripravo nosilcev katalizatorjev, pripravo keramičnih elementov za filtriranje raztaljenega aluminija. Velja omeniti, da je bilo veliko del, ki so se ukvarjala z manj atraktivnimi pa za naš vsakdan nič manj pomembnimi problemi, ki so blizu proizvodnji barvnih kovin, prašni metalurgiji in izkoriščanju domačih surovin v proizvodnji keramike. Dosti avtorjev strokovnih prispevkov je bilo iz proizvodnih organizacij.

V okviru srečanja je bila organizirana okrogla miza "Novi materiali i mogućnost njihovog razvoja u SFRJ". Diskusija, kot že mnoge dosedaj, v krogu strokovno podobno mislečih ljudi.

Za konferenco je vladalo veliko zanimanje. Udeležilo se je čez 200 ljudi, zelo veliko iz industrije. Vzdušje je bilo zelo prijetno, k čemur je poleg organizatorjev gotovo pripomoglo čudovito okolje jesenskega Zlatibora in v prostem popoldnevu srečanje s pletiljami Sirogojna z

njihovo gostoljubnostjo, zgodovino in uspešno sedanostjo.

Kar človek pogreša na takem srečanju, so živahne diskusije, ki zapolnjujejo konference v tujini od zore do mraka. Tu, pri nas pa se zdi, kot da si tako govorniki kot poslušalstvo želijo svoj mir, kjer ni strokovnega vznemirjenja in strokovne agresivnosti.

Vsa, na konferenci predstavljena dela, bodo izšla v zborniku. Tisti, ki se zanj zanimajo, ga lahko naročijo pri organizatorju: Osnovni zajednici nauke regiona Titovo Užice, Organizacioni odbor Naučnog skupa "Materijali '89", Ul. heroja Dejovića 26, 31000 Titovo Užice.

*dr. M. Kosec, dipl.ing.  
Institut Jožef Stefan  
Jamova 39  
61000 Ljubljana*

## POROČILO S KONFERENCE NASECODE VI

### Dejan Križaj

Trinity College, ki je zaradi svoje zgodovine in lepote ponos in prva turistična znamenitost glavnega mesta Irske - Dublina, je bil od 10. do 14. julija 1989 gostitelj šeste mednarodne konference o numerični analizi polprevodniških struktur in integriranih vezij (Sixth International Conference on Numerical Analysis of Semiconductor Devices and Integrated Circuits - NASECODE VI). To je verjetno konferenca z najširšo mednarodno udeležbo na področju modeliranja polprevodniških struktur in s tem seveda prikaz najnovejših dosežkov na tem področju.

Osrednji del konference je trajal tri dni (11. - 14. julija) in je bil sestavljen iz posameznih sekcij, le-te pa še iz podsekcij - minisimpozijev. Program sekcij ni potekal vzporedno, kar je sicer hiba mnogih drugih konferenc, seveda pa je zato delo teklo od jutra pa do večera.

Najboljši vpogled v tematiko konference dajejo že naslovi sekcij (ki jih zaradi verodostojnosti podajam kar v originalu): Session on Mathematical Techniques, Session on Analytical and Circuit Modelling, Session on Process Modelling ter vrste minisimpozijev (z dolgimi naslovi) npr: Minisimpozium on Three Dimensional Device and Process Simulation, Minisimpozium on Application of Parallel and Vector Computers to Semiconductor Device Modelling.

Dan pred uradno otvoritvijo konference so organizirali tečaj (Short Course of Software Tools for Process, Device and Circuit Modelling), na katerem so bili predstavljeni večji projekti - programi za simulacijo in modeliranje polprevodniških struktur. Programi, za katere se je dalo še pred leti dobiti akademsko licenco, so sedaj že povsem tržno naravnani, tako npr. ameriška TMA (Technical Modelling Associates) ponuja programa SUPREM in PISCES znane ameriške fakultete Stanford po pravi tržni ceni. Nasplošje je opazen pojav združevanja, ne samo industrije z univerzo pač pa skupnih projektov velikih industrijskih gigantov, kot je primer projekt EVEREST, v katerem sodelujejo STC Technology, Analog Devices, Philips, SGS-Thompson, Rutheford Appleton Laboratory, Trinity College Dublin, University

of Bologna, IMEC, NMCR, GEC idr. Jasno je, da to zahteva močno interdisciplinarno sodelovanje znanstvenikov, kar je potrdil tudi sam kongres, na katerem so poleg elektrotehnikov posebno številni matematiki, fiziki in strokovnjaki računalništva.

Opazna je bila želja izdelati čim bolj zanesljive in "prijazne" programe, prenesti uporabo teh programov iz velikih računalnikov VAX, CRAY na manjše delovne postaje kot so Appolo, Sun in s tem povečati njihovo uporabnost in jih približati širšemu krogu potencialnih kupcev. Pri tem postaja vedno zanimivejši operacijski sistem UNIX in programski jezik C.

Računalniški programi za simulacijo in modeliranje so bili predstavljeni v posebnih okvirih (Software Forum, Software Exhibition), med katerimi so verjetno najzanimivejši TITAN (CNET&CISI Ingeniere), TRON (ETH), IMPACT 1.2.3, SUPREM (TMA), PISCES (TMA), TRENDY (University of Twente).

Organizatorji niso pozabili niti na sekcijo posterjev, kjer so udeleženci razstavili svoje zadnje dosežke. Sam sem predstavil poster o naših raziskavah na modeliranju zaključitve PN spojev (junction termination).

Skratka, konferenca je bila izredno dinamična ter polna dogajanj, saj se je izkazalo, da je tudi kratek čas za kavico lahko namenjen izmenjavi izkušenj in medsebojnemu spoznavanju udeležencev.

Iz Jugoslavije sva se konference udeležila Konstantin Nikolić z beograjske fakultete za elektrotehniko in avtor tega zapisa.

p.s. Po vsej verjetnosti bo naslednje leto konferenca NASECODE, ki je bila do sedaj že kar tradicionalno zasidrana v Dublinu, prestavljena v ZDA, saj je tja namenjen prof. J.J. Miller, organizator in pobudnik te pomembne konference.

*Dejan Križaj  
mladi raziskovalec na FER  
Laboratorij za nelinearne elemente  
61000 Ljubljana*

## Productronica 89

**Milan Slokan**

V Muenchnu kot središču Bavarske se zavedajo, da bo svetovno gospodarski pomen njihove industrijske dežele v bodoče odločilno odvisen od kvalitativne in kvantitativne učinkovitosti elektronske industrije. Pohvalijo se s tem, da se na področju velikega Muenchna vedno bolj množijo podjetja, ki se ukvarjajo z mikroelektroniko (v zadnjih desetih letih 2500). Skoraj 10% vseh delovnih mest v Muenchnu je že zasedenih na področju strojne in programske opreme. Prav zato posvečajo strokovnim sejmom s področja elektronike, high-tech na sploh veliko pozornost in podporo. Tudi zaradi tega je Productronica v sorazmerno kratkem času zrasla v enega izmed najpomembnejših svetovnih strokovnih sejmov za proizvodnjo v elektroniki. Zasedena je bila spet celotna površina muenchenskega sejmišča (105.000 m<sup>2</sup> brutto), razstavljalo je ca 1700 razstavljalcev iz 29 držav. Največ jih je seveda bilo iz ZR Nemčije (944), ki ji sledijo ZDA (181), Švica (114), Anglija (94), Francija (74), Italija (61) in drugi. Iz Japonske je razstavljalo 28 firm. Obiskovalcev so ocenili na okoli 90.000.

Kot prejšnja leta je bila razstava organizirana v štirih sektorjih: hale 1 do 5 surovine in naprave za proizvodnjo elementov, hale 7 do 16 naprave in materiali za proizvodnjo tiskanih in drugih vezij (v hali 15 je bila posebej zbrana ponudba kemikalij in materialov za elektroniko), hale 18 do 22 oprema in materiali za proizvodnjo sklopov ter naprav, hale 23 do 25 elektronika za avtomatizacijo in zagotavljanje kakovosti. Vodič po obširni ponudbi je sistematično in praktično po izdelkih in firmah urejen katalog, ki služi tudi po sejmu kot zelo koristen priročnik s področja opreme in materialov za proizvodnjo v elektronski industriji. Omenjam, da je iz Jugoslavije razstavljala edino Iskra in sicer naprave za proizvodnjo elektronskih elementov.

Že po razstavni površini sodeč je bila razstava tako razsežna, da si vsega ni bilo mogoče ogledati v dveh dneh obiska, še manj pa je v tem kratkem poročilu moč prikazati vse zanimivosti in novosti. Poudarki razstave so bili na proizvodnji polprevodnikov, oz. mikroelektronskih vezij, proizvodnji tiskanih vezij in površinski montaži ter na kakovosti in zanesljivosti. Prvi dve področji imata nekaj skupnega v potrebah po čistih kemikalijah in čistih prostorih, zato bo morda zanimivo podati o tem nekaj ekonomskih in tehničnih podatkov, ki dajejo tudi sliko o trendih v elektronski industriji.

Na primer v evropski industriji polprevodnikov bo zaradi predvidenega povečanja obsega proizvodnje narasla uporaba kislin, lugov itd. od 322 mio dolarjev 1988 na ca. 500 mio dolarjev leta 1992 (in to kljub delni tendenci zmanjšanja uporabe kemikalij zaradi trendov v tehniki suhega jedkanja). Proizvodnja silicijevih rezin se bo povečala od okoli 160 mio dolarjev leta 1988 na ca. 250 mio dolarjev leta 1992. Največjo rast porabe pričakujejo pri silanih in drugih plinih za kemijsko napajanje. Pri fotolakah se kaže trend nadomeščanja negativnih s po-

zitivnimi laki. Pri slednjih pričakujejo v letih do 1992 porast proizvodnje od ca. 26 mio dolarjev na okoli 45 mio dolarjev.

Tržišče proizvodnje tiskanih vezij se bo prav tako širilo: v času od leta 1988 do 1992 se bo povečalo za okrog 180 mio dolarjev (1988-320 mio dolarjev). Pri rezistih za tiskana vezja trenutno tekmuje tehnika suhega filma in mokrih rezistov, ki imata vsaka svoje prednosti in pomanjkljivosti. Rezisti s suhim filmom so pa s predvidenimi 122 mio dolarji leta 1992 najhitreje rastoči segment (leta 1988 proizvodnja 87 mio dolarjev). Vrednost kemikalij za metalizacijo tiskanih vezij bo zrasla od 70 mio dolarjev leta 1988 na skoraj 100 mio dolarjev leta 1992.

Tehnika čistih prostorov je danes vedno bolj povezana s proizvodnjo sestavnih delov in vezij za elektroniko, posebej pri aktivnih elementih, kjer se vodniki približujejo dimenziji 1 mikrometra. Zato hitro raste industrija delov za čiste prostore (stene, filtri, stropovi, tla itd.), ki morajo biti prilagojeni brezprašnim prostorom pa tudi kompletnih klimatskih sistemov s prezračevalniki, klimatskimi napravami, kanali za zračenje itd. Pri tem je nujna največja tesnost stenskih, stropnih in talnih elementov, da dosežemo stalen nadtlak proti zunanji atmosferi. V mikroelektronski industriji običajni razred čistoči 10 (po Federal Standard 209 b-c), oz. razred 2 (po VDI 22083) mora imeti skoraj tisočkrat manj prasnih delcev kot sterilni prostori v bolnišnicah. Tudi v proizvodnji tiskanih vezij z vodniki 0,05 mm zahtevajo pri nanašanju fotolakov čiste prostore, čeprav le razreda 100.000. Poleg čistih prostorov je potrebno tudi vzdrževanje njihove klime pa tudi preprečevanja onesnaževanja z zaposlenim osebjem. Zato raste ponudba posebnih oblačil, rokavic, obutve itd. na eni strani, na drugi strani pa vodi tendenca manjšega onesnaževanja z zaposlenimi k nadomeščanju ročnega dela z roboti.

Razen same sejemske ponudbe je bistveni sestavni del muenchenskih sejmskih prireditelj tudi organizacija strokovnih konferenc, posvetovanj in simpozijev, ki se vedno ukvarjajo z najaktualnejšo tematiko časa. Letos so bile take prireditve: 3. Forum o managementu v mikroelektroniki, konferenca o zvišanju produktivnosti v proizvodnji elektronike z zanesljivimi procesi, konferenca Proizvodnja polprevodnikov - novi trendi pri strukturah in opremi (pri integriranih vezjih), simpozij Zagotavljanje kakovosti v elektroniki (z glavno temo SMT - površinsko montažo elementov) ter strokovno posvetovanje o senzorskih čipih (montaža, kontaktiranje, preizkušanje, zanesljivost posebej v vozilih). Zborniki z referati teh o prireditvah vsebujejo pravo bogastvo informacij, idej in izkušenj predvsem nemške elektronske industrije. Uspeli smo dobiti pismeno gradivo z vseh konferenc (razen s Forumom), ki bo dostopno članom MIDE M. Prostor v tem poročilu žal ne dopušta, da bi objavili vsaj naslove predavanj.

*Mag. Milan Slokan, dipl.ing.  
MIDE M,  
Titova 50,  
Ljubljana*

## Letošnja razstava SODOBNA ELEKTRONIKA 89 in spremljajoči strokovni program

**Herman Vidmar**

Letošnja razstava je bila od 3. do 6. oktobra. Na njej je sodelovalo 591 razstavljalcev, od tega 196 iz Jugoslavije in 395 iz tujine. Razstavljalci so zakupili vse razpoložljive površine, tj. 17.000 m<sup>2</sup>.

Razstava SODOBNA ELEKTRONIKA ima tako po klasifikaciji panog in tudi po prijavah razstavljalcev predvsem profesionalni značaj, kar je razvidno iz zastopanosti posameznih grup eksponatov:

| Grupe eksponatov po panogah     | %    |
|---------------------------------|------|
| Sestavni deli, enote, materiali | 33,8 |
| Profesionalna elektronika       | 25,5 |
| Telekomunikacije                | 10,4 |
| Inženiring in literatura        | 9,5  |
| Računalništvo                   | 9,0  |
| Radiodifuzija                   | 5,9  |
| Oprema za proizvodnjo           | 5,9  |

Skupina **sestavnih delov in materialov** za elektroniko je bila letos daleč najbolj zastopana in je predstavila 1/3 vseh prijavljenih razstavljalcev (33,8%) in to s 17% višjo udeležbo kot lani. Veliko število razstavljalcev v tej panogi sestavnih delov (333) je pomenilo široko paleto firm, ki so bile zastopane na razstavi tako, da je bil izbor zelenega sestavnega dela, predvsem profesionalnega, tudi zahtevnemu interesentu lažji.

Panoga **profesionalne elektronike** je predstavljala 25,5% torej 1/4 vseh razstavljalcev, pri čemer je bila najboljšežnejša grupa razstavljalcev merilne in preizkuševalne elektronike skupaj s sorodno krmilno in regulacijsko elektroniko. Zaradi pomanjkanja prostora pa je bila letos prvič izložena razstava robotizacije in fleksibilne avtomatizacije JUROB 89 in planirana v dnevih 6. do 8. novembra.

**Telekomunikacije** - Letos sta znatno porasli grupi eksponatov naprav za žični in brezžični prenos. Razvoj telekomunikacij ponuja vedno nove in bolj izpopolnjene načine komuniciranja. Nučen je prehod iz dosedanjega analognega na digitalno telekomunikacijsko omrežje, ki bo omogočalo pospešeno integracijo storitev ISDN.

**Inženiring in literatura.** V tej panogi so bile zbrane dejavnosti, ki so in postajajo vedno bolj tesno povezane na sodobno proizvodnjo v elektronski tehniki. Prednjači projektiranje in inženiring s 4,5% sledijo raziskave in razvoj.

**Računalništvo** - Udeležba je bila v celoti z 9,0% predstavljena z elektronskimi računalniki in perifernimi napravami ter z računalniškimi terminali.

**Radiodifuzija** - Skupna udeležba je bila 5,9%, nekoliko večja kot lani, a kaže s planiranimi uvajanji satelitske televizije in kabelske distribucije tendenco naraščanja.

**Oprema za proizvodnjo** - Nekaj manjše zanimanje za to panogo z okoli 6% razstavljalcev kaže na manjše možnosti investiranja pri nas, vendar pa bi bilo pospeševanje te vrste dosežkov razstavljalcev v bodoče še naprej zaželeno.

## JUROB 89 - 5. Jugoslovanska razstava robotizacije in fleksibilne avtomatizacije z mednarodno udeležbo

**Herman Vidmar**

Letošnja peta razstava JUROB je bila prvič organizirana v samostojnem terminu in v bistveno povečanem obsegu kot prejšnje leto. Na razstavi je sodelovalo 50 razstavljalcev, od tega 40 iz Jugoslavije in 10 iz tujine, na 3.000 m<sup>2</sup> razstavne površine Gospodarskega razstavišča. Novost letošnje razstave je bila poleg komercialnih predstavitev delovnih organizacij še poseben inovacijski paviljon, na katerem so se na skupnem prostoru predstavili jugoslovanski inštituti in univerze.

### RAZSTAVNI PROGRAM:

roboti, fleksibilne strežne naprave, robotizirana delovna mesta, linije, robotski podsklopi, komponente za robotsko tehnologijo, merilni aparati in sistemi, učni pripomočki, računalniško podprte dejavnosti (CAD, CAM, CIM...), robotski programski jeziki, elementi umetne inteligence, visoka tehnologija, inženiring, strokovna literatura, prezentacija raziskovalnih in razvojnih programov institutov in univerz.

Razstava JUROB bo od letošnje razstave naprej organizirana bienalno vsako neparno leto in tvori s strokovno-znanstvenim posvetovanjem JUROB v Opatiji (ki bo tudi organiziran bienalno vsako parno leto) enoten dvoletni cikel.

Ob letošnji 5. razstavi JUROB je bil organiziran tudi strokovni spremljajoč program in sicer 1. seminar o uporabi robotizacije s praktičnimi vajami v času od 6. do 8. novembra, strokovno posvetovanje na temo "Družbeni vidiki robotizacije", ki je bilo 7. novembra ter več komercialnih predstavitev delovnih organizacij, ki so nastopale na razstavi.

*Herman Vidmar, dipl.ing.  
EZZ,  
Titova 50  
61000 Ljubljana*



## NOVE KOMPONENTE IGBT- novi visokonaponski element u SIPMOS tehnologiji

Miroslav Turina

Siemens je razvil IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), koji posjeduje visoku brzinu uklapanja i treba malu snagu za pobudu, isto kao snažni MOSFET, ali u provodnom stanju ima otpor sličan darlington tranzistoru to jest mnogo manji nego klasični MOSFET. Za sada su na raspolaganju BUP 304 za 25 A/1000 V u TO-18 kućištu i BSS 301 za 0.3 A/800 V u SO-6 kućištu.

U usporedbi s na primjer MOSFET BUT 54, koji pri 5 A ima pad napona preko 20 V IGBT pri 10 A ima pad napona manji od 3 V.

Prednosti novoga elementa dolaze do izražaja pri radu s naponima preko 600 V i na frekvencijama ispod 30 kHz.

IGBT se još dalje razvija i firma najavljuje da će uskoro imati element za 1650 V i struju do 50 A.

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

---

## NAMESTO "PREDSTAVLJAMO SPONZORJE" MIDEM

---

„Že drugič v tem letu smo morali naslovnico časopisa pripraviti v uredništvu in jo financirati s sredstvi društva MIDEM.

Zaskrbnjuječe je, da prav tiste delovne organizacije, ki bi najbolj morale skrbeti za "zdravje" društva, odpovedejo svojo finančno pomoč. Bivša Iskra - Mikroelektronika je zavlačevala plačanje pogodbeno dogovorjenega sponzorstva tako dolgo, da se je vsota vključila v zahtevek plačil iz likvidacijske mase, Iskrina tovarna polprevodnikov iz Trbovelj take pogodbe niti podpisati noče in ne more, s svojimi finančnimi težavami odstopa od

sponzorstva tudi Iskra - HIPOT iz Šentjerneja. Če k temu še prištejemo večmesečno neplačevanje naročene kotizacije Ei - Mikroelektronika Niš in ne samo nje, se lahko samo še vprašamo, komu naj služijo napor strokovnega tiska in strokovnega povezovanja.

Bomo kot svobodno združenje posameznikov dovolj inovativni, da se prilagodimo tudi takšni situaciji?

*dr. R. Ročak  
Predsednik MIDEM*

---

## ČLANI MIDEM

---

### ČLANI MIDEM ŠESTDESETLETNIKI

Rudi Ročak

Ob koncu leta 1989 čestitamo našim članom, ki so v tem letu dopolnili svojo šestdesetletnico.

Svojo šestdesetletnico je 15. aprila slavil **Daniel Jurjevec**, član MIDEM od 1986 leta. 27. junija **Momčilo Ristić**, član od leta 1981, 12. decembra **Velibor Marinković**, član od 1987 leta in 30. decembra **Erazmo Šegota**, član od 1985. leta. Ob življenjski obletnici smo jih želeli predstaviti z njihovim strokovnim življenjepsom. Žal od nobenega nismo prejeli potrebnih podatkov. Vemo pa, da je njihova strokovna pot izredno pestra in plodna. Vsi so še zelo aktivni, zato je njihova prezaposlenost in velika skromnost verjetno vzrok za izostale podatke. V imenu izvršnega odbora društva in vseh članov MIDEM jim želimo nadaljnje uspešno delo in trdno zdravje.

*Predsednik MIDEM  
dr. R. Ročak*

## VESTI, OBVESTILA

### TRŽIŠTE POLUVODIČA U 90-TIM

**Miroslav Turina**

U reviji Siemens Components br. 4/89 objavljen je zanimljiv intervju s Christophom Horstmannom, direktorom prodaje i marketinga poluvodiča u Siemensu. Za one čitaoce Informacija MIDE M, koji ne čitaju Siemens Components prenosimo intervju u širim izvodima.

Semiconductor Division u Siemensu je reorganizirana i postala je nezavisan dio kompanije Siemens AG, odgovorna za vlastito poslovanje. U vezi s time postavilo se pitanje ciljeva poduzeća i očekivanja u 90. tim godinama.

Christoph Horstmann kaže da se na poluvodičkom tržištu može efikasno poslovati samo ako se poduzeće potpuno koncentrira na neka izabrana područja. U Siemensu su izabrali informatičke tehnologije, automobilsku elektroniku, industrijsku elektroniku i zabavnu elektroniku.

Za komponente koje ulaze u informatičke sisteme i uređaje imaju vrlo jake potrošače u vlastitoj kompaniji, a neke proizvode, kao na primjer komponente za ISDN, kupuju od njih svi glavni proizvođači sistema.

U području automobilske elektronike Siemens je godinama razvijao dobre odnose s vodećim evropskim proizvođačima automobila i danas su u stanju nuditi kompletna vlastita rješenja, a ne samo pojedine komponente.

Industrijska elektronika je područje, s kojim posebno računaju, jer smatraju, da je elektronika ključna tehnologija za industriju alatnih strojeva, koja je glavna eksportna grana SR Njemačke.

U zabavnoj elektronici ograničili su se na komponente za televiziju i automobilske radioaparate.

Zanimljivo je mišljenje koja će područja poslovanja, u poluvodičima biti najuspješnija na tržištu.

Sva četiri spomenuta područja skupa čine 40% ukupnog prihoda poduzeća, a slično bi trebalo ostati i ubuduće. U standardnim integriranim sklopovima memorije čine 25% ukupnog prihoda i donose najveću dobit. Međutim Ch. Horstmann naglašava da oni ne žele postati najveći svjetski proizvođač memorija, ali im je potrebna masovna proizvodnja kroz koju mogu unapređivati procesnu tehnologiju za sve ostale poluvodičke aktivnosti. Oni su odlučili da su DRAM vrlo dobar izbor u tu svrhu. Cjelo-

kupno svjetsko tržište je toliko veliko da čak i vrlo velika Siemensova proizvodnja pokriva samo 3% toga tržišta i nije ograničena nedovoljnom potražnjom.

Problemi opstanka u poslovanju s komponentama su u tome da se investicije u istraživanje i razvoj i u osiguranje proizvodnih kapaciteta neprekidno povećavaju. Na primjer Siemens je samo za Mega projekt, koji radi zajedno s Philipsom, utrošio 2,7 milijardi DEM, a očekuje se da će investicije u slijedeće dvije generacije 16 i 64 MBitni čip biti mnogo veće.

Memorije nisu jedini strateški proizvod Siemensu. Među standardnim proizvodima velika pažnja poklanja se mikroprocesorima i mikrokontrolerima. U Siemensu su pošli od jednostavne pretpostavke, da uskoro neće biti ni jedne primjene poluvodičkih komponenti, koja neće trebati centralnu inteligenciju u nekakvom obliku, a to su zapravo procesori i kontroleri. Familije mikroprocesora i mikrokontrolera proširuju i vjeruju da će se do kraja ove godine pojaviti na tržištu s 32-bitnim procesorom. Odlučili su se za RISC procesor firme MIPS. Siemens će biti evropski proizvođač toga procesora.

Na pitanje što mogu ponuditi kupcima na polju suradnje (misli se tehničke) Ch. Horstmann je odgovorio da oni imaju vrlo dugačko i opširno iskustvo na razvoju semicustom sklopova unutar Siemensu, a sada te mogućnosti stavljaju na raspolaganje i drugim kupcima. Taj posao je okrenut prema budućnosti.

Jugoslavenskim potrošačima Siemensovih poluvodiča zanimljiv je odgovor na pitanje dali će Siemens nastaviti proizvodnju diskretnih elemenata usporedno s proizvodnjim integriranih sklopova.

Oni će biti vrlo aktivni u skladišnom području diskretnih poluvodiča, ne samo u prodaji zasebnih proizvoda, nego u ponudi kompletnih setova za pojedina systemska rješenja.

Na kraju je bilo govora o aktivnosti Siemensu na svjetskom poluvodičkom tržištu.

Svjetsko tržište poluvodiča i proizvodnja elektroničkih sistema razmještena je u četiri regije: Japan, SAD, Evropa i područje "četiri tigra" (Tajvan, Republika Koreja, Hongkong, Singapur). Siemens je prisutan na svim tim tržištima, ali kao evropskom proizvođaču Evropa im je najvažnija. Oni pretpostavljaju, da će poslije 1992. godine doći do selenja proizvodnje opreme iz SAD, Japana i jugoistočne Azije u Evropu.

*Obradio Miroslav Turina, dipl.ing.  
Rade Končar, ETI  
Baštijanova bb  
41000 Zagreb*

# ZAPIRANJU VRAT ISKRE - MIKROELEKTRONIKE NA ROB

Rudi Ročak, Milan Slokan

Na dan mrtvih, 1. novembra 1989. leta sveče niso gorele samo na pokopališčih, temveč tudi pred durmi Iskre - Mikroelektronike v Ljubljani. Prižgali so jih delavci te, nekoč "razstavne" tovarne na Stegnah. Potem, ko so v likvidacijskem postopku od junija do konca oktobra reševali, z obglavljenim vodstvom, tiste Iskrine DO, ki so še rabile tako prepotrebna vezja, da so bile pripravljene plačati tudi večkratno vrednost vezij v obliki avansov, pokrivanja splošnih stroškov itd., jih je likvidacijski upravitelj kratko malo postavil pred vrata. Dva delovna dneva jim je dal na razpolago, da se privadijo na misel, da se morajo prijaviti na Zavod za zaposlovanje. Nobenega odpovednega roka, nobene odškodnine.

*O, hlapec Jernej, dobil si svoje naslednike, lahko bi rekel, svoj naraščaj!*

Ne starost in ne oslabele, temveč napake v strategiji in nesposobnost upravljalcev in vodij je poslalo delavce na cesto, da poskusijo svoje znanje "prodati" kje drugje.

*DO Iskra Mikroelektronika v ustanavljanju je bila vpisana v sodni register dne 5.12.1977. Razvoj DO se lahko razdeli na tri obdobja:*

1. 1977 - 1982: Izvajanje investicijskih del, šolanje kadrov in prva faza proizvodnje vezij v obliki montaže kupljenih tabletk. To obdobje karakterizirajo relativno velika vlaganja z majhnim finančnim izhodom. S proizvodnjo rezin pri licenčnem partnerju v ZDA in pri testiranju in montaži v Ljubljani, upoštevajoč tudi šolsko naravnost prvih "domačih" vezij, je prihajalo do zelo velikih zamud v realizaciji projektov.

2. 1982 - 1986: Izvajanje zagona in vpeljave "prave" mikroelektronske proizvodnje, tj. proizvodnje rezin. To je bilo obdobje relativno velikih stroškov učenja in zagona spremljajočih dejavnosti, ob velikih splošnih stroških tovarne na relativno majhno količino izdelanih vezij.

3. 1986 - 1988: DO je obvladala kvalitetno in strokovno svojo celotno proizvodnjo v okviru Iskrinega infrastrukturnega koncepta. Pri tem se ni težilo za ekonomičnostjo na lastnem pragu, temveč za ekonomičnost in korist v okviru "sistema". Iskra je združevala sredstva prek razvojnih nalog za vzdrževanje tehnološkega nivoja ob hkratnem pomanjkanju naročil za vezja, ker se je kot celota razvijala veliko počasneje, kot je bilo predvideno. Tako se je DO, ki je bila v začetku grajena kot izključno "notranja" tovarna pričela orientirati na zahodno evropsko tržišče, žal ne dovolj hitro in ne dovolj povezano z jugoslovanskim tržiščem. V SOZD Iskra se je planiralo DO IME organizirati kot DO skupnega pomena. Ne organiziranost, ne financiranje z združevanjem sredstev nista uspela. Še več, sklepi DS SOZD o novem investiranju v okviru programa "Revitalizacija proizvodnje mikroelektronskih vezij, november 1986" so ostali samo na papirju.

Pregled dinarskih prihodkov v letih 1984 - 1988 je naslednji:

| (v Mio.din):   | 1984  | 1985    | 1986    | 1987    | 1988    |
|----------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| domači trg     | 496,5 | 955,0   | 1.774,1 | 2.272,1 | 2.949,0 |
| tuji trg       | 62,3  | 70,0    | 187,0   | 786,2   | 2.005,0 |
| ostali prih.   | 153,9 | 493,8   | 591,4   | 3.271,1 | 1.675,6 |
| SKUPAJ         | 712,7 | 1.518,8 | 2.522,5 | 6.329,4 | 6.629,6 |
| Izguba/akumul. | 7,7a  | 15,9a   | 580,0i  | 32,6a   | 11.188i |

Pregled realizacije proizvodnje in prodaje po letih v US\$ je:

| leto proizv. | v kosih   | dom. trg<br>Mio\$ | izvoz<br>Mio\$ | skupaj<br>Mio\$ |
|--------------|-----------|-------------------|----------------|-----------------|
| 1979         | 4.800     | 0,55              | 0              | 0,55            |
| 1980         | 56.900    | 0,53              | 0              | 0,53            |
| 1981         | 76.900    | 0,96              | 0,02           | 0,98            |
| 1982         | 228.900   | 2,18              | 0,05           | 2,23            |
| 1983         | 354.400   | 3,17              | 0,07           | 3,24            |
| 1984         | 429.000   | 3,59              | 0,39           | 3,98            |
| 1985         | 509.000   | 5,07              | 0,14           | 5,21            |
| 1986         | 1.246.500 | 4,62              | 0,50           | 5,12            |
| 1987         | 1.540.200 | 3,09              | 1,07           | 4,16            |
| 1988         | 1.126.500 | 1,16              | 0,79           | 1,95            |

Znotraj IME v ustanavljanju so prišli, že leta 1987, še temeljiteje pa v začetku leta 1989, do sklepa, da problemi izhajajo predvsem iz njenega netržnega pristopa. Razlogov za takšno stanje je bilo veliko: od začetnega koncepta postavljanja te tovarne, ki je bil tržno zmeraj na trhlih nogah in je bil predvsem sistemska strateška odločitev, pomanjkanja dosledne sistemske strategije v naslednji fazi, do končnega finančnega in strateškega zloma.

Del strokovnjakov je v IME poskusilo tovarno "rešiti" z ustanovitvijo nove delovne organizacije, potem, ko se je SOZD odločila, da bo problem nezdrževanja sredstev za nadaljnje financiranje tovarne rešila s prisilnimi plačili v fazi redne likvidacije, ker je bila osnovni upnik Iskra Banka. Novo podjetje, MIKRONOVA, bi naj bila delniška družba, tržno orientirana in tehnološko utemeljena na uspešni proizvodnji za zahodno tržišče in povezano na

jugoslovansko tržišče. Pri tem je največ upanja dajala tehnološka inteligenčna moč: 2 dr.znanosti, 7 magistrov, 42 VSS, 14 VŠŠ, 84 SS(V), 53 SS(IV) in le 59 delavcev ostale izobrazbe.

SOZD ISKRA za izdelani osnutek elaborata o družbeni in ekonomski upravičenosti ustanovitve podjetja MIKRONOVA ni z avtorji elaborata porabila niti ene minute diskusije, temveč je po uvedbi likvidacijskega postopka dvojico vodij trenutno odpustila in postavila na cesto, čeprav je elaborat bil rezultat pismeno definirane naloge takratnega v.d.gl.direktorja IME in večkratno ustмено javno stimuliranih priporočil predsednika SOZD.

Značilna za naše prilike je analogija razumevanja nekaterih sredin in vodilnih kadrov v Iskri v obdobjih, ko je šlo za razvoj slovenske mikroelektronike pa naj bo to danes ali v preteklih obdobjih. Korenine razvoja segajo namreč skoraj štirideset let nazaj.

Leta 1950 so se namreč v kemijskem laboratoriju Instituta za elektroizveze (IEV) v Ljubljani začeli ukvarjati prvi raziskovalci z osvajanjem polprevodniške tehnologije. Ta razvoj je pripeljal do laboratorijske proizvodnje silicijevih točkastih diod in germanijevih tranzistorjev, ki so jih v IEV proti koncu petdesetih let že redno prodajali. Razen tega so že takrat delali na domačih materialih in postopkih za njihovo predelavo. Skupina je prerasla v laboratorij za polprevodnike, ki se je preselil iz kemijskega oddelka v barako na Jamovi cesti, od tam pa, po požaru, v prostore na Kemijskem institutu Boris Kidrič. Hkrati so v Iskri v Kranju razvijali silicijevo tehnologijo, ki naj bi v bodoče nadomestila selenske usmerenike.

Leta 1961, po nastanku združene Iskre, sta se skupini združili v Ljubljani, v Iskrinem centralnem razvojnem institutu: Zavodu za avtomatizacijo. Ta laboratorij za polprevodnike je s svojim programom, ob razumevanju direktorja Zavoda, pričel tudi s področjem mikroelektronike. Laboratorij za mikroelektroniko v Iskri je bil formalno ustanovljen leta 1962, pred tem pa so že tekale priprave za njegovo delovanje: v oviru Zveznega sklada za znanstvene raziskave je uspelo priskrbeti sredstva za najsodobnejšo opremo za tehnološko in raziskovalno delo na mikroelektroniki v vrednosti prek 300.000 US\$; kakovostno se je okrepila skupina raziskovalcev, med drugim se jim je pridružil dr. Zalar, ki je prišel iz Westinghousa v ZDA.

Za tedanji razvoj slovenske polprevodniške in mikroelektronske tehnologije je značilno, da se raziskovalci niso naslanjali na tuje licence, temveč so se lotili lastne tehnologije integriranih vezij. (materiali Ge in Si, postopki jedkanja, zaščite, fotolitografije, difuzije in dopiranja, bondiranja, razvoj opreme ter aplikacij).

Poleg raziskav in razvoja postopkov in vezij, je tekla laboratorijska proizvodnja polprevodniških in mikroelektronskih izdelkov. Zunanji odraz vseh teh naporov in uspehov je bila tudi v Ljubljani leta 1965 organizirana prva konferenca o mikroelektroniki (v organizaciji SSOSD v ETAN).

V laboratoriju za mikroelektroniko je bilo v šestdesetih letih v razvoju polprevodnikov in integriranih vezij okoli dvajset do trideset inženirjev vseh strok (fiziki, kemiki, elektrotehniki, metalurgi, strojniki, itd.), v laboratorijski proizvodnji pa tudi okoli 30 - 50 ljudi. Na prodaj so bili na primer Si transistorji, fototransistorji, planarne diode, Zener diode, tankoplastna hibridna vezja in preprosta monolitna vezja za merilne instrumente, za medicino, za JLA in druge uporabnike. S to prodajo se je laboratorij vzdrževal, dotacije za raziskave so prihajale od Sklada Borisa Kidriča in Zveznega sklada za znanstvene raziskave. Pri tem je zanimivo, da vodstvo med tem nastale nove Tovarne polprevodnikov v Trbovljah TPT (na osnovi strokovnih kadrov in razvojnih dosežkov iz časa IEV) ni hotelo izkoriščati možnosti laboratorija za polprevodnike (razen za šolanje kadrov za proizvodnjo), oz. za mikroelektroniko v Zavodu za avtomatizacijo (ZZA) ter praktično ni podpiralo razvoja.

V času največjega razcveta raziskovalno-razvojnega dela v laboratoriju se le-to ni omejevalo samo na ZZA v Iskri, temveč je tudi teklo v drugih institutih v Ljubljani (Kemijski institut BK, Metalurški institut, Institut Jožef Stefan in na FE v Ljubljani, dr. Jože Furlan). Povezano je bilo tudi z institutom VUST v Pragi in ITR v Varšavi.

Kljub dosežkom laboratorija za mikroelektroniko v ZZA pa velika Iskra (posebno njeni deli za elektro in fino mehaniko) ni bila naklonjena področju mikroelektronike in ni ničesar vlagala v ta razvoj. Tako je proti koncu šestdesetih let stanje Laboratorija za mikroelektroniko v ZZA postajalo finančno vedno bolj kritično, ker le-ta ni bil v stanju z laboratorijsko proizvodnjo vzdrževati razvoja. Že takrat je namreč vodstvo Iskre menilo naj se mikroelektronika financira sama, ne pa kot infrastruktura dejavnost Iskre. Tako je bil leta 1969 laboratorij razpuščen. Del zaposlenih v proizvodnji je dobil delo v tovarni polprevodnikov v Trbovljah, raziskovalci pa so si morali iskati službo na drugih področjih. Oprema laboratorija je šla na razprodajo, del je prevzela TPT, del pa Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani (skupina dr. L.Trontlja) ter Institut za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani. Na FE so pričeli s ponovnim razvojem. Ni bilo izkoriščeno v raziskovalcih akumulirano znanje, kar je bila identična situacija s sedanjo, ob likvidaciji Mikroelektronike.

Primerjava med letoma 1969 in 1989 kaže mačehovski odnos in nerazumevanje za mikroelektroniko kot infrastrukturo elektronske industrije in slepilo najvišjih slovenskih gospodarstvenikov.

Upajmo, da je črna zastava, ki je prvega novembra 1989. leta visela na fasadi Iskre-Mikroelektronike, poleg že omenjenih sveč, le zastava žalosti zaradi brezumnega početja nesposobnega menažmenta, ne pa tudi zastava, ki kaže bodočnost slovenskih visokih tehnologij.

dr. R.Ročak, dipl. ing.  
mag. M.Slokan, dipl. ing.  
MIDE M  
Titova 50  
61000 Ljubljana

## NOVA KNJIGA-NOVA KNJIGA-NOVA KNJIGA

### MIKROELEKTRONIKA IN DRUŽBA Prispevki s posvetovanja ob Sodobni elektroniki 1988, Brdo pri Kranju.

#### Vsebina:

- ☐ R. Ročak: Stanje mikroelektronske proizvodnje v svetu in Jugoslaviji
- ☐ M. Mekinda: Mikroelektronika kontra mikroelektronika
- ☐ P. Biljanović: Školovanje za mikroelektroniku
- ☐ I. Banič: Mikroelektronika in inovacijski procesi
- ☐ E.M.Pintar: Slovenija in vprašanje visokih tehnologij
- ☐ V. Sriča: Informatika i društvo
- ☐ D.E.Jurjevec: Automatizacija i društvo
- ☐ Diskusija udeležencev posveta

Založba: MIDEM 1989

Format B5

Obseg: 109 strani

Jezik: slovenski, hrvatsko-srpski

Urednik: R. Ročak

#### IZ PREDGOVORA

Mikroelektronika je prav gotovo temeljna in najpomembnejša tehnološka infrastruktura, potrebna za razvoj elektronike, s tem pa tudi informatike. Živimo v obdobju neverjetno hitrega razvoja informatike, ki izredno vpliva na razvoj družbe kot celote. Problemi mikroelektronike in njegovega razvoja tudi niso omejeni na ozke tehnološke sfere, niti samo v okviru takojmenovanih visokih tehnologij, temveč so sestavni del problemov družbe.

Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale, MIDEM, je oktobra leta 1988 organiziralo enodnevno posvetovanje na temo medsebojnega vpliva družbenih odnosov in mikroelektronike. Povabljeni avtorji in udeleženci razprave so tematiko razširili na odnos družbe do visokih tehnologij, do znanja kot temeljnega razvojnega faktorja družbe. Udeleženci posvetovanja se niso omejili le na teoretične razprave, temveč so kritično osvetlili tudi položaj v Jugoslaviji.

Knjiga je veren prikaz delovnega vzdušja na posvetu. Čeprav izhaja s skoraj enoletno zamudo, je čas še ni nagrizel ter jo lahko vzamete kot "dokument našega časa". Bralci bodo verjetno presenečeni, da knjiga ni napisana v enem jeziku. Upam, da jih to ne bo motilo, kot to ni motilo udeležencev posvetovanja. Jezični puristi nam bodo morali oprostiti marsikatero napako, posebej v delu razprave, ki je napisana po magnetofonskem posnetku.

Še nekaj kratkih pripomb o vsebini in avtorjih prispevkov.

O stanju mikroelektronske proizvodnje v svetu in v Jugoslaviji ter o medsebojnem vplivu uporabe in izdelave mikroelektronskih produktov sta dala prispevek mag. Milan Mekinda, glavni direktor in dr. Rudi Ročak, pomočnik glavnega direktorja Iskrine tovarne Mikroelektronika v ustanavljanju, Ljubljana.

Dr. Petar Biljanović, profesor Elektrotehnične Fakultete

Sveučilišta v Zagrebu se v svojem prispevku ni zadržal le na ozkem področju šolanja za mikroelektroniko, temveč je pokazal na potrebo transformacije univerze ne samo v organizacijskem smislu, temveč v smislu kot sam pravi: "Namesto šolanja za določeno delovno mesto moramo omogočiti šolanje za sposobnost nadaljnega pridobivanja in ustvarjanja znanja".

Dr. Ivo Banič, raziskovalec z Instituta za ekonomske raziskave Univerze v Ljubljani in Emil Milan Pintar, diplomirani filozof in sociolog, pomočnik predsednika Republiškega komiteja za raziskovalno dejavnost in tehnologijo SR Slovenije, sta problematiko mikroelektronike in družbe posplošila na problematiko visokih tehnologij in inovacijskih procesov v svetu in Jugoslaviji. Predsednik Komiteta za nauku, informatiku i tehnologiju SR Hrvatske, dr. Velimir Sriča je prav tako v svojem prispevku ostal na širokem pojmu informatike in njenem vplivu na družbeni razvoj.

Daniel A.Jurjevec, dipl.ing., svetovalec v Privredni komori Jugoslavije je v najobsežnejšem prispevku na temelju svojih raziskav pokazal, kako se Jugoslavija giblje v svojem siromaštvu ob robu možnega razcveta. Prispevek lahko sproži, kot vsi ostali prispevki, precej polemike. Poskuša tudi pokazati, da se ljudje bojijo avtomatizacije, tehnoloških sprememb, neupravičeno, ker se bojijo družbenih, socialnih sprememb.

"Tehnološki višek delavcev", o katerem vse pogosteje slišimo, ni posledica tehnološkega razvoja naše dežele, temveč obratno, to je posledica pomanjkanja novih razvojnih programov in njihove realizacije. Katastrofo za našo družbo lahko pomenijo odločitve, katerih posledica je objava v Uradnem listu SFRJ št. 32/89, z dne 26. maja 1989 o uvedbi redne likvidacije nad DO Iskra-Mikroelektronika v ustanavljanju, Ljubljana.

Pa naj vas to ne odvrne od branja knjige!

**NAROČILNICA  
NARUDŽBENICA**

Nepreklicno naročam knjigo MIKROELEKTRONIKA IN DRUŽBA za ceno 38 din.  
Knjigo bom plačal po prevzemu po pošti.

Neopozivo naručujem MIKROELEKTRONIKA IN DRUŽBA po cjeni 38 din.  
Knjigu ču platiti po pouzeču.

Priimek in ime: .....  
Prezime i ime: .....

Naslov: .....  
Adresa: .....

Podpis: .....

Potpis:

Naročilnico poslati na naslov:  
Narudžbenicu poslati na adresu:

**MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana**

Za delovne organizacije  
Za radne organizacije

Naziv organizacije .....

Naslov: .....

Adresa

Podpis i žig: .....

Potpis in žig:

Ob dobavi bomo izstavili račun. Za 10 ali več knjig priznavamo 20% popust.  
Kod isporuke knjige priložiti čemo račun. Za 10 ili više primeraka priznajemo 20% popusta.

Naročilnico poslati na naslov:  
Narudžbenicu poslati na adresu:

**MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana**

---

## CEOK - celovito obvladovanje kakovosti - PONATIS

---

Knjiga s študijskega dne ob SODOBNI ELEKTRONIKI 1987, Brdo pri Kranju

Založba: MIDEM 1988  
Format A5  
Obseg: 219 strani  
Jezik: slovenski, hrvatsko-srpski  
Urednik: R. Ročak

### Vsebina

- ☐ M. Kobe: Japonski pristop k integralnemu zagotavljanju kvalitete (slovenski)
- ☐ L. Kozina: Obvladovanje kakovosti v procesih (slovenski)
- ☐ Z. Vuković: Osnovni pristup pouzdanosti elektroničkih sistema (hrvatsko-srpski)
- ☐ N. Stojadinović, S. Dimitrijević: Pouzdanost mikroelektronskih kola (srpsko-hrvatski)
- ☐ L. Toplak: Pravni aspekti zagotavljanja kakovosti (slovenski)
- ☐ F. Mlakar: Standardizacija kot element zagotavljanja kakovosti izdelkov (slovenski)
- ☐ D. Flam: Standardizacija sastavnih dijelova kao elemenat osiguranja kvaliteta uređaja (hrvatsko srpski)
- ☐ S. Muždeka, Z. Muždeka: Logistika - pomoć efikasnom ulaganju u nove proizvode/sisteme (srpsko hrvatski)
- ☐ Diskusija (slovenski, hrvatsko-srpski)
- ☐ Seznam udeležencev
- ☐ Sponzorji društva MIDEM

### Iz predgovora

V sodobnem razvitem svetu je močno narasla ponudba proizvodov in storitev. V takih pogojih pridobiva kakovost proizvodov in storitev na pomenu, še več, v vedno večjem številu primerov je kakovost osnova tržnega nastopa in konkurenčne sposobnosti.

Kakovost moramo v proizvod in tudi v storitev vgraditi. Široko je razširjena zmotna, da kakovost lahko dosežemo le s kontrolo kakovosti. Kakovost proizvodov ali storitev lahko dosežemo le, če si načrtamo cilje in strategijo na področju kakovosti. Sistem, ki organizirano nastopa, imenujemo **SISTEM ZA CELOVITO OBVLADOVANJE KAKOVOSTI. CEOK** je sistem, ki zaokrožuje na organiziran način vsa prizadevanja, opravila in naloge, ki so potrebne za nastajanje dobrih proizvodov in storitev, takih, ki jih bo hotel kupec kupiti in biti z njimi dolgo zadovoljen. Takega celovitega pristopa h kakovosti pri jugoslovanskih podjetjih ni možno velikokrat videti, čeprav se ponekod pojavlja kot zavest posameznikov ali pa kot tržna prisila, posebej pri takoimenovanih "izvoznikih".

### ZA KOGA JE KNJIGA PRIMERNA

Čeprav so bili udeleženci študijskega dneva povečini iz elektronske industrije, veljajo njihova predavanja in misli, izrečene v diskusiji tudi za ostale industrijske panoge. Knjiga je zanimiva za širši krog strokovnjakov, ki se zavedajo pomembnosti in nujnosti zagotavljanja in obvladovanja kakovosti.

Knjiga ustreza kot učbenik za šolanje ali seminarje vodinih kadrov in kadrov za zagotavljanje kakovosti.



**NAROČILNICA  
NARUDŽBENICA**

Nepreklicno naročam knjigo CEOK za ceno 24 din.  
Knjigo bom plačal po prevzemu po pošti.

Neopozivo naručujem CEOK po cjeni 24 din.  
Knjigu ču platiti po pouzeču.

Priimek in ime: .....  
Prezime i ime: .....

Naslov: .....  
Adresa: .....

Podpis: .....

Potpis:

Naročilnico poslati na naslov:  
Narudžbenicu poslati na adresu:

**MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana**

Za delovne organizacije  
Za radne organizacije

Naziv organizacije .....

Naslov: .....

Adresa

Podpis i žig: .....

Potpis in žig:

Ob dobavi bomo izstavili račun. Za 10 ali več knjig priznavamo 20% popust.  
Kod isporuke knjige priložiti čemo račun. Za 10 ili više primeraka priznajemo 20% popusta.

Naročilnico poslati na naslov:  
Narudžbenicu poslati na adresu:

**MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana**

## Informacije MIDE M - Letnik 1990

### Spoštovani!

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

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

Članki so recenzirani.

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

Glasilo Informacije MIDE M opravlja funkcijo osrednje znanstvene revije za področje mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov ter pomembno dopolnjuje obsežnejše področje elektronike in elektrotehnike.

Glasilo je ustrezno in zanimivo, tako za raziskovalce kot za strokovne tehnološke kadre na institutih, fakultetah in v tovarnah različnih profilov - inženirje fizike, elektrotehnike, kemije, metalurgije, računalništva in drugih.

### TEHNIČNI PODATKI O ČASOPISU

|                       |                                                            |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| format:               | A4                                                         |
| naslovnica:           | večbarvna s podatki o uredniškem odboru in organih društva |
| zadnja stran:         | seznam sponzorjev MIDE M                                   |
| obseg:                | tipično 60 strani                                          |
| jezik:                | vsi jeziki SFRJ, angleščina                                |
| pogostnost izhajanja: | trimesečno                                                 |

### RAZDELITEV VSEBINE

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| - znanstveno strokovni članki:                  | 50% |
| - pregledni članki, prikazi dogodkov, poročila: | 33% |
| - ostalo (vesti, obvestila, reklame):           | 17% |

V letu 1990 bodo vsi znanstveno strokovni prispevki ustrezno opremljeni (izvlečki v domačem jeziku in angleščini, ključne besede) in recenzirani, revija pa je že vključena v domače in mednarodne zbirke bibliografskih podatkov.

Vkolikor se boste odločili za naročilo letnika 1990, vas prosimo, da nam vrnete izpolnjeno naročilnico na naslov MIDE M.

Glavni in odgovorni urednik  
Iztok Šorli, dipl. ing.

#### Informacije MIDE M - naročilnica za letnik 1990

Priimek in ime . . . . .

Naslov . . . . .

Poštna št. in kraj . . . . .

#### NEPREKLICNO NAROČAM

☐ Informacije MIDE M, letnik 1990, cijena 560 din.

Stroški dostave so vračunani.

Plačilo zneska je enkratno po položnici na račun št. 50101-678-74701 za Informacije MIDE M.

Datum . . . . . Podpis . . . . .

Naročilnico pošljite na naslov: Informacije MIDE M, Titova 50, 61000 Ljubljana

## Informacije MIDE M - Letnik 1990

### Poštovani!

Informacije MIDE M je znanstveno stručno-društvena publikacija Stručnog društva za mikroelektroniku, elektronske sastavne dijelove in materijale-MIDE M. Časopis objavljuje priloge domaćih in stranih autora, naročito članova MIDE M, sa područja mikroelektronike, elektronskih sestavnih dijelova in materijala, koji mogu biti:

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

Članci su recenzirani.

Časopis također objavljuje novosti iz struke, obavijesti iz radnih organizacija, instituta in fakulteta, obavijesti o akcijama društva MIDE M in njegovih članova te druge relevantne obavijesti.

Časopis Informacije MIDE M vrši funkciju centralne znanstvene revije za područje mikroelektronike, elektronskih sestavnih dijelova in materijala te značajno nadopunjuje šire područje elektronike i elektrotehnike.

Časopis je primjeren in zanimljiv, kako za istraživače tako i za stručne tehnološke kadrove na institutima, fakultetima i u tvornicama različitih profila - inženjere fizike, elektrotehnike, hemije, metalurgije, računarstva i druge.

### TEHNIČNI PODACI O ČASOPISU

|                    |                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| format:            | A4                                                             |
| naslovnica:        | mnogobojna sa podacima o redakcionom odboru i organima društva |
| zadnja strana:     | spisak sponzora MIDE M                                         |
| opseg:             | tipično 60 strana                                              |
| jezik:             | svi jezici SFRJ, engleski                                      |
| čestost izdavanja: | trimjesečno                                                    |

### PODJELA SADRŽAJA

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| - naučno stručni članci:                 | 50% |
| - pregledni članci, izvještaji:          | 33% |
| - ostalo (vijesti, obavijesti, reklame): | 17% |

U 1990. godini svi će naučno stručni prilozi biti odgovarajuće opremljeni (sažetak u domaćem jeziku i engleskom, ključne riječi) i recenzirani, a časopis je već uključen u domaće in međunarodne zbirke bibliografskih podataka.

Ukoliko ćete odločiti da naručite godište 1990, molimo vas, da nam vratite ispunjen narudžbenicu na adresu MIDE M.

Glavni i odgovorni urednik  
Iztok Šorli, dipl.ing.

#### Informacije MIDE M - narudžbenica za godište 1990

Prezime i ime . . . . .

Naslov . . . . .

Poštanski broj i mjesto . . . . .

#### NEOPOZIVO NARUČUJEM

☐ Informacije MIDE M, godište 1990, cijena 560 din.

Troškovi isporuke su uračunati.

Iznos se plaća jednokratno uplatnicom na račun br. na račun št. 50101-678-74701 za Informacije MIDE M.

Datum . . . . . Potpis . . . . .

Narudžbenicu pošaljite na adresu: Informacije MIDE M, Titova 50, 61000 Ljubljana

| MIDEM 19-1-1989                                                                                                                                                                                                          |     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Valčić, S. Nikolić: Istraživanje iz oblasti rasta kristala safira                                                                                                                                                     | 3   | A. Valčić, S. Nikolić: Investigations of Sapphire Single Crystals Growth                                                                                                                                                                      |
| M. Maček: Modeliranje precipitacije in outdifuzije kisika                                                                                                                                                                | 8   | M. Maček: Modelling of Oxygen Precipitation and outdiffusion Phenomenon                                                                                                                                                                       |
| J. Matović, Z. Durić, N. Simić, D. Tanasković, M. Matić, M. Smiljanić, R. Petrović: Silicijumski piezopropni senzor pritiska sa dijafragmom                                                                              | 13  | J. Matović, Z. Durić, N. Simić, D. Tanasković, M. Matić, M. Smiljanić, R. Petrović: Silicon Piezoresistive Diaphragm Pressure Sensor                                                                                                          |
| A. Dobnikar, V. Gustin, M. Trebar, D. Podbregar, P. Ilija, P. Stajdohar: Programska podpora za načrtovanje vezij v ULA tehnologiji                                                                                       | 22  | A. Dobnikar, V. Gustin, M. Trebar, D. Podbregar, P. Ilija, P. Stajdohar: Programming Support for IC Design in ULA Technology                                                                                                                  |
| D. Metelko, S. Pejovnik: Litijeve baterije                                                                                                                                                                               | 30  | D. Metelko, S. Pejovnik: Lithium Batteries                                                                                                                                                                                                    |
| Lj. Dragosavić: Elektrokemijsko ispitivanje kemijske depozije bakra                                                                                                                                                      | 35  | Lj. Dragosavić: Electrochemical Study of the Electroless Copper Plating                                                                                                                                                                       |
| V. FLorjančič, M. Pernek: Programabilna mikroprocesorska varnostna elektronika                                                                                                                                           | 38  | V. FLorjančič, M. Pernek: Programmable Microcomputer Safety device                                                                                                                                                                            |
| MIDEM 19-2-1989                                                                                                                                                                                                          |     |                                                                                                                                                                                                                                               |
| C. Missiano, E. Simonetti: R.F. naprščevanje optičnih tankih plasti                                                                                                                                                      | 63  | C. Missiano, E. Simonetti: R.F. Sputtered Optical Thin Films                                                                                                                                                                                  |
| O. Milišević, D. Vasović, D. Polet, Lj. Karanović, V. Petrović, D. Uskoković: Razvoj kristalnih faza i nelinearnih osobina u varistorskoj keramici dobijenoj metodama koprecipitacije i uparavanja rastvora i suspenzije | 68  | O. Milišević, D. Vasović, D. Polet, Lj. Karanović, V. Petrović, D. Uskoković: Development of Crystal Phases and Nonlinear Properties in Varistor Ceramics Prepared by Methods of Coprecipitation and Evaporation of Suspensions and Solutions |
| A. Žnidaršič, A. Železnikar, M. Limpel: Visokoremanentni Sr-heksaferiti za motorske aplikacije                                                                                                                           | 75  | A. Žnidaršič, A. Železnikar, M. Limpel: High remanence Sr- Heksaferrites for Motor Applications                                                                                                                                               |
| S. Beseničar: Trajni magneti Sm (Co, Fe, Cu,Zr) 7,5                                                                                                                                                                      | 80  | S. Beseničar: Permanent Magnets Sm (Co, Fe, Cu,Zr) 7,5                                                                                                                                                                                        |
| M. Colnarić, M. Gerkeš, J. Gjorkos, P. Kokol, K. Rizman, I. Rozman, B. Vukelić, A. Zorman, V. Žumer: Industrijski mikračunalniški krmilniki                                                                              | 87  | M. Colnarić, M. Gerkeš, J. Gjorkos, P. Kokol, K. Rizman, I. Rozman, B. Vukelić, A. Zorman, V. Žumer: Industrial Microcomputer Controller                                                                                                      |
| A. Grum, Ž. Frišković: Hladilni stolp zaprega tipa                                                                                                                                                                       | 90  | A. Grum, Ž. Frišković: Air-Cooled Watercooler                                                                                                                                                                                                 |
| MIDEM 19-3-1989                                                                                                                                                                                                          |     |                                                                                                                                                                                                                                               |
| I. Likar, Š. Kolenko: Ugotavljanje deleža zgodnjih odpovedi kovinskih plastičnih uporov s pospešenimi preskusi                                                                                                           | 127 | I. Likar, Š. Kolenko: Accelerated Test Procedure for Estimating Proportion of Early Failures of Metal Film Resistors                                                                                                                          |
| S. Šoba, D. Belavić, M. Murčehajić, S. Mojstrovic, M. Vodopivec: Senzor krvnega tlaka                                                                                                                                    | 132 | S. Šoba, D. Belavić, M. Murčehajić, S. Mojstrovic, M. Vodopivec: Blood Pressure Sensor                                                                                                                                                        |
| M. Milanović, K. Jezernik, M. Čurković: Mikroprocesorsko voden trifazni mostični usmernik                                                                                                                                | 135 | M. Milanović, K. Jezernik, M. Čurković: Microcomputers Controller for Three Phase Thyristor Converter                                                                                                                                         |
| T. Švedek: Digitalni generatori sinusnog valnog oblika pogodni za implementaciju u logički niz                                                                                                                           | 141 | T. Švedek: Digital Sine-Wave Generator Suitable for the Gate Array Implementation                                                                                                                                                             |
| T. Dogša, R. Babić, M. Solar: Modularno načrtovanje mikroelektronskih vezij z načrtovalskim paketom SCEPTRE                                                                                                              | 146 | T. Dogša, R. Babić, M. Solar: Modular Standard Cell Design with SCEPTRE                                                                                                                                                                       |
| S. Beseničar, M. Drofenik, T. Kosmač: Vpliv dodatka ZrO <sub>2</sub> na mehanske in magnetne lastnosti Ni Zn feritov                                                                                                     | 151 | S. Beseničar, M. Drofenik, T. Kosmač: The Influence of ZrO <sub>2</sub> Dopant on Magnetic and Mechanical properties of Ni Zn Ferrites                                                                                                        |
| B. Gspan, R. Osredkar: Meritve mehanskih napetosti tankih plasti PECVD silicijevoga nitrida in oksinitrida                                                                                                               | 155 | B. Gspan, R. Osredkar: Mechanical Stress Measurements in Thin PECVD Silicon Nitride and Silicon Oxynitride Films                                                                                                                              |
| K. Milić: Primjena polimernih materijala za inkapsulaciju u elektroničkoj i elektroindustriji                                                                                                                            | 157 | K. Milić: Application of Polymer Materials for Incapsulation in Electronic and Electroindustry                                                                                                                                                |
| MIDEM 19-4-1989                                                                                                                                                                                                          |     |                                                                                                                                                                                                                                               |
| Borut B. Lavrenčič: Detektorji infrardečega sevanja                                                                                                                                                                      | 185 | Borut B. Lavrenčič: Detectors of Infrared Radiation                                                                                                                                                                                           |
| R. Babić, M. Solar, T. Dogša: Učinkovita aparturna realizacija digitalnih sit s končnim trajanjem impulznega odziva                                                                                                      | 189 | R. Babić, M. Solar, T. Dogša: Efficient Hardware Realizations for Finite Impulse Response Digital Filters                                                                                                                                     |
| M. Hrovat, S. Bernik, D. Kolar, I. Jarković: Debeloplastni superprevodniki na osnovi YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> , modificiranega s PbO in z Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | 194 | M. Hrovat, S. Bernik, D. Kolar, I. Jarković: Thick Film Superconductors Based on Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and PbO modified YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub>                                                              |
| J. Holc, B. Saje, S. Beseničar: Sintrani trajni NdFeB magneti                                                                                                                                                            | 198 | J. Holc, B. Saje, S. Beseničar: Sintered Permanent NdFeB Magnets                                                                                                                                                                              |
| A. Slišković, M. Prelec, M. Kosec: Kvarcni elektroporcelan visoke čvrstoće                                                                                                                                               | 202 | A. Slišković, M. Prelec, M. Kosec: High Strength Quartz Electroporcelain                                                                                                                                                                      |
| S. Solar, M. Jenko, V. Kregar: Krmilnik elektroluminiscenčnega prikazalnika                                                                                                                                              | 210 | S. Solar, M. Jenko, V. Kregar: The Electroluminescence Display Driver                                                                                                                                                                         |
| S. Cankar, J. Maček: Jedkanje in regeneracija izrabljenih jedkal pri proizvodnji tiskanih vezij                                                                                                                          | 214 | S. Cankar, J. Maček: Etching and Recycling of Etchants in Printed Circuit Board Production                                                                                                                                                    |

## NAVODILA AVTORJEM

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

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

Članki bodo recenzirani.

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

Strokovni prispevki morajo biti pripravljeni na naslednji način

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

## Ostala splošna navodila

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

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

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

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

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

Avtorji, ki pripravljajo besedilo v urejevalnikih besedil, lahko pošljejo zapis datoteke na disketi (360 ali 1,2) v formatih ASCII, wordstar (3.4, 4.0), wordperfect, word, ker bo besedilo oblikovano v programu Ventura 2.0. Grafične datoteke so lahko v formatu HPL, SLD (AutoCAD), PCX ali IMG/GEM.

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

## Rokopise pošljite na naslov

Uredništvo Informacije MIDEM  
Elektrotehniška zveza Slovenije  
Titova 50, 61000 Ljubljana

## UPUTE AUTORIMA

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

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

Članci će biti recenzirani.

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

Stručni članci moraju biti pripremljeni kako slijedi

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

## Ostale opšte upute

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

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

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

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

Autori mogu poslati radove na disketama (360 ili 1,2) u formatima tekst procesora ASCII, wordstar (3.4. i 4.0), word, wordperfect pošto će biti tekst dalje obrađen u Venturi 2.0. Grafičke datoteke mogu biti u formatu HPL, SLD (AutoCAD), PCX ili IMG/GEM.

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

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

## Rukopise šaljite na adresu:

Uredništvo Informacije MIDEM  
Elektrotehnička zveza Slovenije  
Titova 50, 61000 Ljubljana

## INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

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

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

All manuscripts are subject to reviews.

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

Each contribution should include the following specific components:

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

## General information

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

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

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

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

Authors may send their files on formatted diskettes (360 or 1,2) in ASCII, wordstar (3.4 or 4.0), word, wordperfect as text will be formatted in Ventura 2.0. Graphics may be in HPL, SLD (AutoCAD), PVX or IMG/GEM formats.

Papers will not be accepted unless three copies are received.

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

## Contributions are to be sent to the address:

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

| 1      | 2                                                                                                                                                                                                                                                   | 3                                                                                       | 4                                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1.21 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• višna talasna dužina</li> <li>• višna valna dužina</li> <li>• вршна бранова должина</li> <li>• temenska valovna dolžina</li> </ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• peak wave length</li> </ul>                    | Valovna dolžina, pri kateri je sevalna jakost največja.                                                                                             |
| 2.1.22 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• diagram zračenja</li> <li>• diagram zračenja</li> <li>• диаграм на зрачењето</li> <li>• sevalni diagram</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• radiation pattern</li> </ul>                   | Sevalna jakost na izhodu v odvisnosti od izhodnega kota.                                                                                            |
| 2.1.23 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• diagram prijema</li> <li>• diagram prijema</li> <li>• диаграм на приемот</li> <li>• sprejemni diagram</li> </ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• acceptance pattern</li> </ul>                  | Jakost sevanja na vходу v odvisnosti od vpadnega kota.                                                                                              |
| 2.1.24 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• eksitansa zračenja</li> <li>• uzbuđa zračenja</li> <li>• екситанса на зрачењето; емитанса на зрачењето</li> <li>• izsevalnost</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• radiant exitance; radiant emittance</li> </ul> | V enotski točki ploskve količnik med sevalnim pretokom, ki zapuša element ploskve, in med ploskvijo tega elementa. Enota izsevalnosti je: $W/m^2$ . |
| 2.1.25 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ozračenost; iradijansa</li> <li>• ozračenost; iradijancija</li> <li>• ирадијанса; озраченост</li> <li>• obsevanost</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• irradiance</li> </ul>                          | V točki ploskve količnik med gostoto sevalnega pretoka na element ploskve in med ploskvijo tega elementa. Enota obsevanosti je: $W/m^2$ .           |
| 2.1.26 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• spektralna ozračenost; spektralna iradijansa</li> <li>• spektralna ozračenost; spektralna iradijancija</li> <li>• спектрална ирадијанса; спектрална озраченост</li> <li>• spektralna obsevanost</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• spectral irradiance</li> </ul>                 | Količnik med obsevanostjo in med intervalom valovnih dolžin, merjen pri določeni valovni dolžini. Enota spektralne obsevanosti je $W/m^2 \mu m$ .   |

| 1      | 2                                                                                                                                                                                                                     | 3                                                                             | 4                                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1.27 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissivnost</li> <li>• emitivnost, sposobnost emisije</li> <li>• эмиссивност</li> <li>• oddajnost</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissivity</li> </ul>                | Razmerje med izsevanim pretokom določene snovi in med pretokom črnega telesa pri isti temperaturi. Oddajnost je navadno odvisna od valovne dolžine. |
| 2.1.28 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• detektivnost; mogućnost detektovanja</li> <li>• detektivnost, sposobnost detekcije</li> <li>• детективност</li> <li>• detektivnost</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• detectivity D</li> </ul>             | Obratna vrednost enakovredne moči šuma, v $W^{-1}$ .                                                                                                |
| 2.1.29 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• D-zvezdica; D*</li> <li>• D-zvezdica; D*</li> <li>• D-zvezda; D*</li> <li>• D z zvezdico; D*</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• D-star; D*</li> </ul>                | Zmnožek detektivnosti, kvadratnega korena aktivne ploskve in prepustnega območja detektorja, v $W^{-1} mHz^{1/2}$ .                                 |
| 2.1.30 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• osetljivost (A/W ili V/W)</li> <li>• odziv (A/W ili V/W); osjetljivost</li> <li>• чувствительност (A/W или V/W)</li> <li>• odzivnost (A/W ali V/W)</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• responsivity (A/W or V/W)</li> </ul> | Razmerje med efektivno vrednostjo izhodnega toka ali napetosti in med efektivno vrednostjo vpadne monokromatske sevalne moči.                       |
| 2.1.31 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• efikasnost snage</li> <li>• djelatvornost</li> <li>• коэффициент на корисно дејство</li> <li>• коэффициент на полезное дејство;</li> <li>• (močnostni) izkoristek</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• power efficiency</li> </ul>          | Razmerje med izsevano močjo vira in med vhodno električno močjo. Močnostni izkoristek je parameter brez dimenzije.                                  |
| 2.1.32 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• foton</li> <li>• foton</li> <li>• фотон</li> <li>• foton</li> </ul>                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• photon</li> </ul>                    | Kvant elektromagnetne (svetlobne) energije.                                                                                                         |



| 1      | 2                                                                                                                                                                                                                             | 3                                                                                   | 4                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1.33 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kvantna efikasnost</li> <li>• kvantna djelotvornost</li> <li>• квантна ефикасност</li> <li>• kvantni izkoristek</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• quantum efficiency</li> </ul>              | Mera izkoristka pri pretvorbi ali pri izrabi sevalne energije g'ade na število dogodkov na vsak vpadni vzdolžni kvant. Kvantni izkoristek je parameter brez dimenzije.                                                                                                         |
| 2.1.34 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• diferencialna kvantna efikasnost</li> <li>• diferencialna kvantna djelotvornost</li> <li>• дифференцијална квантна ефикасност</li> <li>• diferencialni kvantni izkoristek</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• differential quantum efficiency</li> </ul> | Nagib karakteristične krivulje pri sestavi z nelinearno vhodno-izhodno karakteristiko.                                                                                                                                                                                         |
| 2.1.35 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktivna sredina</li> <li>• aktivni medij</li> <li>• активна средина</li> <li>• aktivno sredstvo</li> </ul>                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• active medium</li> </ul>                   | Sredstvo, sposobno ojačiti elektromagnetno sevanje s frekvenco laserskega prehoda. Za definicijo laserske frekvence prehoda glej t. 2.1.36                                                                                                                                     |
| 2.1.36 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• frekvencija prelaza</li> <li>• frekvencija prijelaza</li> <li>• честота на преходот</li> <li>• frekvencia prehoda</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• transition frequency</li> </ul>            | <p>Frekvencia sevanja, vezana na dva diskretna energijska atomska nivoja.</p> <p>Frekvencia prehoda, vezana na nivoja <math>E_1</math> in <math>E_2</math> (<math>E_2 &gt; E_1</math>), je:</p> $\nu_{21} = (E_2 - E_1)/h$ <p>kjer je <math>h</math> — Planckova konstanta</p> |
| 2.1.37 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektroluminescencija</li> <li>• elektroluminiscencija</li> <li>• електролюминисценција</li> <li>• elektroluminescenca</li> </ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• electroluminescence</li> </ul>             | Neposredna pretvorba električne energije v svetlobo.                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.1.38 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrooptički efekt</li> <li>• elektrooptički efekt</li> <li>• електрооптички ефект</li> <li>• elektrooptični pojav</li> </ul>                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• electro-optical effect</li> </ul>          | Odvisnost lomnega količnika od električne poljske jakosti.                                                                                                                                                                                                                     |