

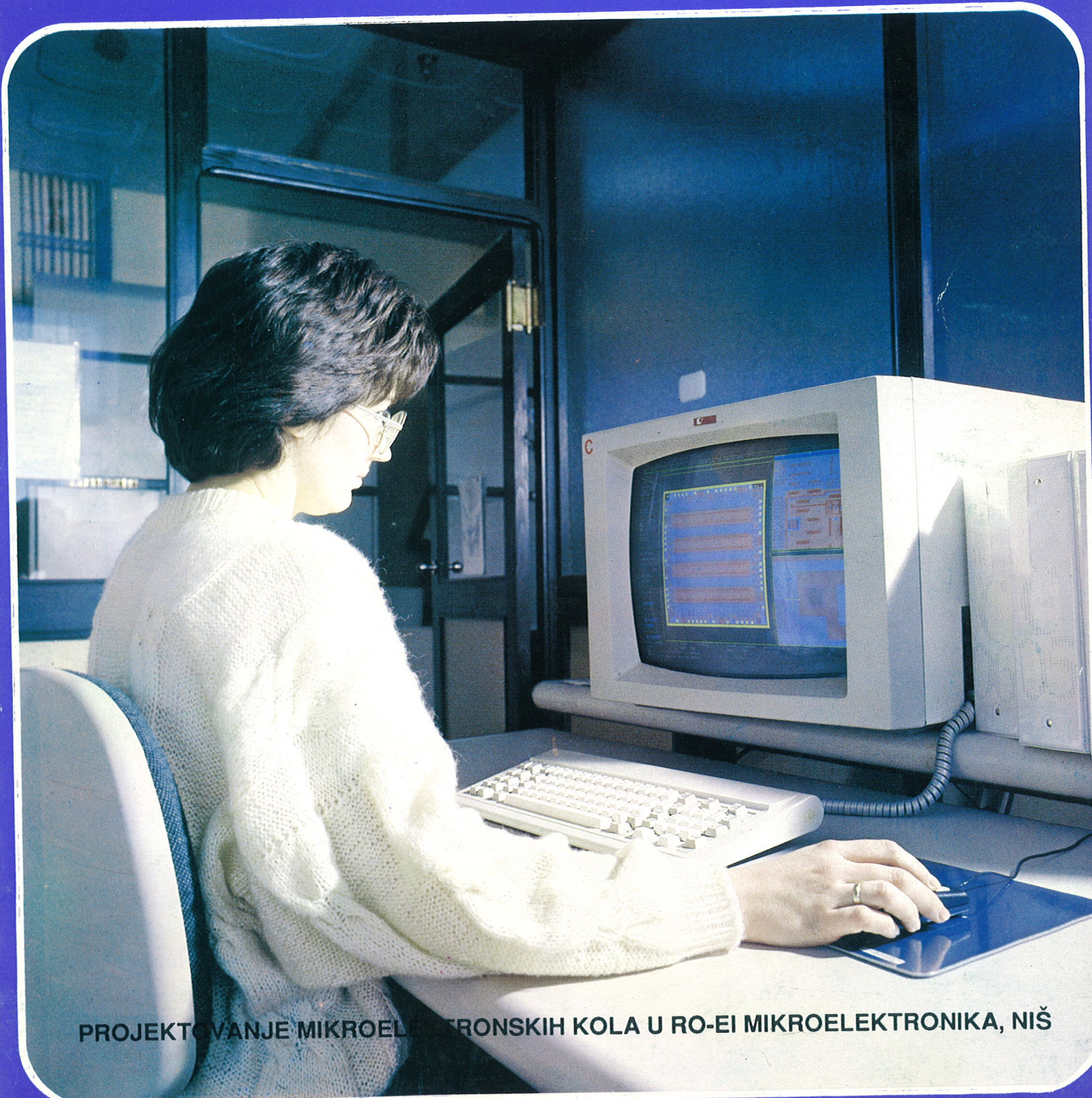
INFORMACIJE MIDEM

Strokovno društvo za mikroelektroniko,
elektronske sestavne dele in materiale

Stručno društvo za mikroelektroniku,
elektronske sestavne delove i materijale

3 • 1988

LJUBLJANA, SEPTEMBER 1988, LETNIK-GODINA 18, ŠTEVILKA-BROJ 47



PROJEKTOVANJE MIKROELEKTRONSKIH KOLA U RO-EI MIKROELEKTRONIKA, NIŠ

INFORMACIJE MIDEM

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

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

Glavni in odgovorni urednik
Glavni i odgovorni urednik

Iztok Šorli, dipl.ing.

Tehnični urednik
Tehnički urednik

Janko Colnar

Uredniški odbor
Redakcioni odbor

mag. Rudi Babič, dipl.ing.
Dr. Rudi Ročak, dipl.ing.
mag. Milan Slokan, dipl.ing.
Pavle Tepina, dipl.ing.
Miroslav Turina, dipl.ing.

Častni predsednik društva
Predsednik
Podpredsednik

Prof.dr. Janez Dobeic, dipl.ing., Ljubljana
Dr. Rudi Ročak, dipl.ing. - Iskra Mikroelektronika, Ljubljana
Ratko Krčmar, dipl.ing. - Rudi Čajavec, Banja Luka
Mr. Vladimir Pantović, dipl.ing. - Ei-IRI, Zemun

Tajnik-sekretar

mag. Milan Slokan, dipl.ing. - Ljubljana
Mr. Miroslav Gojo, dipl.ing. - RIZ-KOMEL, Zagreb
Pavle Tepina, dipl.ing. - Ljubljana

Člani izvršnega odbora MIDEM
Članovi izvršnog odbora MIDEM

Mr. Vlada Arandelović, dipl.ing. - Ei-Poluprovodnici, Niš
Mr. Mladen Arbanas, dipl.ing. - RIZ-KOMEL, Zagreb
Franc Beravs, dipl.ing. - Iskra Polprevodniki, Trbovlje
Mr. Željko Butković, dipl.ing. - Elektrotehnički fakultet, Zagreb
Jasminka Čupurdija, dipl.ing. - Rade Končar-ETI, Zagreb
Mr. Miroslav Damjanović, dipl.ing. - VTI, Beograd
Prof.dr. Tomislav Đekov, dipl.ing. - Elektrotehnički fakultet, Skopje
Mihajlo Filiferović, ing. - Mipro, Rijeka
Prof.dr. Jože Furlan, dipl.ing. - Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
Franc Jan, dipl.ing. - Iskra-HIPOT, Šentjernej
Mr. Slavoljub Jovanović, dipl.ing. - Ei-Poluprovodnici, Niš
Alojzij Keber, dipl.ing. - Institut Jožef Stefan, Ljubljana
Prof.dr. Drago Kolar, dipl.ing. - Institut Jožef Stefan, Ljubljana
mag. Milan Mekinda, dipl.ing. - Iskra Mikroelektronika, Ljubljana
Ljutica Pešić, dipl.ing. - Institut Mihailo Pupin, Beograd
Ervin Pirtovšek, dipl.ing. - Iskra IEZE, Ljubljana
Dr. Alenka Rožaj-Brvar, dipl.ing. - Iskra Center za elektrooptiko, Ljubljana
mag. Stanko Solar, dipl.ing. - Iskra Avtoelektrika, Novo Gorica
Prof.dr. Ninoslav Stojadinović, dipl.ing. - Elektronski fakultet, Niš
Prof.dr. Sedat Širbegović, dipl.ing. - Elektrotehnički fakultet, Banja Luka
Prof.dr. Dimitrije Tjapkin, dipl.ing. - Elektrotehnički fakultet, Beograd
Prof.dr. Lojze Trontelj, dipl.ing. - Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
Mr. Srebrenka Uršić, dipl.ing. - Rade Končar-ETI, Zagreb

Naslov uredništva
Adresa redakcije

Uredništvo Informacije MIDEM
Elektrotehniška zveza Slovenije
Titova 50, 61000 Ljubljana
telefon (061) 316-886, (061) 329-955

Člani MIDEM prejema Informacije MIDEM brezplačno.

Članovi MIDEM primaju Informacije MIDEM besplatno.

Po mnenju Republiškega komiteja za kulturo SRS št. 4210-56/79 z dne 2.2.1979 je publikacija oproščena plačila davka od prometa proizvodov.

Mišljenjem Republičkog komiteta za kulturo SRS broj 4210-56/79 od 2.2.1979 publikacija je oslobođena plaćanja poreza na promet.

Oblikovanje besedila, priprava za tisk in izvedba BIRO M, Ljubljana

Oblikovanje stavka, priprema za štampu i izvedba BIRO M, Ljubljana

Naklada: 700 izvodov

Tiraž: 700 primeraka

VSEBINA - SADRŽAJ

I. Šorli: Beseda bralcem	147
D. Strle, J. Trontelj, L. Trontelj, Analogna mreža	148
F. Smole, J. Furlan, S. Amon: Analiza osvetljene p-i-n strukture sončnih celic	153
M. Kramberger: Defekti v polprevodniškem siliciju	159
J. Brvar: Površinska zaščita optičnih vlaken	165
D. Zorc: Elektronski regulator jalove energije KRK22XX	168
A. Česnik, D. Uvodič, J. Oblak: Osvajanje SMD tehnologije u SOUR Iskra	171
R. Babič, K. Jezernik: Center za aplikativno mikroelektroniko v Mariboru	174
D. Uvodič: Smeri razvoja tehnologij in uporabe novih superprevodnikov	176
M. Slokan: XXIV. Jugoslovanski simpozij o elektronskih sestavnih delih in materialih, SD 88,	180
A. Keber: Seminar o površinski montaži firme AMTEST	181
Predstavljamo sponzorje MIDEM	183
VESTI VESTI VESTI	185
R. Ročak: Študijski dan „Mikroelektronika in družba“	187
Obvestilo o seminarju HOECHST	188
Obvestilo, CEOK	189
Pronic Electronica	191
Koledar prireditev	192
R. Ročak: Nadaljevanje objavjanja terminoloških standardov	193

Beseda bralcem

Informacije MIDEEM so glasilo društva MIDEEM, ki poroča o visoki tehnologiji s področja mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov, zato morajo tudi rezultati te tehnologije vplivati na njegovo obliko in vsebino.

Pazljivi bralec je že v prejšnji številki opazil oblikovno spremembo glasila, saj je bilo pripravljeno izključno s pomočjo računalniške obdelave teksta in slik. S tem smo glasilu dali lepšo obliko, omogočili večjo fleksibilnost tehničnega urejevanja, vsebina pa je trajno shranjena in na razpolago za nadaljnjo uporabo.

Nekaj svežine smo časopisu vdihnili tudi z novo rubriko PREDSTAVLJAMO SPONZORJE MIDEEM, kjer bomo poskusili bralcem predstaviti delovne organizacije in ustanove z naslovnice.

To pa še ni vse!

Navkljub navidezni slepi ulici, v kateri so se znašle panoge, o katerih glasilo poroča, poklicni optimizem le vidi svetlejša obzorja in čuti potrebo in odgovornost za izbojevanje bitke za tehnološki napredek. Kot prispevek tem naporom v uredniškem odboru intenzivno pripravljamo registracijo glasila Informacije MIDEEM kot referenčne znanstvene revije. Na ta način načrtujemo v naslednjem letu dvig kakovostne ravni glasila na raven, ki jo zasluži kot osrednje glasilo, ki spremlja dogajanja na področju mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov.

Vsekakor pa brez VAŠEGA sodelovanja ne moremo uspeti. Kakovost revije boste ustvarjali tudi vi z vašimi znanstveno-strokovnimi prispevki in drugimi oblikami udejstvovanja v Informacijah MIDEEM. Delovne organizacije in ustanove, voditeljice in soustvarjalke omenjenih panog lahko še bolj aktivno kot do sedaj pomagajo pri dolgoročnem financiranju društva MIDEEM in s tem omogočijo delovanje glasila v novi preobleki.

Poziv k sodelovanju naj bo prošnja in opomin hkrati, kajti samo konkretno delo in udejstvovanje nas bosta potegnili iz prepada, ki ga imenujemo tehnološki zaostanek.

Glavni in odgovorni urednik

Iztok Šorli

Šorli Iztok

ANALOGNA MREŽA

Drago Strle, Janez Trontelj, Lojze Trontelj

1. UVOD

Velike potrebe po hitrem načrtovanju analognih in analogno/digitalnih vezij po naročilu so podobno kot pri digitalnih vezjih narekovala zasnovo analognih in mešanih mrež. Za logične mreže, kot tudi za analogne in mešane mreže je namreč značilno, da končno funkcijo vezju dodelimo z zadnjo metalno masko na predfabricirani silicijevi rezini. S tem dosežemo pri logičnih mrežah za velikostni razred večjo hitrost načrtovanja, poleg tega pa mnogo večjo zanesljivost, da vezje, oz. sistem deluje že prvič ⁽¹⁾. Podobna razmerja v načrtovalskih časih in zanesljivosti veljajo tudi v primeru načrtovanja analognih vezij z uporabo analognih mrež. Pri tem so zaradi večje zahtevnosti, večjega nabora analognih funkcij ter zaradi potrebnih ožjih toleranc, osnovni gradniki veliko kompleksnejši od primerljivih digitalnih, zato je priprava osnove za analogno mrežo mnogo težja kot pri logičnih mrežah, podaljšajo pa se tudi časi načrtovanja zadnje metalne maske, ker je potrebno upoštevati mnogo več parametrov, kot v primeru digitalnih vezij.

Ena izmed funkcij, ki jo pogosto želimo integrirati, je filtriranje analognih signalov. To je seveda mogoče storiti na mnogo načinov. RLC in aktivni filtri so poznani inženirjem elektrotehnike, prav tako tudi digitalni filtri. Vsaka izvedba ima dobre in slabe lastnosti: RLC filtri so edini uporabni za zelo visoke frekvence, so pa zelo dragi in neustrejni pri nizkih frekvencah, ne moremo jih integrirati; aktivni filtri omogočajo ekonomično izdelavo nižjefrekvenčnih filtrov, vendar le z uporabo ene izmed hibridnih tehnologij ter doravnavanjem, ker nobena izmed znanih tehnologij ne omogoča izdelave stabilnega in točnega RC produkta; digitalne filtre je sicer mogoče izdelati v monolitni tehnologiji, vendar zahtevajo pri procesiranju analognih signalov predfiltre, A/D pretvornik ter D/A pretvornik in post filter, kar pa zahteva ogromno površino.

V letu 1979 so se kot odgovor na omenjene probleme pri implementaciji filtrov pojavili filtri S-C ⁽²⁾. Filtri S-C (Switched capacitor filters) so filtri, ki delujejo na principu preklapljanja kondenzatorjev. V najenostavnejši aproksimaciji zamenjamo upor R 1 v aktivnem RC filtru s kombinacijo stikal in kondenzatorja. Tako dobljeni „produkt RC“ je točen in stabilen ter ima zelo majhno površino in zato omogoča izdelavo filtrov S-C, ki so superiorni nad os-

talimi v frekvenčnem področju do nekaj 100 kHz ⁽³⁾.

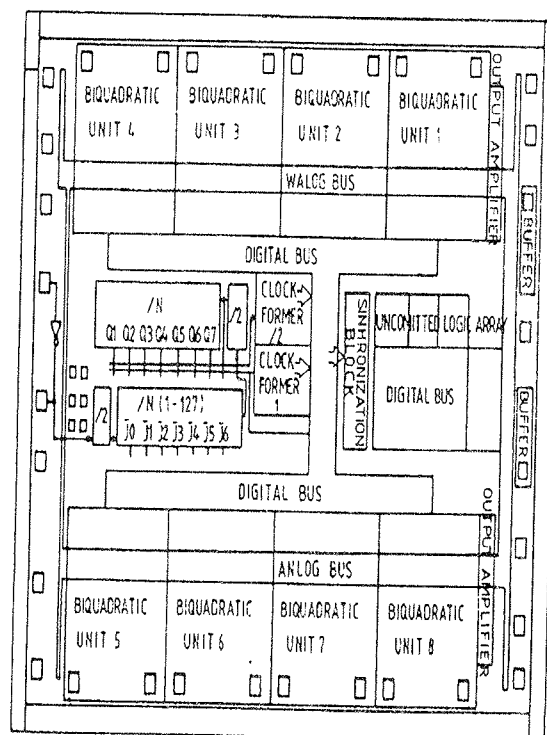
Da bi poenostavili in pospešili načrtovalski postopek, povečali zanesljivost, da je rezultat že prvič zadovoljiv ter da bi omogočili poceni prototipno izdelavo v majhnih serijah, smo se odločili za izdelavo analognih mrež ⁽⁴⁾.

Tako je nastala analogna mreža UAA1 Laboratorija za mikroelektroniko, Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani, ki je namenjena predvsem izdelavi filtrov S-C.

2. SPLOŠEN OPIS

Analogna mreža UAA1 je monolitno integrirano vezje v procesu CMOS s silicijevno krmilno elektrodo, uporabno kot programirano vezje S-C v akustičnem frekvenčnem področju.

Sestavljena je iz naslednjih glavnih sklopov (blok shema slika 2.1):



Slika 2.1: blok shema analognе mreže

- * oscilator s programiranimi delilnikoma in generatorjema vzorčnih signalov
- * 8 bikvadratnih stopenj
- * analogno in digitalno vodilo
- * logična mreža
- * periferija

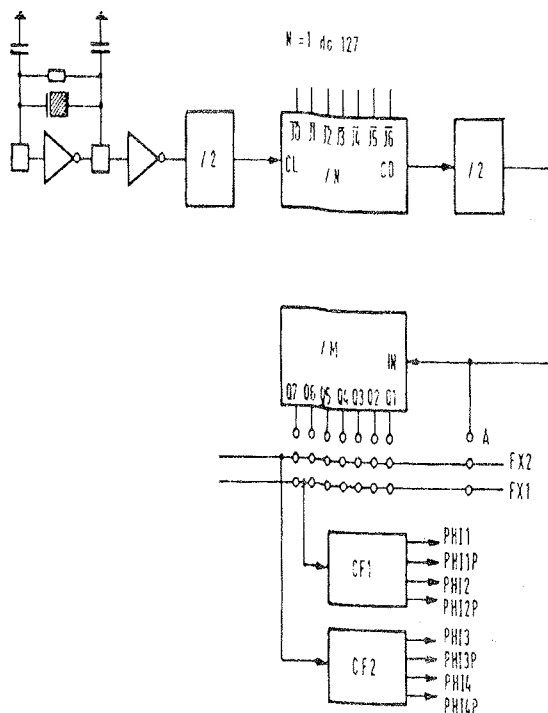
Vezje, procesirano do predzadnje metalne maske, je enako za vse aplikacije. Metalna maska določa vse potrebne topološke povezave za realizacijo vezja S-C do 16. reda.

3. FUNKCIONALNI OPIS

3.1 Oscilator, programirani delilnik in generator vzorčnih signalov

Slika 3.1 kaže vezje za generiranje vzorčnih signalov. Zunanji kvarčni kristal z ustreznim povratnim uporom in pripadajočimi kondenzatorji definira osnovno frekvenco, s programiranim deljenjem pa definiramo vzorčno frekvenco. Prvi programirani delilnik je 7 bitni sinhroni števec z možnostjo deljenja od 1 do 127. Frekvenca signala v vozlišču A je določena z enačbo:

$$f_A = FOSC / 4(N + 1)$$



Slika 3.1: vezje za generiranje vzorčnih signalov

N = binarno število, nastavljeno na vseh 7 bitih prvega delilnika (1- 127)

Število N določajo potenciali na vseh 7 bitih prvega delilnika, ti pa so definirani z metalno povezavo, ali pa na zunanjih I/O priključkih vezja.

Drugi programirani delilnik je prav tako 7 bitni sinhroni delilnik in deli signal v točki A z $M = 2^x$ (x je pozicija izhoda 0,1,...,7).

Odvzem ustreznega signala za generatorje vzorčnih signalov je določen z metalno povezavo, frekvenci pa sta:

$$f_{X1} = FOSC / (4(N + 1) \cdot 2^{x1})$$

za CF1 (PHI1, PHI1P, PHI2, PHI2P)

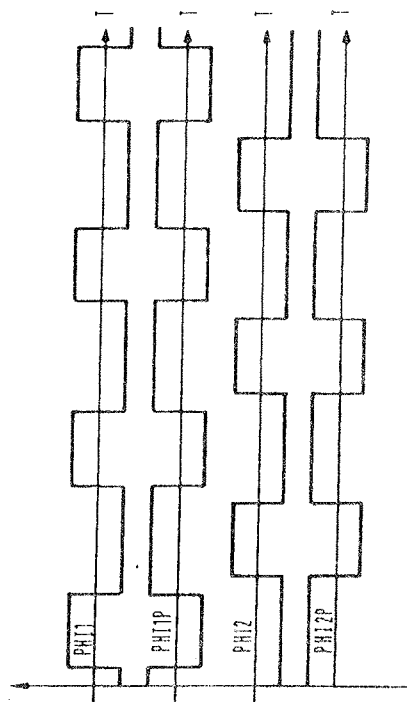
$$f_{X2} = FOSC / (4(n + 1) \cdot 2^{x2})$$

za CF2 (PHI3, PHI3P, PHI4, PHI4P)

x1 oz. x2 izhoda sta priključena na ustreznega izhoda drugega delilnika M.

To pomeni, da vzorčno frekvenco definira frekvenca kvarčnega oscilatorja skupaj z delilniki, kar omogoča izjemno širok razpon vzorčnih frekvenc.

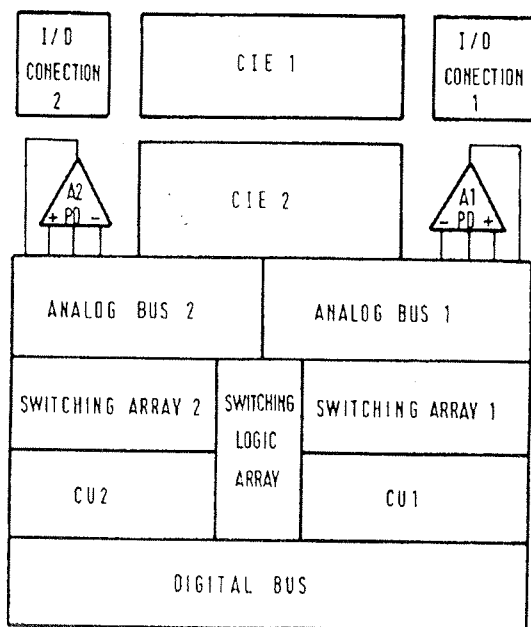
Slika 3.2 kaže neprekrivajoče vzorčne signale, ki prek digitalnega vodila krmilijo stikala v bikvadratnih stopnjah.



Slika 3.2: neprekrivajoči vzorčni signali

3.2. Bikvadratna stopnja

Je osnovna celica analogne mreže, ki realizira poljubni filter S-C drugega reda (8 takih celic lahko realizira filter S-C do šestnajstega reda). Blok shemo bikvadratne stopnje kaže slika 3.3, topologijo pa slika 3.4 ⁽⁵⁾.



Slika 3.3: blok shema bikvadratne stopnje

Operacijski ojačevalnik z notranjo kompenzacijo faze in šibkim izhodom ima vse priključke speljane v analogno vodilo, kjer z aplikacijsko metalno masko določamo povezovanje teh priključkov s stikali, kondenzatorji, ali I/O priključki v poljubni bikvadratni stopnji. Priključku PD (POWER DOWN) lahko definiramo tudi fiksni potencial (VDD - izključen, VSS - vključen).

Polji kondenzatorjev CIE1 in CIE2 lahko realizirata: integracijske kondenzatorje (CI), serijske kondenzatorje (CE), vzorčne kondenzatorje (CS).

Primer uporabe teh kondenzatorjev kaže slika 3.5.

Skupno število kondenzatorskih enot je enako 101, dodani pa sta še dve skupini decimalnih kondenzatorjev za realizacijo decimalnih razmerij 1,1 do 1,9 proti enoti. Kapacitivnost kondenzatorja enote znaša približno 0,5 pF.

Zgornje in spodnje plošče kondenzatorjev so vezane v analogno vodilo, v vhode -IN ojačevalnikov, ali na priključke I/O z aplikacijskim metalom. Kompletne kondenzatorske polje je uporabno za oba operacijska ojačevalnika ene bikvadratne stopnje in lahko realizira strukturo s slike 3.6 tako, da skupna kapacitivnost ne preseže 101 enote.

Analogno vodilo je polje polisilicijevih vertikalnih linij s kontakti na ustreznih mestih, ki so priključene na eni strani v kondenzatorsko polje in na ustrezne priključke operacijskih ojačevalnikov, na drugi strani pa v polje stikal. Horizontalne aplikacijske metalne linije povezujejo priključke elementov bikvadratne celice ter omogočajo povezavo z drugimi bikvadratnimi celicami. Vsaka bikvadratna stopnja vsebuje dvoje analognih vodil s slike 3.3.

Polje stikal vsebuje 8 parov stikal z različnimi dimenzijami in enakim krmiljenjem ter stikalo, ki mu lahko definiramo fazo vzorčenja. Bikvadratna stopnja vsebuje 2 polji stikal z enakim ali različnim krmiljenjem, kar določa aplikacijski metal v digitalnem vodilu. Neuporabljenemu polju stikal vrata vezemo na VSS, neuporabljeno stikalo pa kratko vezemo (sponke A, B, C na VSS). Sponki A in B sta priključeni v analogno vodilo, sponka C pa v polje CU kot kaže slika 3.7a. Slika 3.7b pa kaže uporabo stikala, ki mu definiramo fazo vzorčenja z aplikacijskim metalom.

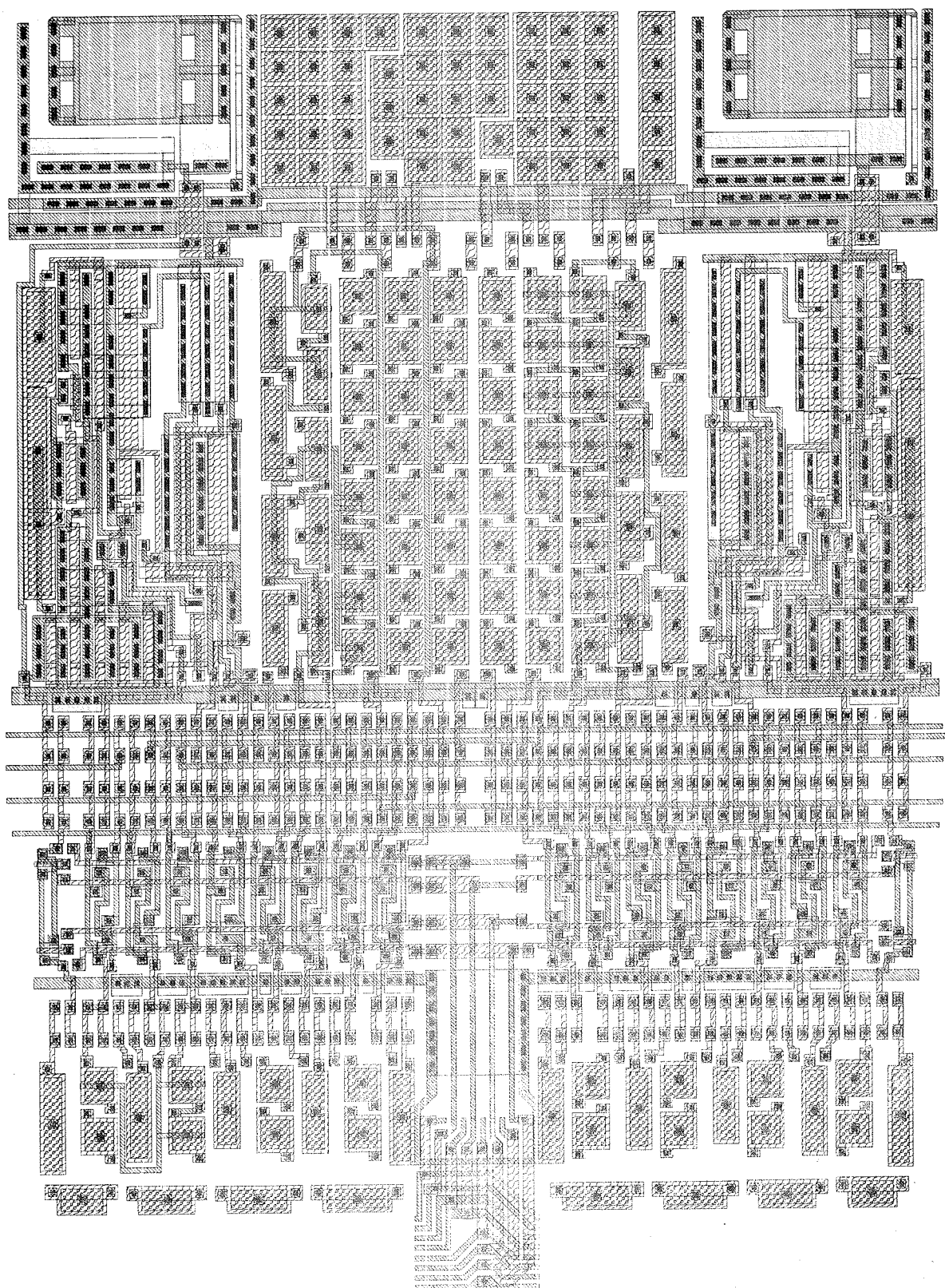
Polje kondenzatorjev CU sestavlja 8 enotnih ter skupina decimalnih kondenzatorjev. Povezuje jih aplikacijski metal med seboj ter na ustrezen priključek C v polje stikal. Primer uporabe stikal in kondenzatorjev CU kaže slika 3.8.

Digitalno vodilo vodi vzorčne signale za krmiljenje polja stikal, ki zahtevajo enake, ali različne frekvence, kar določa aplikacijski metal.

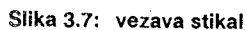
Vsaka bikvadratna celica vsebuje 2 zunanja I/O priključka z ustrežno zaščito proti thiristorскому efektu. Aplikacijski metal določa tip priključka (vhod, izhod). Vhod je lahko priključen na: +IN, -IN, I vhod delilnika, CIE, analogno vodilo. Izhod je lahko priključen na: izhod ojačevalnika, močnostni izhod (v desnih bikvadratnih celicah).

3.3. Logična mreža

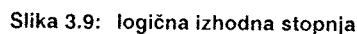
Vsebuje 18 nepovezanih P in N tranzistorjev ter 4 D celice. To omogoča realizacijo preprostih preklopnih in sinhronizacijskih funkcij. Z ostalim delom vezja se elementi povezujejo prek analognega, oz. po potrebi digitalnega vodila v ustrezno področje bikvadratnih celic.



Slika 3.4: topologija bikvadratne stopnje



Periferijo sestavljajo vsi I/O priključki zunaj bikvadratnih stopenj, povezava med dvema vrstama bikvadratnih stopenj po analognem, oz. digitalnem vodilu, digitalne izhodne stopnje vezane po sliki 3.9 ter vsa potrebna zaščita proti thiristorškemu efektu.



Izdelana je bila analogna mreža in uspešno preizkušena v več aplikacijah. Vezje predstavlja idealno rešitev za realizacijo integriranih sistemov, ki vsebujejo pretežno analogne in delno digitalne funkcije z ekonomičnim učinkom že pri serijah nekaj sto kosov letno. Pričakovati je, da bo vezje uvrščeno v standardne Iskrine sestavne elemente in bo našlo še mnogo aplikacij.

1. E. J. Kuutila, R. C. Anderson, P. Matlock, "IC design productivity study", Proceedings of the IEEE Custom Integrated Circuits Conference, 1985
2. R. W. Brodersen, P. R. Gray, D. A. Hodges, "MOS Switched Capacitor Filters", Proceedings of the IEEE, Vol. 67, no. 1, jan. 1979
3. D. Strle, "Sinteza in načrtovanje filtrov S-C", Magistrsko delo, Ljubljana 1981
4. D. Strle, L. Trontelj, J. Trontelj, "Analogna mreža", Zbornik referatov simpozija o elektronskih sestavnih delih in materialih, Ljubljana 1984
5. M. S. Ghansi, K. R. Laher, "Modern Filter Design", Prentice - Hall International, N. Y., 1981

dr. Drago Strle, prof.dr. Janez Trontelj, dipl.ing.
prof.dr.Lojze Trontelj, dipl.ing.
Fakulteta za elektrotehniko
Tržaška 25, Ljubljana

ANALIZA OSVETLJENE p-i-n STRUKTURE a-Si:H SONČNE CELICE

F.Smole, J.Furlan, S.Amon, D.Senčar,

IZVLEČEK

Izdelan je bil računalniški program za analizo osvetljene p-i-n strukture amorfne silicijeve sončne celice. Osnovna značilnost programa je, da model dovoljenih energijskih stanj v mobilnostni reži opisuje poteke, koncentracije in vrste stanj čim bolj skladno z eksperimentalnimi rezultati. Model vsebuje repe donorskih stanj nad valenčnim pasom, repe akceptorskih stanj pod prevodnim pasom, kot tudi stanja defektov s pozitivno in negativno korelacijsko energijo.

V Poissonovi enačbi so poleg koncentracij prostih elektronov in vrzeli ter dodanih primesi upoštevane tudi koncentracije ujetih elektronov in vrzeli v stanja mobilnostne reže.

Podani so nekateri rezultati izdelane analize.

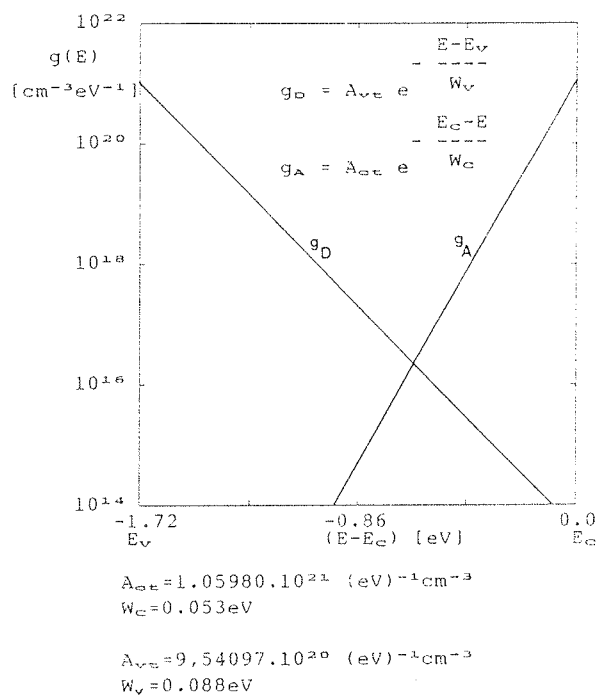
ABSTRACT

A computer program enabling the analysis of an illuminated p-i-n structure of a-Si:H solar cell was developed. This program is arranged to fit closely experimentally established localized states distribution within the mobility gap of a-Si:H. The model of localized states density includes the tails of donor-like states above the valence band, and of acceptor-like states below the conduction band, as well as defect levels having either positive or negative correlation energies. The established computer program solves electron and hole continuity equations and Poisson equation, where free and trapped charge carrier densities together with ionized impurity densities are taken into account. Attached there are some graphs showing calculated properties of the illuminated a-Si:H solar cell.

1. UVOD

Računalniška simulacija električnih dogajanj v polprevodniških strukturah je lahko pomemben pripomoček pri proučevanju dogajanj in optimizaciji struktur. Seveda pa je realnost rezultatov zelo odvisna od tega, kako so podani snovni parametri. Pri analizi a-Si:H plasti in struktur so najpomembnejši parameter prav gotovo dovoljena energijska stanja v mobilnostni reži. Čeprav v svetu potekajo številne raziskave na tem področju, razmere v mobilnostni reži še niso docela pojasnjene in ta-

ko ni možno postaviti povsem zanesljivega modela. V literaturi je možno zaslediti več aproksimativnih modelov, ki so še dodatno prilagojeni za matematično obdelavo. Hack in Shur sta npr. aproksimirala potek stanj v mobilnostni reži z eksponentnimi poteki ⁽¹⁾ (slika 1).

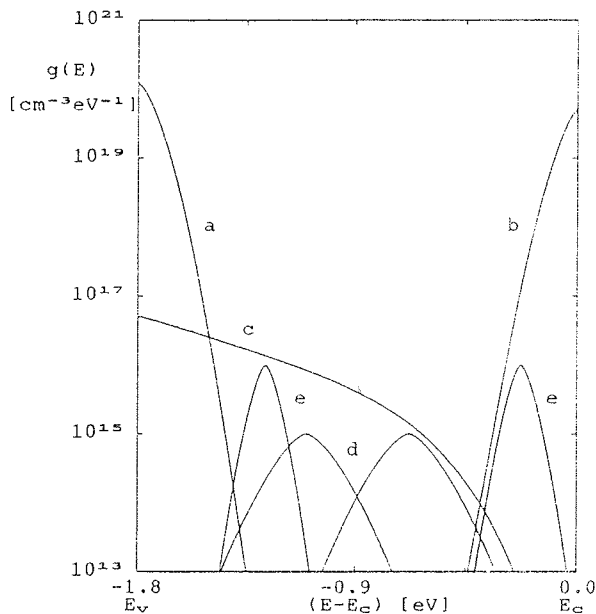


Slika 1: eksponencialni potek stanj v mobilnostni reži

V primerjavi s temi modeli smo skušali postaviti model, ki naj bi se bolj skladal z eksperimentalnimi rezultati. Takšen model vsekakor mora vsebovati repe donorskih stanj nad valenčnim pasom, repe akceptorskih stanj pod prevodnim pasom in stanja defektov. Potek stanj repov smo povzeli po M.Amerju in B.Jacksonu (2B, str. 108). Vrhova stanj bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo smo skladno z ugotovitvami pri raziskavah Staebler-Wronskega efekta postavili simetrično glede na sredino mobilnostne reže. Vrhova stanj T_3^+ in T_3^- centrov smo postavili skladno s teoretičnimi predvidevanji Adlerja ^(2,6) in meritvami Morigakija ⁽⁴⁾. Pri tem smo pri lokaciji T_3^+ stanj upoštevali še ugotovitev DLTS meritev, da obstaja minimum stanj približno 0.4eV pod prevodnim pasom. Tako naj bi ležala stanja T_3^+ neposredno pod prevodnim (približno 0.2eV), stanja T_3^- pa so bolj

odmaknjena od valenčnega pasu, po nekaterih predvidevanjih naj bi se celo pokrivala s spodnjimi stanji bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo ⁽³⁾.

Sklepamo lahko, da se v neposredni okolici bingljajočih vezi in tudi ostalih defektov pojavlja večja deformiranost Si-Si vezi. Te vezi naj bi vnašale dodaten rep donorskih stanj, sicer nižjo koncentracijo, vendar pa globlje v mobilnostno režo (slika 2).



Slika 2: izboljšani model stanj v mobilnostni reži a-Si:H
a) repi donorskih stanj nad valenčnim pasom
b) repi akceptorskih stanj pod prevodnim pasom
c) donorska stanja močnejše deformiranih vezi
d) defekti s pozitivno korelacijsko energijo
e) defekti z negativno korelacijsko energijo

Predstavljeni model je služil kot osnova za nadaljnjo analizo. Pri tem je jasno, da razmere v mobilnostni reži a-Si:H niso povsem realno opisane. Gre za poskus, da bi čim boljše zajeli dosedanja spoznanja. Glede na to je tudi predstavljena analiza osvetljene p-i-n strukture a-Si:H sončne celice zastavljena tako, da bo možno pozneje brez večjih težav vnašati, oz. upoštevati nova dognanja.

2. RAČUNALNIŠKA SIMULACIJA DOGAJANJ V a-Si:H STRUKTURAH

Električna dogajanja v polprevodniških strukturah v splošnem opisujejo transportni, kontinuitetni in Poissonova enačba. Z rešitvijo tega sistema nelinearnih diferencialnih enačb dobimo vrednosti

posameznih električnih veličin na zunanjih sponkah kot tudi opis dogajanj znotraj strukture. Poissonova enačba, ki naj opisuje razmere v a-Si:H strukturi, mora poleg koncentracij prostih elektronov in vrzeli ter ioniziranih donorskih in akceptorskih primesi vsebovati tudi koncentraciji ujetih elektronov in vrzeli v dovoljena energijska stanja znotraj mobilnostne reže. Ta prispevek je običajno celo večji od prispevka prostih nosilcev in ga zato ne smemo zanemariti. Govorimo o razširjeni Poissonovi enačbi:

$$\varepsilon \Delta V = q (p - n + p_t - n_t + N_{D+} - N_{A-}) \quad (1)$$

Podobno kot koncentraciji prostih nosilcev določimo tudi koncentraciji ujetih nosilcev s pomočjo porazdelitve gostote stanj in verjetnosti zasedenosti. Tako koncentracijo ujetih elektronov n_t določimo z integracijo produkta gostote akceptorskih stanj g_A in verjetnosti zasedenosti f_A , koncentracijo ujetih vrzeli p_t pa z integracijo produkta donorskih stanj g_D in verjetnosti zasedenosti f_D znotraj mobilnostne reže.

Ker gre za več vrst stanj $g_A(E)$ in $g_D(E)$, izračunamo najprej ločeno prispevke posameznih vrst stanj. Splošno lahko zapišemo:

$$n_t = \int_{E_v}^{E_c} g_A(E) f_A(E) dE \quad (2)$$

$$p_t = \int_{E_v}^{E_c} g_D(E) (1 - f_D(E)) dE \quad (3)$$

Zanimajo nas razmere izven termičnega ravnovesja, zato za verjetnosti zasedenosti f_A in f_D ne moremo uporabiti Fermi - Diracove porazdelitve. Pomagamo si s sklepanjem, da morajo biti v stacionarnem stanju neto rekombinacije in generacije elektronov enake neto rekombinacijam in generacijam vrzeli, bodisi skupno za vsa stanja, bodisi ločeno za vsako vrsto stanj posebej.

$$dG_n - dR_n = dG_p - dR_p \quad (4)$$

Iz tega pogoja lahko izrazimo verjetnost zasedenosti f_t , ki velja tudi izven termičnega ravnovesja.

$$f_t = \frac{\sigma_n v_{thn} n \sigma_p v_{thp} p_1}{\sigma_n v_{thn} (n + n_1) + \sigma_p v_{thp} (p + p_1)} \quad (5)$$

Pri zapisu izrazov za dG in dR smo izhajali iz SRH zakonitosti.

σ_n in σ_p sta prereza ujetja elektronov in vrzeli, V_{th} je termična hitrost, n_1 in p_1 pa sta odvisna od intrinzične koncentracije n_i in lege stanj znotraj mobilnostne reže.

Pri analizah, ki jih zasledimo v literaturi, največkrat predpostavljamo, da je termična hitrost enaka za vse proste nosilce, prerez ujetja pa je za elektrone in vrzeli različen in prav tako močno odvisen od vrste stanj.

Pri izračunu koncentracij ujetih nosilcev v posamezne vrste stanj se pojavijo težave še zlasti pri izračunu koncentracij ujetih nosilcev naboja v dovoljena energijska stanja defektov, kot so npr. bingljajoče vezi, ki vnašajo v mobilnostno režo po dve stanji in je gostota, oz. vrsta aktivnih stanj odvisna od stopnje zasedenosti. Tako je npr. pri bingljajoči vezi s pozitivno korelacijsko energijo gornje stanje lahko zasedeno le, če je zasedeno spodnje stanje, to pa je aktivno le, če je zgornje stanje nezasedeno. To je posledica močnega medsebojnega elektrostatičnega vpliva nabojev in zakonov kvantne mehanike.

Gostota bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo, ki imajo spodnje energijske nivoje pri energiji E , zgornje pa pri $E + U_{ef}$ je enaka vsoti pozitivno nabitih, nevtralnih in negativno nabitih vezi:

$$N_t(E) = N_{+1}(E) + N_0(E) + N_{-1}(E + U_{ef}). \quad (6)$$

Nevtralne in pozitivno nabite bingljajoče vezi predstavljajo donorska stanja.

$$g_{DB}(E) = N_{+1}(E) + N_0(E). \quad (7)$$

Vlogo akceptorskih stanj pa igrajo nevtralne in negativno nabite vezi

$$g_{AB}(E + U_{ef}) = N_0(E + U_{ef}) + N_{-1}(E + U_{ef}). \quad (8)$$

Gostoto ujetih vrzeli na energijski interval v donorska stanja izračunamo po enačbi

$$p_{tBE}(E) = g_{DB}(E) (1 - f_{DB}(E)) = N_{+1}(E) = (N_{+1}(E) + N_0(E)) (1 - f_{DB}(E)). \quad (9)$$

Gostoto ujetih elektronov na energijski interval v akceptorska stanja pa podaja naslednja enačba

$$n_{tBE}(E) = g_{AB}(E + U_{ef}) f_{AB}(E + U_{ef}) = N_{-1}(E + U_{ef}) = (N_0(E + U_{ef}) + N_{-1}(E + U_{ef})) f_{AB}(E + U_{ef}). \quad (10)$$

Iz gornjih enačb lahko izrazimo gostoto ujetih elektronov in vrzeli na energijski interval v odvisnosti od gostote $N_t(E)$ in verjetnosti zasedenosti $f_{DB}(E)$ ter $f_{AB}(E + U_{ef})$

$$p_{tBE} = N_t \frac{(1 - f_{DB})(1 - f_{AB})}{1 - f_{AB} + f_{AB}f_{DB}} \quad (11)$$

$$n_{tBE} = N_t \frac{f_{AB}f_{DB}}{1 - f_{AB} + f_{AB}f_{DB}} \quad (12)$$

Kot smo že spoznali, vnašajo bingljajoče vezi s pozitivno korelacijsko energijo stanja blizu sredine mobilnostne reže. Zaradi nepravilnosti v strukturi zgradbi prihaja do stresanja stanj okrog vrha in potek stanj običajno matematično opišemo z Gaussovo porazdelitvijo. Celotno koncentracijo ujetih elektronov in vrzeli v stanja bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo dobimo z integracijo znotraj mobilnostne reže:

$$p_{tBp} = \int_{E_v}^{E_c} p_{tBE}(E) dE \quad (13)$$

$$n_{tBp} = \int_{E_v}^{E_c} n_{tBE}(E) dE. \quad (14)$$

Pri defektih z negativno korelacijsko energijo so razmere mnogo bolj nejasne. Tu gre za pare $T_3^+ T_3^-$. Na podoben način kot defektov s pozitivno korelacijsko energijo jih ni možno obravnavati. V analizo smo jih vključili tako, da smo predpostavili, da delujejo T_3^+ centri kot čista donorska stanja, T_3^- pa kot čista akceptorska stanja. Ob tem pa smo zanemarili medsebojno sklopitev.

Celotna koncentracija ujetih elektronov in vrzeli je enaka vsoti ujetih nosilcev v posamezne vrste stanj

$$N_t = n_{tA} + n_{tBp} + n_{tBn} \quad (15)$$

$$P_t = p_{tD} + p_{tBp} + p_{tBn} + p_{tBD} \quad (16)$$

kjer je:

n_{tA} ...koncentracija ujetih elektronov v akceptorska stanja pod prevodnim pasom

n_{tBp} ...koncentracija ujetih elektronov v zgornja stanja bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo

n_{tBn} ...koncentracija T_3^- defektov z negativno korelacijsko energijo

p_{tD} ...koncentracija ujetih vrzeli v

donorska stanja nad valenčnim pasom

p_{tBD} ...koncentracija ujetih vrzeli v donorska stanja deformiranih vezi okrog bingljajočih vezi

p_{tBp} ...koncentracija ujetih vrzeli v spodnja stanja bingljajočih vezi s pozitivno korelacijsko energijo

p_{tBn} ...koncentracija T_3^+ defektov z negativno korelacijsko energijo.

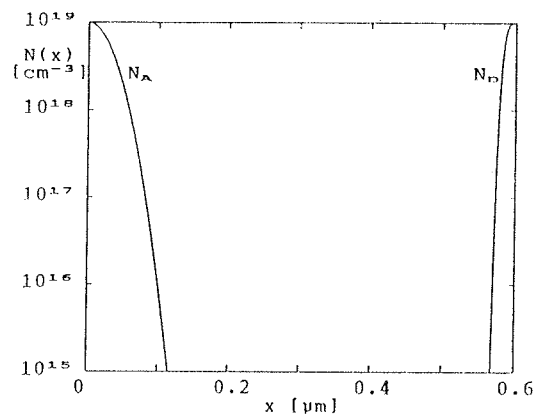
S tem, ko smo nakazali pot za izračun n_t in p_t , lahko preidemo k diskretizaciji Poissonove enačbe. To je nelinearna diferencialna enačba drugega reda. Da je ustrezna za učinkovito numerično reševanje, je potrebno izvesti najprej linearizacijo z razvitjem v Taylorjevo vrsto. Poseben problem in pomembna razlika v primerjavi z monokristalnim silicijem nastopi pri izračunu odvoda $d\rho/ds$, $\sigma\alpha\phi$ in $\rho(\xi, s)$ ναστοπατα κονχεντραχιφι v_t in p_t , pri katerih je odvisnost od potenciala preveč zapletena, da bi bilo smiselno analitično odvajanje. Pri izračunu numeričnega odvoda smo uporabili izboljšano sekantno metodo.

Pri diskretizaciji kontinuitetnih enačb smo uporabili metodo, ki vključuje Bernoullijevo funkcijo. S tem je znotraj posameznih segmentov strukture upoštevana eksponentna odvisnost koncentracij elektronov in vrzeli od potenciala. Razmere v segmentih strukture so tako realneje opisane, izboljšana je točnost računanja in hitrost konvergence. Prednost te metode je tudi v tem, da nad rekombinacijskim členom znotraj segmentov ni potrebna integracija, kot pri večini ostalih metod. Vrednost rekombinacijskega člena se namreč znotraj segmentov lahko znatno spreminja, kar prinese pri izračunu numeričnega integrala precejšnjo napako.

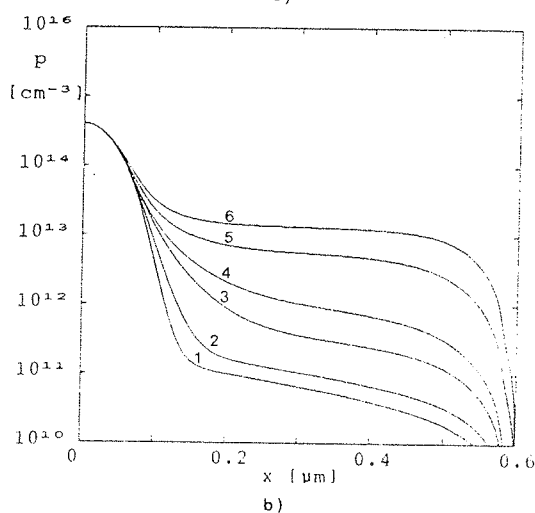
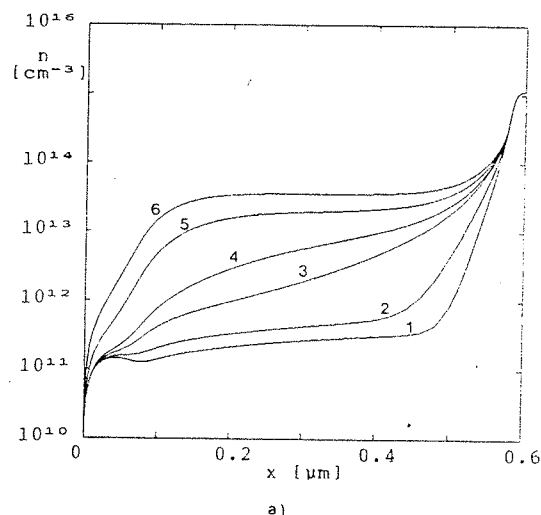
3. ANALIZA OSVETLJENE p-i-n STRUKTURE a-Si:H SONČNE CELICE

Kot primer smo analizirali p-i-n strukturo amorfnega silicija, prikazano na sliki 3.

Takšna struktura je tipična pri depoziciji a-Si:H na stekleno podlago, kjer najprej deponiramo p^+ plast z dodajanjem diborana. Zaradi prerazporeditve šibko vezanih borovih atomov p-i prehod ni stopničast. Analizirali smo osvetljeno strukturo. Svetloba jakosti enega sonca AM1 je vpadala skozi steklo na p^+ plast. Slika 4 prikazuje krajevni potek koncentracij prostih elektronov in vrzeli pri različnih zunanjih prednapetostih. Te koncentracije so precej nižje, kot jih srečamo pri monokristal-



Slika 3: krajevna porazdelitev koncentracije primesi v obaravnani p-i-n strukturi a-Si:H SC

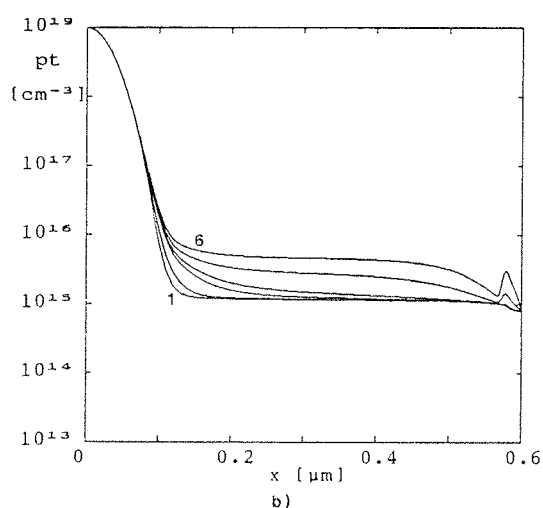
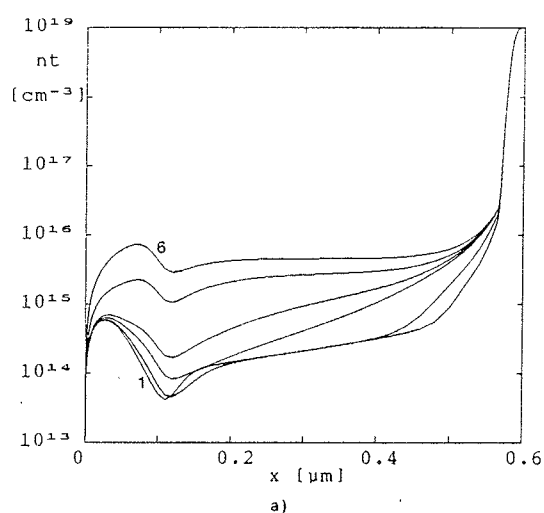


Slika 4: krajevni potek koncentracij:

a) prostih elektronov

b) prostih vrzeli pri različnih zunanjih prednapetostih

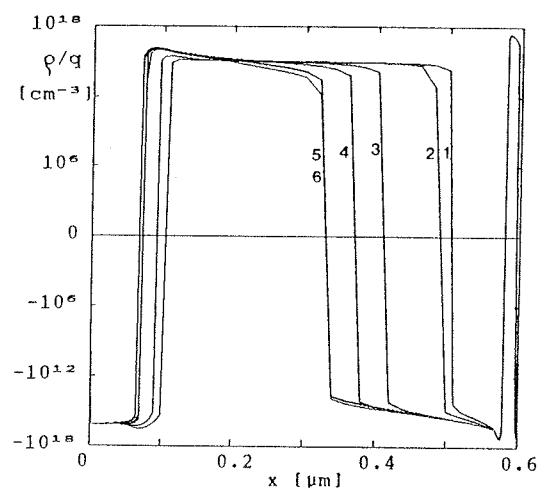
nem siliciju. Prvi vzrok temu je nižja intrinzična koncentracija n_i zaradi širšega prepovedanega pasu v amorfnem siliciju, ki je tipično 1.5-2.0 eV (v obravnavanem primeru 1.8V). Drugi razlog pojasnjuje slika 5: večina prostih nosilcev je ujetih v lokalizirana stanja znotraj mobilnostne reže.



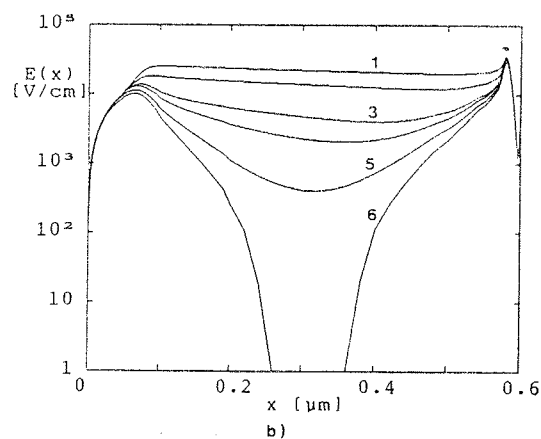
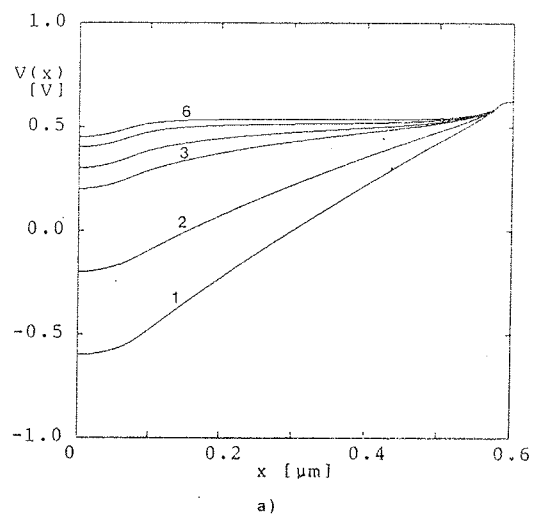
Slika 5: krajevni potek koncentracij:
 a) ujetih elektronov v lokalizirana stanja
 b) ujetih vrzeli v lokalizirana stanja pri različnih zunanjih prednapetostih

Na sliki 6 je prikazan potek prostorskega naboja v p-i-n strukturi. Glavni prispevek k prostorskemu naboju, še posebej v i-plasti, imajo prav lokalizirana stanja. Negativen prostorski naboj v p^+ plasti in pozitiven v n^+ plasti sta zelo velika in posledica tega je močno vgrajeno električno polje (slika 7) skozi celotno p-i-n strukturo. To igra pomembno vlogo pri prehajanju generiranih prostih nosilcev s kratko življenjsko dobo skozi strukturo.

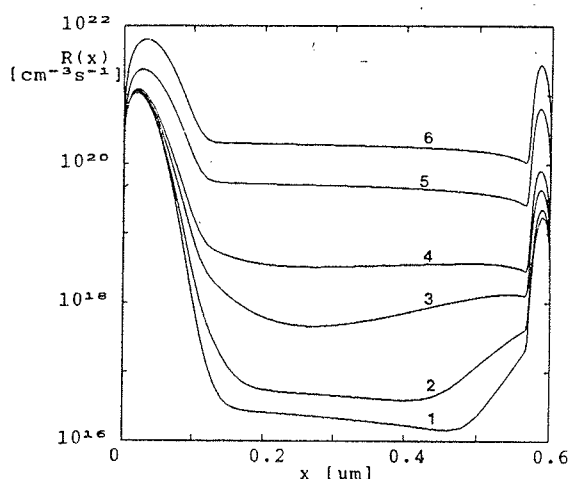
Posledica strukturnih napak v a-Si:H je tudi izredno visoka stopnja rekombinacij (slika 8), ki še posebej narastejo v dopiranih plasteh, kjer se tudi gostota dovoljenih energijskih stanj v mobilnostni reži še dodatno poveča. Pri analizi je bila skladno



Slika 6: prostorski naboj v osvetljeni p-i-n a-Si:H strukturi pri različnih zunanjih prednapetostih



Slika 7: krajevni potek:
 a) potenciala
 b) električnega polja v osvetljeni p-i-n a-Si:H strukturi pri različnih zunanjih prednapetostih



Slika 8: krajevni poteki rekombinacij

z eksperimentalnimi ugotovitvami upoštevana korenska odvisnost naraščanja gostote stanj od dodanih primesi

$$g_{\max}(N) = g_{\max}(N=0) (1 + K_t N^{1/2}), \quad (17)$$

kjer je

$g_{\max}$...maksimalna gostota določene vrste stanj

N ...koncentracija primesi, ki vplivajo na povečanje gostote stanj

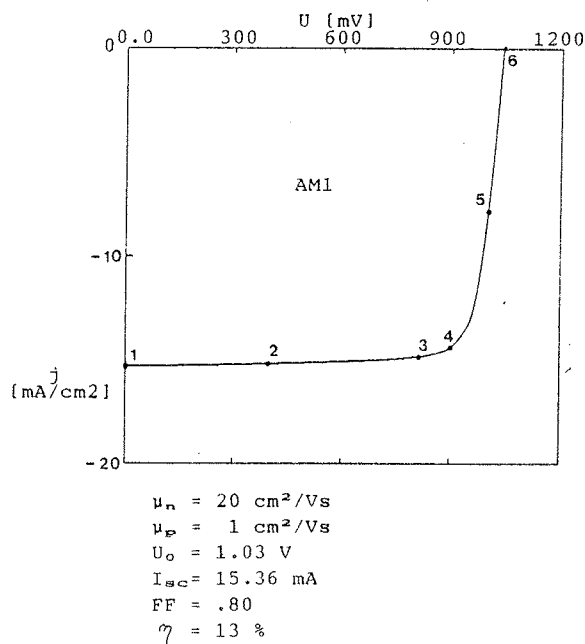
K_t ...izbrana konstanta.

Konstanta K_t je izbrana tako, da se pri koncentraciji primesi v razredu $N = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, maksimalna gostota stanj defektov poveča za približno 100-krat, maksimalna gostota stanj repov pa 10-krat.

Rezultat celotne analize osvetljene p-i-n strukture je I-U karakteristika (slika 9). Napetost odprtih sponk je pri amorfni silicijevih sončnih celicah višja kot pri monokristalnih, kratkostični tok pa je nižji. Zaradi strukturnih napak v a-Si:H je polnilni faktor slabši, razlog za nizek izkoristek je tudi v slabši gibljivosti nosilcev.

4. ZAKLJUČEK

V predstavljenem delu so podane predvsem nekatere posebnosti, oz. razlike, ki se pojavijo v primerjavi s podobnimi analizami pri monokristalnem siliciju.



Slika 9: I-U karakteristika osvetljene (AM1) p-i-n strukture a-Si:H sončne celice

5. LITERATURA

- (1) M.Hack and M.Shur, J.Appl.Phys. 58, 997-1020, (1985)
- (2) J.I.Pankove (Volume Editor), Semiconductors and semi-metals, Volume 21, Hydrogenated Amorphous Silicon, Part A-C, (1984)
- (3) P.Viscor, Journal of Non-Crystalline Solids, vol. 77&78, 37-46, (1985)
- (5) J.Robertson, J. of Non-Crystalline Solids, vol. 77&78, 37-46, (1985)
- (6) D.Adler, Solar Cells 21, 439-448, (1987)
- (7) F.Vaillant and D.Jousse, Mat.Res.Soc.Symp., Proc.Vol. 70, 143-147, (1986)
- (8) S.Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices, Springer-Verlag Wien New York, (1984)
- (9) F.Smole, J.Furlan, S.Amon, Zbornik referatov XV. jugoslovanskega posvetovanja o mikroelektroniki, Banja Luka, 277-284, (1987)
- (10) F.Smole, J.Furlan, S.Amon, Zbornik referatov XVI. jugoslovanskega posvetovanja o mikroelektroniki, Zagreb, 437-44

mag.F. Smole, dipl.ing
 Prof.dr. J. Furlan, dipl.ing.
 Prof.dr.S. Amon, dipl.ing.
 D. Senčar, dipl.ing.
 Fakulteta za elektrotehniko,
 Laboratorij za nelinearne elemente,
 Tržaška 25, Ljubljana

DEFEKTI V POLPREVODNIŠKEM SILICIJU

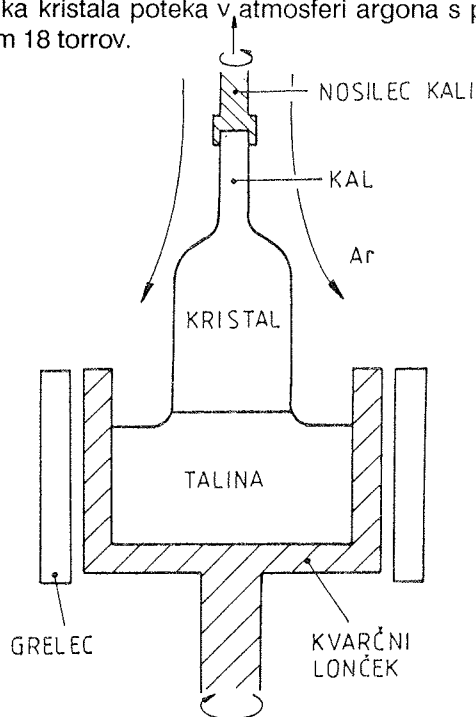
Miran Kramberger

1. UVOD

Silicijev monokristal je osnova za izdelavo večine diskretnih polprevodniških elektronskih elementov ter integriranih vezij. Komercialno ga pridobivamo s kristalizacijo izredno čistega polikristalnega silicija z upornostjo do $3 \times 10^4 \text{ ohm cm}$ po metodi Czochralski. Po tej metodi lahko pridobimo monokristale silicija v obliki valjev s premerom do 8 inch in upornostmi med $1 \text{ m } \Omega \text{ cm}$ ter $70 \text{ } \Omega \text{ cm}$. Kot dopant za osnovno dopiranje monokristala uporabljamo za p tip - bor, za n tip pa fosfor, arzen ali antimon. Surov monokristal je v sedanjem času brez zlogovnih napak, dvojčkov ali dislokacij, vsebuje pa točkaste defekte, ki pri poznejši obdelavi silicija tvorijo predvsem mikrodefekte v obliki mikro-dvojčkov, zlogovnih napak, precipitativ SiO_x faze in dislokacij.

2. VLEKA SI MONOKRISTALA PO METODI CZOCHRALSKI

Silicijev polikristal stalimo v kvarčnem lončku. Do tališča silicija 1420° C segrevamo z grafitnim grelcem, po katerem teče enosmerni električni tok. Vleka kristala poteka v atmosferi argona s pritiskom 18 torrov.



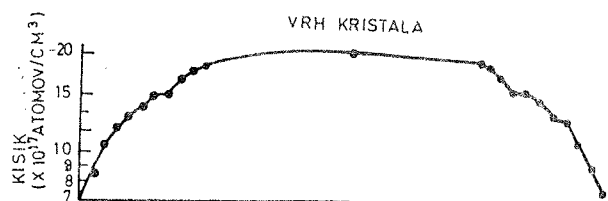
Slika 1: prikaz metode vlečenja monokristala po metodi Czochralski

V talino pomočimo kristalografsko orientirano monokristalno kal in jo počasi vlečemo iz taline. Lonček s talino in kal rotirata v nasprotnih smereh. Tipična hitrost vleke kristala je 3 inch/uro.

Tako izvlečen silicijev monokristal ima kristalografsko orientacijo kralja. Običajno pridobivamo kristale z orientacijo osi v kristalnih smereh $\langle 1,1,1 \rangle$, $\langle 1,0,0 \rangle$ ali $\langle 1,1,0 \rangle$. Večina defektov, že vgrajenih v surov monokristal, je posledica metode vlečenja.

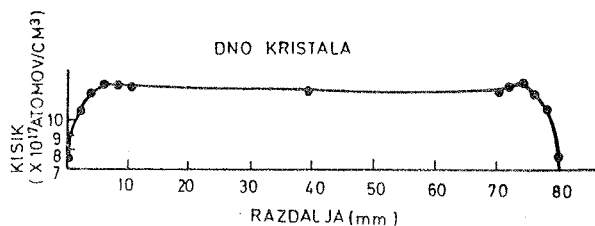
3. OGLJIK IN KISIK V KRISTALU

Talina je v kvarčnem lončku, ki je obdan z vročimi grafitnimi deli. Talina silicija razjeda kvarc z reakcijo $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiO}$, zato so v talini molekule ali skupki molekul SiO . Konvekcijski tokovi v talini nosijo SiO proti gladini. Na področju proste gladine SiO izhlapeva, na področju stika med monokristalom in talino pa se SiO vgrajuje v kristalno strukturo. Porazdelitev intersticijskega kisika po premeru kristala ima v zgornjem delu kristala zaradi močnejših tokov v talini obliko, prikazano na sliki 2.



Slika 2: porazdelitev kisika po premeru kristala na vrhu

Pri dnu telesa kristala postane gibanje taline zaradi majhnega volumna oteženo, zato ima prečna porazdelitev intersticijskega kisika obliko, prikazano na sliki 3.

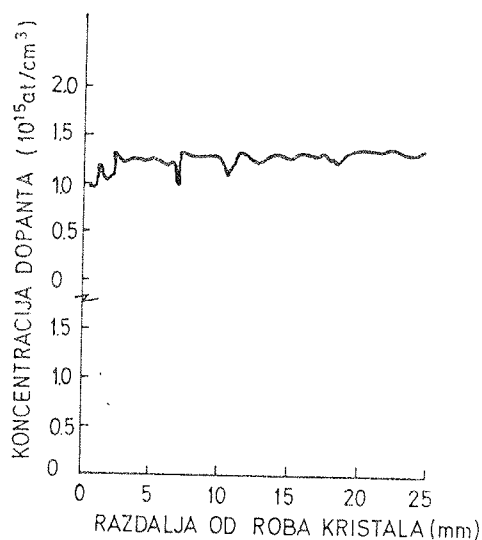


Slika 3: porazdelitev kisika po premeru kristala na dnu

Tudi maksimalne koncentracije intersticijskega kisika se spreminjajo v odvisnosti od dolžine že iz vlečenega kristala. V zgornjem delu je eroziji taline izpostavljen večji del kvarčnega lončka, zato je talina bolj nasičena s kisikom in je najvišja koncentracija intersticijskega kisika približno dvakrat višja kot v spodnjem delu in znaša povprečno 8×10^{17} atom/cm³.

Ob telesu kristala piha argon, ki kristal hladi in odnaša pare ter delčke SiO stran od gladine taline in stika med kristalom in talino. Argon, v katerem so pare SiO, obliva vroče grafitne dele peči. Reakcija SiO z vročim grafitom poteka po reakciji $\text{SiO} + 2\text{C} \rightarrow \text{SiC} + \text{CO}$. CO se pri turbulentnem gibanju argona vnese v kristal na njegovo površino. Segregacijski koeficient med talino in kristalom znaša za kisik 1,25, za ogljik pa 7×10^{-2} , zato je koncentracija kisika v kristalu mnogo večja kot v polikristalni surovini, koncentracija ogljika pa je le neznatno višja in znaša okrog 1×10^{16} atomov/cm³.

Tvorba defektov v kristalu se prične že ob kristalizaciji taline. Le-ta ne poteka enakomerno po vsej stični ploskvi med kristalom in talino, marveč poteka kristalizacija prek drobnih kristalizacijskih centrov z velikostnim redom 0,1 mm. Ker kristal rotira okoli osi, potujejo ti centri prek področij z različno temperaturo, saj izoterme niso simetrične. Kristalizacijska jedra se zapored talijo in znova kristalizirajo. To je vzrok, da jedra emitirajo v okolico atome kisika ter posrkajo vase atome dopanta, ki imajo segregacijske koeficiente: fosfor - 0.35, bor - 0.8, arzen - 0.3 ter antimon - 0.023. S tem nastajajo tako imenovani vrtnični defekti, ki imajo zaradi rotacije kristala osno simetrijo.



Slika 4: spreminjanje upornosti kristala po premeru

Na sliki 4 je prikazano spreminjanje upornosti kristala po premeru - striacije, ki je posledica nehomogene kristalizacije.

Če privzamemo, da so kristalizacijska jedra okrogla s polmerom r , je prosta energija tvorbe jedra ΔG :

$$\Delta G = -\left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 L \Delta T / T_m + 4 \pi r^2 \delta$$

δ - površinska napetost med talino in kristalom

L - specifična talilna toplota

T_m - temperatura tališča

ΔT - podhlajenje

Če je kritični polmer $r^* = 28 T_m / L \Delta T$, dobimo

$$\Delta G^* = \frac{16}{3} \pi \left(\frac{T_m}{L} \right)^2 s^3 / (\Delta T)^2$$

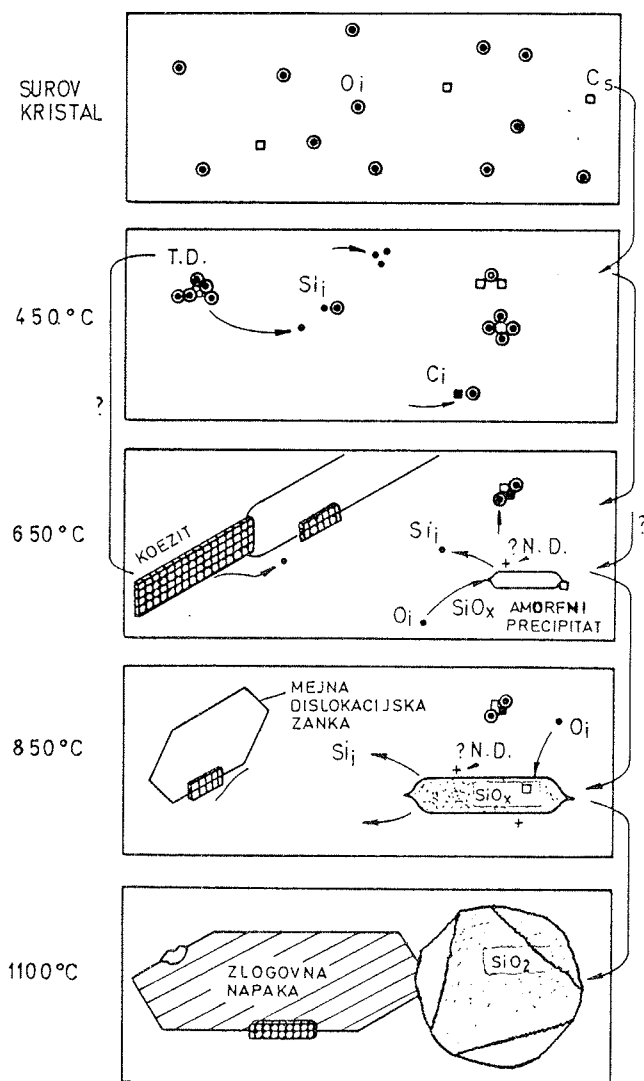
Ravnovesna koncentracija kristalizacijskih jeder n , je

$$n = N e^{-\frac{\Delta G^*}{k T_m}}$$

N - število atomov/cm³.

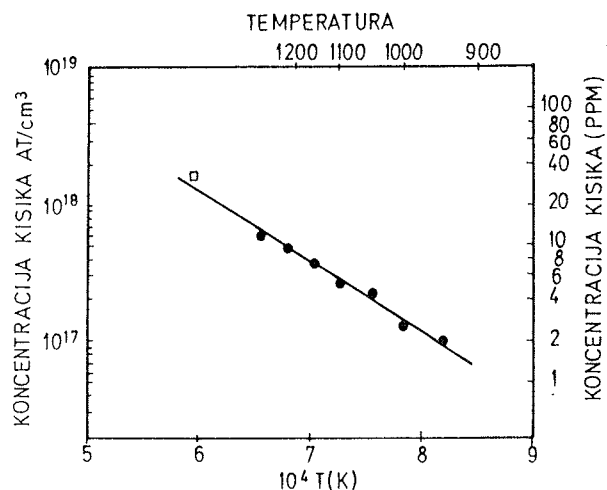
Površinsko napetost med talino in kristalom ocenjujejo na okoli 0,2 J/m² pri čistem siliciju. Če vzamemo za gostoto kristalizacijskih jeder 10^3 - 10^4 /cm³, bi morala biti lokalna podhladitev reda velikosti 100 K, da bi se tvorila jedra, kar pa je neverjetno. Vsebnost kisika v talini pa močno zmanjša površinsko napetost, zato je potrebna lokalna podhladitev, manjša kot 1K in je tvorba kristalizacijskih jeder možna. Volumen Si kristala je večji od volumna taline za okoli 10%. Rast kristalizacijskih jeder povzroča nabiranje Si intersticijskih atomov v njihovi okolici, ki se pri ohlajanju urejajo v dislokacijske zanke in pozneje v zlogovne napake. Vpliv točkastih defektov na poznejšo rast večjih defektov je mnogo bolj izrazit pri kristalih brez dislokacij, saj dislokacije delujejo kot ponor za Si intersticijske atome, hkrati pa preprečujejo večje lokalne podhladitve. Pri procesu ohlajanja kristala na sobno temperaturo iz aglomeracij točkastih defektov rastejo kristalografski defekti, kot so zlogovne napake, precipitati SiO_x, mikrodvojčki ter donorski kompleksi.

Toplotna obdelava kristala pri temperaturi 450° C povzroča tvorbo kisikovih donorskih kompleksov z verjetno stehiometrijo SiO₄. Tvorba kristalografskih defektov se prične pri toplotnih obdelavah pri temperaturi 650° C.

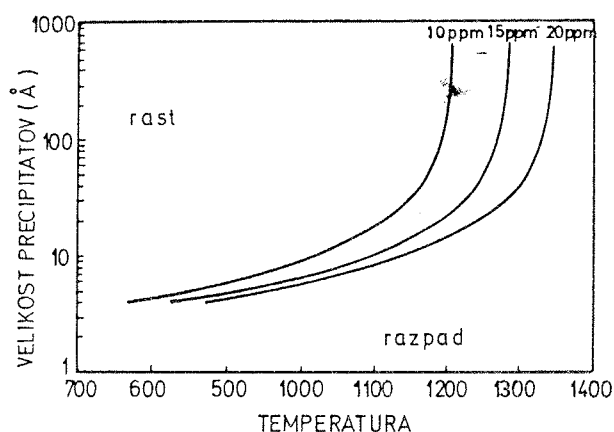


Slika 5: model precipitacije kisika v kristalu pri ohlajanju in dodatnih toplotnih obdelavah pri različnih temperaturah

Pri tej temperaturi nastajata dve vrsti defektov: kristalinična faza SiO_2 - koezit ter amorfni precipitati SiO_x . Koezit nastopa v obliki palic v smereh $\langle 1,1,0 \rangle$, z mejnimi ploskvami v ravninah $(1,0,0)$. Velikost teh palic je okoli 100 nm. Ploščati SiO_x precipitati ležijo v ravninah $(1,0,0)$ in imajo premer okrog 1,5 nm. Obe obliki defektov sta koherentni tvorbi, v okolici pa napenjata kristalno mrežo. Ta napetost se delno sprošča z emisijo Si intersticijev v okolico pri rasti precipitata. Na prispeli kisikov atom se sprostijo 0,3 silicijevega atoma.



Slika 6: nasičena koncentracija kisika v Si monokristalu v odvisnosti od temperature

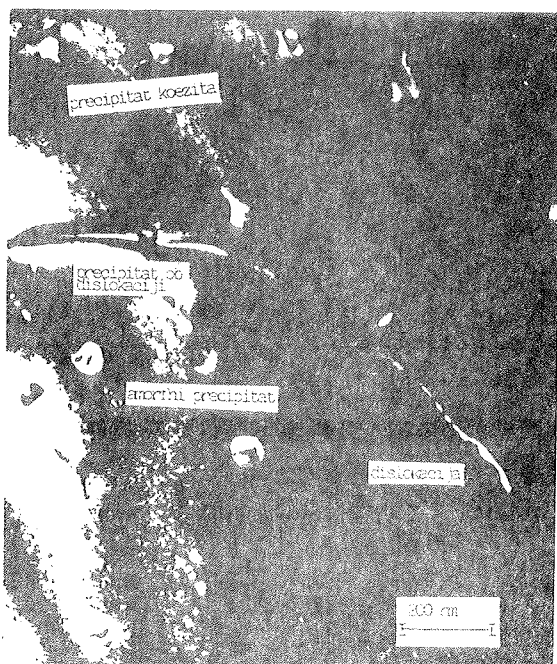


Slika 7: kinetika rasti precipitativov v SiO_x faze pri različnih temperaturah. Parameter na sliki je začetna koncentracija intersticijskih atomov kisika v kristalu

Pri temperaturah od 700 - 900 °C izgine kristalinična SiO_2 faza, stabilni ostajajo le ploščati amorfni precipitati kvadratne oblike z robovi v smereh $\langle 1,1,0 \rangle$.

Precipitati pri rasti emitirajo v okolico 0,5 silicijevega intersticija na 1 prispeli kisikov atom. Iztisnjeni Si intersticiji tvorijo dislokacijske zanke v ravnini precipitata, ki so zametki zlogovnih napak. Dislokacijske zanke delujejo tudi kot precipitacijska jedra za kisik in nečistoče v okolici.

Pri temperaturah med 1000 in 1200° C ostajajo amorfni precipitati, vendar spremenijo obliko. Preidejo v tridimenzionalne oktaedre z mejnimi ploskvami v ravninah $\{1,1,1\}$ in oglišči v smereh $\langle 1,0,0 \rangle$. Precipitati ne napenjajo okoliške kristalne mreže, saj dovolj hitro emitirajo Si intersticijske atome. Tipična velikost teh precipitativ je 15 do 20 nm. Okrog precipitativ so dislokacijske zanke intersticijskega tipa. Kinetiko rasti precipitativ in njihovo velikost določa ravnovesna koncentracija kisikovih intersticijskih atomov pri temperaturi toplotne obdelave. Tipičen čas, potreben za vzpostavitev ravnovesja pri temperaturah pod 1100° C je 100 ur.



Slika 8: TEM posnetek Si monokristala. Vidni so precipitati koezita v obliki palic, amorfni precipitati SiO_x ter dislokacija. Precipitati so koherentni, kar dokazuje napetostni kontrast okoli njih

4. RAST ZLOGOVNIH NAPAK V SILICIJU PRI TOPLOTNIH OBDELAVAH

Aglomerati točkastih defektov delujejo kot nukleacijska jedra za rast precipitativ SiO_x faze. Pri rasti precipitati iztiskajo silicijeve atome in vsrkajo vakance, ker imajo večji volumen kot silicij. K rasti zlogovnih napak največini prispeva podnasičenost vakanc v bližini precipitata. Rast precipitativ v temperaturnem območju med 750 in 1050° C omejuje difuzija kisikovih intersticijskih atomov, saj je to najpočasnejši proces. Rast zlogovne napake podaja enačba

$$\frac{dr}{dt} = 2 \pi \frac{v}{b} \left(1 - \left(\frac{r_c}{r}\right)^2\right)^{1/2} \frac{CD}{\ln \frac{8r}{r_c}}$$

$CD = g_v(C_{ve} - C_v) D_v + g_i(C_i - C_{ie}) D_i$
 b - Burgerjev vektor mejne parcialne dislokacije ($3,14 \times 10^{-8}$ cm)

$D_v D_i$ - difuzijski koeficient vakanc in Si intersticijev

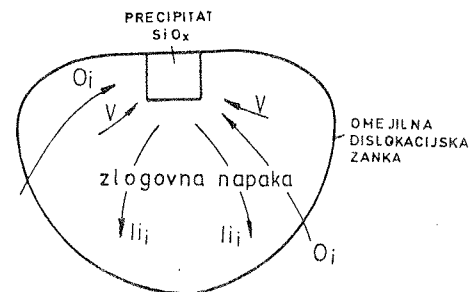
v - volumen točkastega defekta (2×10^{-23} cm³)

g - delež pri rasti zlogovnih napak (med 0 in 1)

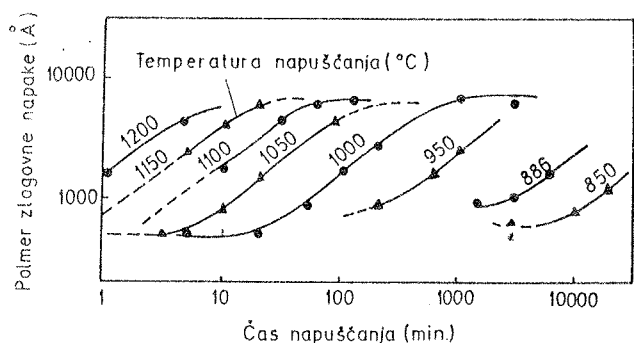
C_{vi} - koncentracija vakanc ter Si intersticijev

C_{veie} - ravnovesna koncentracija vakanc in Si intersticijev

r_c - polmer zlogovne napake

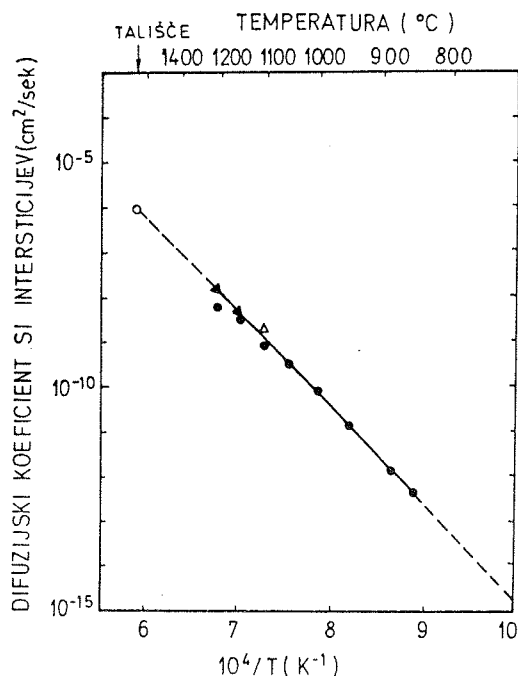


Slika 9: model rasti zlogovne napake pri rasti precipitata SiO_x faze

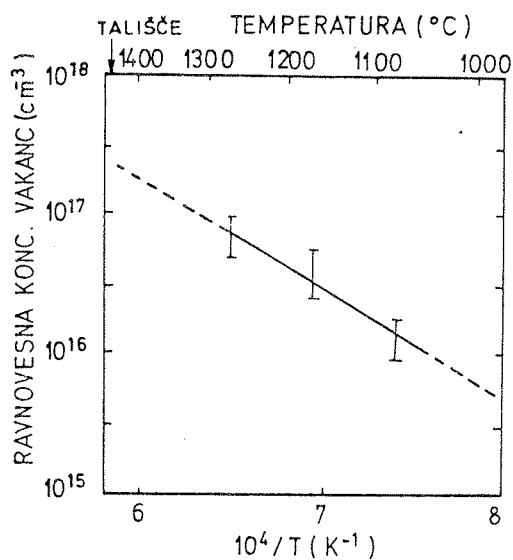


Slika 10: slika podaja kinetiko rasti zlogovne napake pri različnih temperaturah toplotnih obdelav Si monokristala

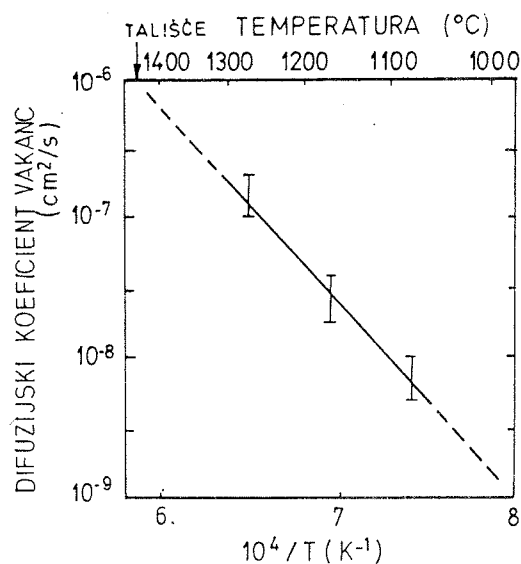
Na slikah so podane odvisnosti D_v , D_i , C_{ve} od temperature.



Slika 11: temperaturna odvisnost difuzijskega koeficienta Si intersticijskih atomov



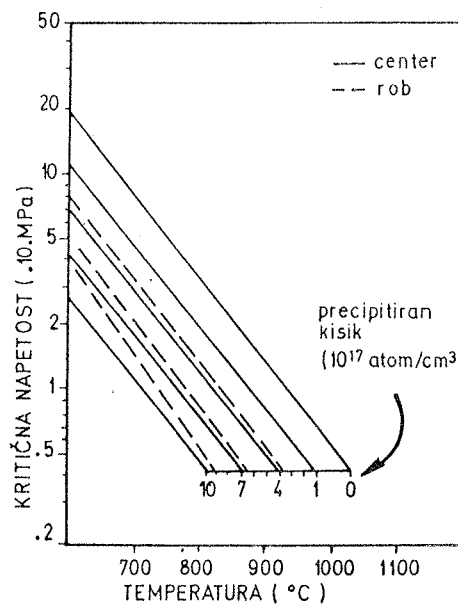
Slika 12: temperaturna odvisnost ravnovesne koncentracije vakanc v monokristalu



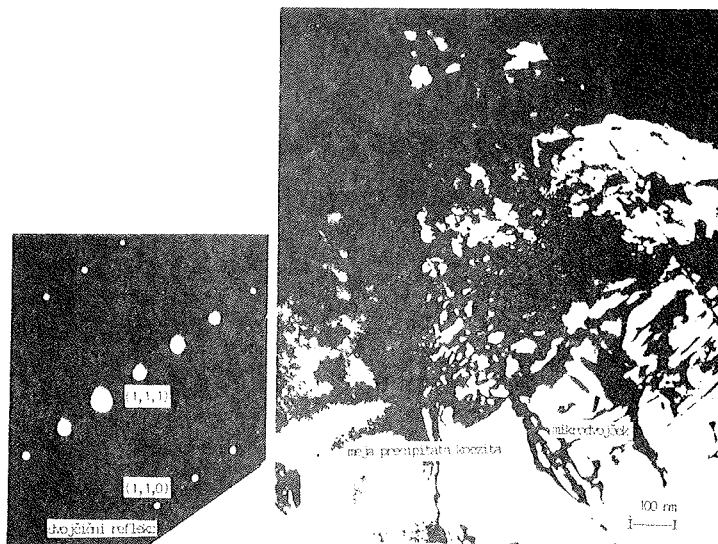
Slika 13: temperaturna odvisnost difuzijskega koeficienta vakanc v Si monokristalu

5. NASTANEK ZLOGOVNIH NAPAK PRI MEHANSKIH OBREMENITVAH KRISTALA

Mehanske napetosti v kristalu povzročajo elastične deformacije, dokler ne dosežejo kritičnih vrednosti. Na kritično vrednost napetosti vplivata temperatura in koncentracija intersticijskega kisika, ki preprečuje zdrse kristalografskih ravnin.



Slika 14: temperaturna odvisnost kritične napetosti v Si monokristalu. Parameter je koncentracija intersticijskega kisika v monokristalu



Slika 15: na sliki je TEM posnetek mikrodvojčka ter meja med precipitatom koezita in kristalom. Uklonski refleksi kažejo na to, da je ravnina dvojčenja (1,1,1)

Silicij kristalizira v diamantno strukturo, za katero so značilne dvojčične in zdrsne ravnine tipa (1,1,1). Pri mehanskih napetostih v temperaturnem območju med 400 in 700° C manjših kot 260 MPa se pojavljajo le zdrsi ravnin, dvojčenje pa se pojavi pri napetostih večjih kot 300 MPa. Dvojčična ravnina je sestavljena iz zaporednih dvojčičnih parcialnih dislokacij z Burgerjevim vektorjem $\vec{b} = 1/6 \langle 1,2,1 \rangle$. Le-te nastanejo z disociacijo zdrsnih dislokacij z Burgerjevim vektorjem $\vec{b} = 1/2 \langle 0,1,1 \rangle$ prek reakcije

$$\frac{1}{2} [011] \rightarrow -\frac{1}{6} [12\bar{1}] + \frac{1}{6} [\bar{1}12]$$

do tako velikih mehanskih napetosti pride pri hitrem ohlajanju ali segrevanju rezin Si monokristala.

6. ZAKLJUČEK

Mikrostrukturni defekti v monokristalnem siliciju izhajajo povečini iz aglomeracij točkastih defektov, nastalih pri kristalizaciji taline in ohlajanju kristala. To so precipitati SiO_x faze, dislokacije in zlogovne napake. Ostali defekti, kot so dvojčenje in zdrsi kristalografskih ravnin se pojavijo pri mehanskih obremenitvah kristala ali kot posledica temperaturnih gradientov v kristalu. Z ustrezno toplotno obdelavo lahko pripravimo monokristalne rezine brez vseh defektov in tako eliminiramo njihov vpliv na električne lastnosti. To je vzrok, da ostaja monokristalni silicij osnova tudi za izdelavo ULSI integriranih vezij.

7. LITERATURA

1. A. Remigliato, D. Nobili, and S. Solmi, A. Bourret, P. Verner ELECTRON MICROSCOPY OF AS SUPERSATURATED SILICON
2. H. L. Tsai, E. E. Stephens and F. O. Mayer OXYGEN PRECIPITATION IN HEAVILY BORON-DOPED SILICON CRYSTALS
3. L. D. Marks, D. J. Smith HREM AND STEM OF DEFECTS IN MULTIPLY-TWINNED PARTICLES
4. S. E. Bradshaw, J. Goorissen SILICON FOR ELECTRONIC DEVICES
5. H. M. Liaw OXYGEN AND CARBON IN SILICON CRYSTALS
6. K. Yasutake, S. Shimizu, H. Kawabe ANALYSIS OF THE EFFECTIVE STRESSES ACTING ON TWINNING PARTIAL DISLOCATIONS IN SILICON
7. K. Yasutake, S. Shimizu, M. Umeno, H. Kawabe VELOCITY OF TWINNING PARTIAL DISLOCATIONS IN SILICON
8. A. E. Widmer, W. Rehwald THERMOPLASTIC DEFORMATION OF SILICON WAFERS
9. L. Jastrzebski, R. Loydan, J. Mc Ginn, R. Kleppinger, M. Blumenfelt, G. Gillespie, N. Armour, B. Goldsmith, W. Henry, S. Vacumba A COMPARISON OF INTERNAL GETTERING DURING BIPOLAR, CMOS, AND CCD (HIGH, MEDIUM, LOW TEMPERATURE) PROCESSES
10. R. A. Craven, H. W. Korb INTERNAL GETTERING IN SILICON
11. B. Leroy, C. Plougouven WARPAGE OF SILICON WAFERS
12. K. Wada, N. Inoue POINT DEFECTS AND STACKING FAULT GROWTH IN SILICON
13. L. C. Kimerling, J. M. Parsey THIRTEEN INTERNATIONAL CONFERENCE IN DEFECTS IN SEMICONDUCTORS
14. J. Narayan, T. Y. Tan MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIA PROCEEDINGS DEFECTS IN SEMICONDUCTORS

mag. Miran Kramberger, dipl. ing.
ISKRA ELEMENTI,
TOZD Polprevodniki
Trbovlje, Gabersko 12

POVRŠINSKA ZAŠČITA OPTIČNIH VLAKEN

Jože Brvar

1. UVOD

Površino optičnih vlaken, ki se uporabljajo v telekomunikacijah, je treba zaščititi s polimernimi masami, zato da dosežemo zadovoljivo mehansko trdnost, podaljšamo življenjsko dobo (najboljša zaščita zagotavlja delovanje vlaken tudi prek 30 let), da zmanjšamo možnost preostrega zvijanja vlakna, in da povečamo obstojnost na abrazijo. Materiali za zaščito morajo torej ustrezati raznolikim fizikalnim in kemijskim kriterijem zaradi posebnih tehnik nanašanja in zaradi vpliva na zahteve končne karakteristike svetlobnih vodnikov. Na primer: steklo morajo dobro omakati, imeti morajo dobro oprijemljivost, njihovi polimeri pa morajo biti kemijsko odporni, še zlasti proti nabrekanju, ki nastopa ob prisotnosti vode. Pod vplivom UV svetlobe ali toplote morajo hitro polimerizirati, kar omogoča velike hitrosti vlečenja. Tem zahtevam ustrezajo: akrilati, imidi, nekateri acetati, delno silikoni in njihovi ustrezno modificirani produkti. Na steklena vlakna se nanašajo med postopkom vlečenja in sicer v enem ali več slojih.

V področju za optične komunikacije Centra za elektrooptiko smo razvili tehnike za nanos enojne silikonske in poliimidne ter dvojne akrilatne zaščite. Največ vlaken zaščitimo z uretan in epoksi akrilati, medtem ko silikonsko zaščito uporabljamo le za specifične zahteve.

2. SILIKONSKA ZAŠČITA

Kemijsko gledano so to dvokomponentni pripravki, raztopine alkilsilanov v reaktivnih topilih. Njihove polimere odlikujejo velika inertnost na vlogo, skoraj zanemarljiva depolimerizacija in možnost spreminjanja lomnega količnika v širokem območju. Ta je lahko višji od kvarčnega stekla, kar omogoča zaščito vlaken s profiliranim steklenim jedrom, ali pa nižji od kvarca, kar pa omogoča izdelavo PCS vlakna (plastic clad silica).

Masovnejšo uporabo silikonov, kot primarno zaščito omejujejo:

- * relativno dolgi časi utrjevanja (15 min pri temperaturi 150° C), kar omejuje hitrost vlečenja vlakna,
- * lepljiva površina zaščite, kljub popolni zamre-

žitvi, kar predstavlja težave pri previjanju in kabliranju,

- * SiH skupine so potencialni izvor H⁺ ionov, ki vplivajo na povečanje dušenja v vlaknu.

3. POLIIMIDNA ZAŠČITA

Poliimidi so novejši materiali, ki polimerizirajo pri relativno visokih temperaturah (350° C). Zaščitni filmi so zelo tanki (2 - 5 μ m) in niso optično aktivni. Vlakna, zaščitena s temi premazi, se uporabljajo v aplikacijah pri povišanih temperaturah (do 600° C). Čistost in homogenost tega materiala je še vedno vprašljiva, kar se odraža na poslabšanih mehanskih lastnostih tako zaščenega vlakna.

4. AKRILATNA ZAŠČITA

Polimerni sistem z akrilatnimi funkcionalnimi skupinami so za zaščito optičnih vlaken najustrežnejši pa tudi najbolj raziskani. Utrjujejo pod vplivom UV svetlobe, v nasprotju s silikoni polimerizirajo zelo hitro (čas popolne konverzije je 1 s pri dovedeni energiji 3 J/cm²), kar dopušča velike hitrosti vlečenja (do 300 m/min). Po utrjevanju so zaščitni sloji nelepljivi, trdni in stabilni v zahtevanem temperaturnem območju od -65° C do +80° C. Zaradi nelepljive in gladke površine akrilati povsem ustrezajo tako pogojem masovne proizvodnje optičnih vlaken kot zahtevam modernega kabliranja. Tipične akrilatne zaščitne premaze sestavljajo:

- * oligomerne komponente, ki predstavljajo osnovo premazov in se lahko razlikujejo po strukturi glavne verige, funkcionalnosti in molekularski teži (epoksi, poliestri, polietri, poliester-uretan, polieter-uretan). Le-ti so zaestreni z akrilno kislino, oz. obdelani z diizocianatom ali hidroksiakrilatom.
- * aktivna razredčila, ki so lahko mono- ali večfunkcionalna, znižujejo viskoznost premaznega sistema in z oligomerom utrjujejo. Takšna aktivna razredčila so lahko: trimetilpropen triakrilat, heksandiol diakrilat, trietilenglikol akrilat, neopentilglikol diakrilat, tetraetilenglikol diakrilat, hidroksietil akrilat, etoksietil akrilat, N-vinilpirolidon, itd.
- * fotoiniciatorji: pod vplivom svetlobe (λ = 300 - 400 nm) tvorijo proste radikale, ki sprožijo

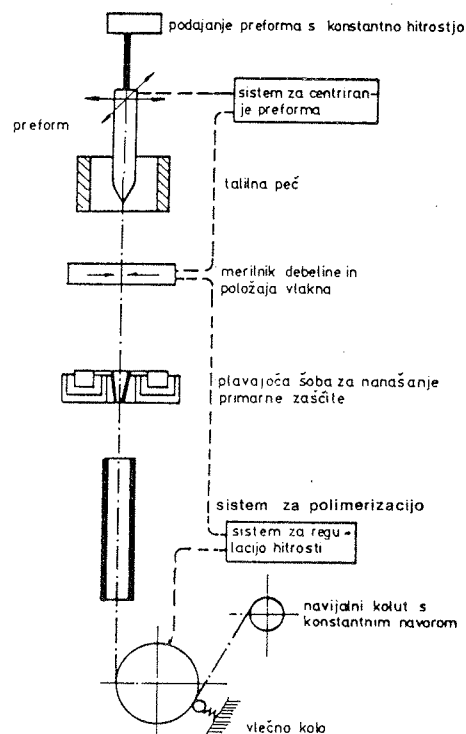
polimerizacijo in nadaljnje zamreženje. Izbira tipa in koncentracije bistveno vpliva na potek in stopnjo polimerizacije, s tem pa tudi na fizikalne lastnosti polimera (trdoto, raztezek, natežno trdnost, elastični modul, T_g , itd). Takšni fotoiniciatorji so: benzoinizopropileter, dietoksiacetofenon, benzildimetil ketal, benzil-O-etoksikarbonil monoksim, benzofenon/N-N dimetil etanol amin.

- * inhibitorji, ki preprečujejo polimerizacijo v času skladiščenja in nanašanja (monoetileterhidrokinon, hidrokinon, ferotiazin).
- * dodatke za uravnavanje tečenja
- * dodatke za adhezivnost
- * dodatke za prenos polimerne verige
- * dodatke za površinske efekte
- * mehčala
- * druge reaktivne dodatke
- * barvila

S kombinacijo vrste in količine naštetih komponent lahko pod enakimi pogoji polimerizacije dobimo celoten spekter utrjenih premazov z različnimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi.

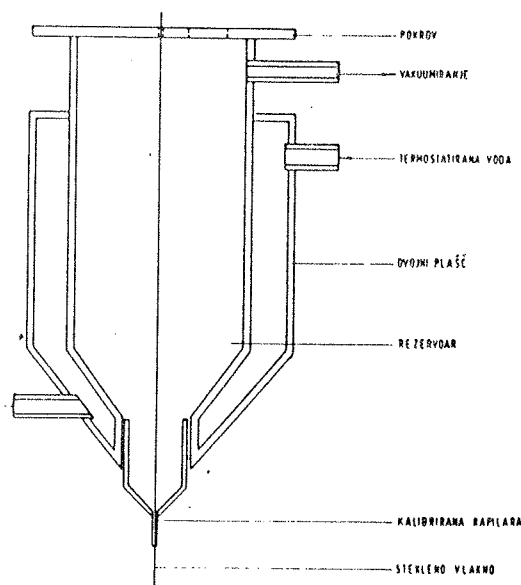
5. TEHNIKA NANOSA

Še nekaj besed o tehniki nanosa primarne zaščite na optična vlakna. Osnova za izdelavo vlaken je surovec (preform), ki ga izdelamo po metodi MCVD (modificirana kemijska parna depozicija). Surovec izvlečemo v vlakno na vlečnem stolpu (slika 1). V isti liniji vlakna (debeline $125\ \mu\text{m}$) prevlečemo s primarno zaščito (običajno v dveh slojih, prvi je mehkejši, drugi trši) s pomočjo posebne naprave, ki jo imenujemo aplikator za primarno zaščito (slika 2). Ta priprava je sestavljena iz rezervoarja in kalibrirane kapilare. Doziranje zaščitnega premaza je avtomatsko, tvorba zaščitnega filma (debelina $60 - 70\ \mu\text{m}$) pa poteka pod pritiskom ($0,5 - 2\ \text{bar}$). Konstrukcija aplikatorja je takšna, da zagotavlja vse potrebne hidrodinamske pogoje za tvorbo kompaktnega in enakomernega zaščitnega filma po vsej dolžini vlakna. Centričnost zaščitnega sloja, glede na vlakno (toleranca $\pm 5\ \mu\text{m}$), dosežemo s pomikanjem aplikatorja z mikromanipulatorji, ob hkratni kontroli s pomočjo posebnega laserskega merilca. Sledi polimerizacija s pomočjo UV svetlobe (naprava je shematično prikazana na sliki 3) ali z vplivom povišane temperature, pač odvisno od izbranega tipa zaščite.



Slika 1: shema vlečnega stolpa

Trenutno izdelujemo optična vlakna s primarno zaščito s hitrostjo $90\ \text{m/min}$. V načrtovanem industrijskem pogonu pa bomo na višjih stolpih za vlečenje dosegli hitrosti okrog $180\ \text{m/min}$.



Slika 2: aplikator za primarno zaščito

6. ZAŠČITENA OPTIČNA VLAKNA

V redni proizvodnji imamo tri tipe optičnih vlaken. Za PCS uporabljamo silikonske premaze, za mono in mnogorodovna pa akrilatne.

PCS optično vlakno ima stopničasti profil lomnega količnika v izvedbi steklo/silikonski polimer. To je svetlobni vodnik, ki se uporablja za prenos omejenega števila informacij na relativno kratkih razdaljah (povezave med računalniškimi terminali v zaprtih prostorih, prenos informacij v letalih, avtomobilih in plovilih). Prednost PCS vlakna je v enostavni izdelavi (izognemo se izdelavi preforma) in temu sorazmerno nizki ceni.

Optične lastnosti, ki jih dosežemo pri takšni izvedbi vlakna, so:

- * slabljenje pri 850 nm: manj kot 10 dB/km
- * pasovna širina pri 850 nm: 40 MHz.km
- * numerična apertura: 0,39

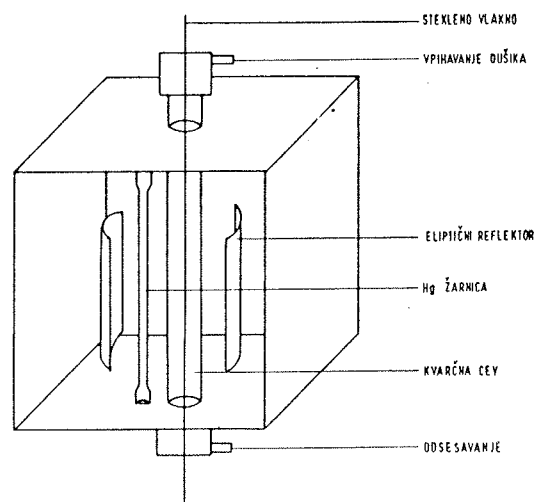
Optične karakteristike mnogorodovnih in enorodovnih vlaken z dvojno akrilatno zaščito pa so naslednje:

mnogorodovna vlakna:

- * slabljenje (850 nm): manj kot 2,7 dB/km
- * slabljenje (1300 nm): manj kot 1 dB/km
- * pasovna širina (850 ali 1300 nm): 600 - 800 MHz.km
- * numerična apertura: 0,2

enorodovna vlakna:

- * slabljenje (1300 nm): manj kot 0,4 dB/km
- * slabljenje (1550 nm): manj kot 0,3 dB/km
- * disperzija: manj kot 3.5 ps/nm.km na intervalu 1285 - 1330 nm



Slika 3: aplikator za primarno zaščito

7. ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da bi bila sinteza domače zaščite ekonomsko neupravičena, ker bi bazirala izključno na uvoženih surovinah. Tehnike nanosa zaščite za optična vlakna smo razvili sami, prav tako aplikator, kjer je na originalen način rešen problem centriranja zaščite na vlakno (prijavljena inovacija). Z lastnim znanjem smo osvojili zahtevno tehnologijo izdelave in zaščite optičnih vlaken. Tako lahko tržišču ponudimo optična vlakna, ki po karakteristikah v ničemer ne zaostajajo za vlakni, ki jih izdelujejo proizvajalci s svetovnim slovesom.

*Dr. Jože Brvar, dipl. ing.
Iskra - CEO, Stegne 7
61210 Ljubljana*

ELEKTRONSKI REGULATOR JALOVE ENERGIJE KRK 22XX

Dušan Zorc

1. UVOD

V času, ko postaja energija vse dragocenejša in je varčevanje s to dobrino nujno, lahko kompenzacija jalove energije bistveno prispeva k racionalnejši uporabi električne energije.

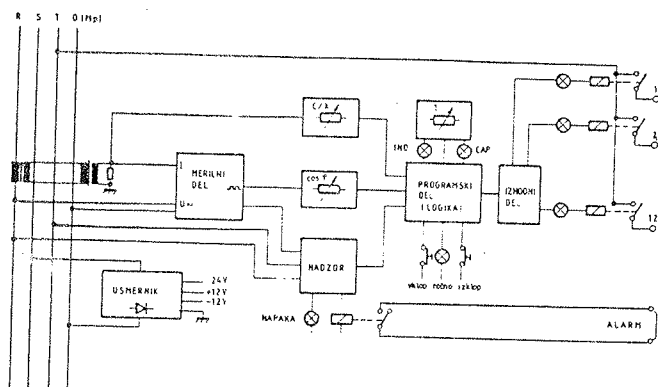
V DO Iskra Kondenzatorji, Semič, že nekaj časa izdelujemo kompletne naprave za kompenzacijo jalove energije.

Obstoječi regulator, tako po kakovosti, kot po zasnovi ni več ustrezal zahtevam trga. Zato smo razvili novega, ki je tehnično in tudi oblikovno na ravni podobnih tujih izdelkov.

2. OPIS DELOVANJA ELEKTRONSKEGA DELA REGULATORJA

Naloga regulatorja je, da meri velikost jalove komponente energije in glede na rezultate meritve vklaplja kondenzatorje za kompenzacijo tako, da je $\cos \varphi$ sistema čim bližje nastavljeni vrednosti.

Na blokovni shemi na sliki 1 vidimo osnovne podsestavke regulatorja.



Slika 1: blokovna shema osnovnih podsestavov

Merilni del

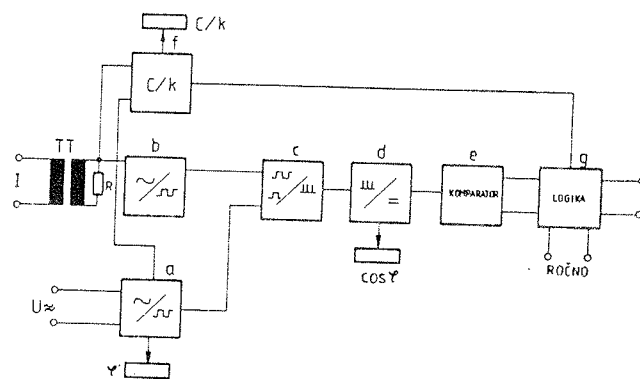
Naloge merilnega dela so zajemanje informacije o toku in napetosti iz omrežja, meritev faktorja moči in posredovanje tega podatka v ustrezni obliki naslednji stopnji.

Avtomatični regulatorji uporabljajo različne kriterije za regulacijo jalove energije in sicer: tok, napetost, čas, jalovo moč, faktor moči in kombinacije več načinov. Vsaka od teh metod ima svoje prednosti in pomanjkljivosti, vendar se pri sodobnih nizkonapetostnih regulatorjih uporabljata predvsem dve metodi:

- * merjenje jalove moči in
- * merjenje faktorja moči.

Pri razvoju merilnika smo se odločili za kombinacijo obeh metod in s tem združili dobre lastnosti obeh načinov meritve.

Za merjenje faznega kota smo izbrali princip detekcije prehodov toka in napetosti skozi nič.



Slika 2: blokovna shema merilnega dela

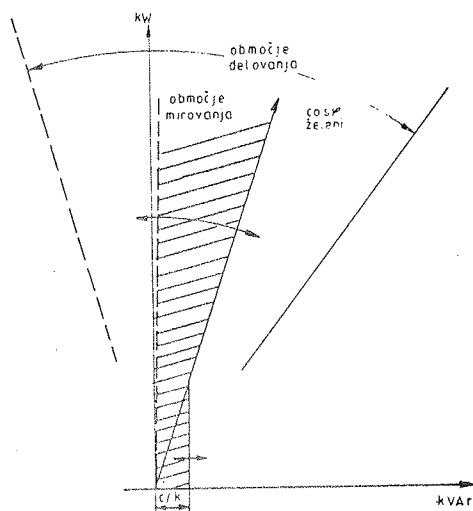
Na sliki 2 je prikazana blokovna shema merilnega dela.

Karakteristika $\cos \varphi$ -metra je primerna za regulacijo jalove energije v območju od približno $0,2 P_n$ do P_n , odvisno od števila in velikosti posameznih kondenzatorskih stopenj.

Pod tem območjem pa postane jalova komponenta moči manjša od moči najmanjšega kondenzatorja. Da se izognemo stalnemu preklapljanju najmanjše stopnje, pokriva območje minimalnih o-

bremenitev merilnik jalove energije, ki blokira delovanje regulatorja, če pade jalova komponenta energije pod nastavljeno vrednost.

Na sliki 3 je prikazana delovna karakteristika regulatorja.



Slika 3: fazorski diagram delovanja regulatorja KRK

Merilni del regulatorja ima možnost interne korekcije faznega kota v mejah od 0° do 180° .

To nam omogoča enostavno prilagoditev merilnika za enofazno ali medfazno priključitev regulatorja.

Programski del

Programski del vsebuje program, po katerem regulator vklaplja, oz. izklaplja izhodne stopnje. Zahteve, ki naj bi jih program izpolnil, so:

- čim hitreje približevanje želene vrednosti,
- univerzalna uporabnost programa,
- minimalno število preklpov,
- enakomerna razporeditev preklpov po stopnjah.

Vidimo, da si te zahteve nasprotujejo. Zato je pri sestavljanju programov nujno iskanje kompromisnih rešitev.

Mi smo izbrali tako imenovani univerzalni krožni program. To je program, ki je bil uporabljen pri starem tipu regulatorja KRK in se je izkazal kot dober.

Kot že ime pove, je program univerzalen. To pomeni, da je uporaben ne glede na število stopenj in ne glede na razmerje med velikostjo posameznih stopenj.

Tabela ponazarja delovanje programa

vklop	izklop	1	2	3	4	5	6
1	0	x					
1	0	x	x				
1	0	x	x	x			
0	1		x	x			
0	1			x			
1	0	x		x			

Program začne z vklopljanjem/izklapljanjem pri najnižji izklopljeni /vklopljeni stopnji.

Čas med preklpom posameznih stopenj je zvezno nastavljen v območju od 8 s do 80 s.

Za ta del regulatorja smo skupaj z Iskro Mikroelektroniko razvili namensko vezje, ki v okrovu z 28 nožicami združuje vse digitalne funkcije regulatorja. S tem smo dosegli približno 25% skrajšanje časa montaže in servisnih posegov. Delež uvoženega materiala se je skrčil na minimum.

Prav tako pa je vezje omogočilo zmanjšanje dimenzij celotnega regulatorja.

Izhodna stopnja

Funkcija izhodnega dela je krmiljenje kontaktorjev, ki vklapljajo posamezne kondenzatorske stopnje.

Uporabljeni so Iskrini miniaturni releji TRM 2712F.

Nadzor in zaščita

Pri razvoju smo skušali regulatorju vgraditi dodatne funkcije, ki bi bile v pomoč uporabniku in ki bi nadzirale delovanje regulatorja.

Vezje za nadzor aktivira rele, ki služi za daljinsko javljanje okvare v naslednjih primerih:

- nepravilna priključitev tokovnega transformatorja,
- nezadostna kompenzacija ali prekompenzacija, do katere pride zaradi okvare kontaktorja

ali kondenzatorja ali nepravilno dimenzionirane kompenzacije,

- * okvara merilnega dela regulatorja.

V primeru izpada napajalne napetosti kontaktorjev, regulator izklopi vse izhode in jih po vrnitvi napetosti vklaplja po programu.

3. Mehanska konstrukcija

Regulator je vgrajen v kovinsko ohišje globine 100 mm. Konektor za priključitev je na zadnji strani. Uporabljene so vzmetne vrstne sponke „WAGO“.

Na čelni plošči sta gumba za nastavitev parametrov delovanja, folijski tipki za ročno krmiljenje in svetleče diode za signalizacijo vklopljenih stopenj, karakterja obremenitve sistema, načina delovanja in svetleča dioda ALARM.

Čelna plošča je povsem ravna, brez štrlečih delov, ki bi se pri padcu lahko poškodovali.

4. Tehnični podatki

Priključitev: enofazna (v isti fazi, kot je tokovni transformator), na zahtevo medfazna

Napetost meritve: 50 V do 260 V 50 Hz, na zahtevo 60 Hz

Nazivni tok meritve: 5 A in 10 A

Napajalna napetost: 220 V $\pm$ 10%

Poraba regulatorja:

- napajalni del: 15 VA maks

- tokovni del: 2 VA pri $I_n = 5$ A

- napetostni del: 0.2 VA pri $U = 220$ V

Stikalna zmogljivost

izhodnih relejev: 220 V/10 A

Čas med preklopi: 8 s do 80 s zvezno

Delovna temperatura

okolice: -10°C do +50°C

Nastavitev: fazni kot $\cos \varphi$ 0,85 ind

..... do 0,95 kap,

..... občutljivost C/k 0,05 A do 1,2 A

Preskusna napetost

proti okrovu: 2 kV, 50 Hz, 1 min

Varnostni razred: I

Delovanje: ročno, avtomatično

Dimenzije čelne plošče: 144 x 144 mm

Globina s konektorjem: 107mm

Masa: 2 kg

5. Zaključek

Rezultati meritev kažejo, da regulator izpolnjuje vse zahteve, postavljene na začetku razvoja, nekatere pa celo presega. Prav tako izkušnje uporabnikov potrjujejo upravičenost in uspešnost opravljenega razvojenega dela.

Dušan Zorc, dipl. ing.,
Iskra Industrija kondenzatorjev,
DSSS RTS, oddelek za elektroniko, Semič

OSVAJANJE SMD TEHNOLOGIJE U SOUR-u ISKRA

A. Česnik, D. Uvodič, J. Oblak

*Referat na savetovanju „Aspekt primene tehnologije površinske montaže“
u KOV Beograd, 28.4.1988 u Vojno tehničkom institutu*

Opšta usmerenja elektronske industrije u svetu ka poboljšanju kvaliteta te pouzdanosti elektronskih uređaja, izgradjenih na osnovi tehnologije štampanih kola i hibrida omogućila su radjanje nove tehnologije, koja ima za osnovu štampana kola a sastavni delovi izradjeni su bez priključaka i direktno lemljeni na podlogu, što je dalo vanredne rezultate, tako u pogledu smanjenja volumena, površine, težine kola kao i mogućnosti automatizacije i robotizacije. Istovremeno omogućeno je bilo izradjivanje plosnatih uređaja koji su prikladni za nošenje u odjelu. Na toj osnovi razvili su se džepni kalkulatori, magnetofoni, diktafoni, radioprijemnici, govoreće dopisnice, lične karte i ključevi za elektronske brave i uređaje za kontrolu pristupa na radno mesto i još mnogo ostalih primena.

Sve to je prilično brzo zauzelo maha u stvaranju nove tehnologije pod nazivom tehnologija površinske montaže sa skraćenicom SMT (Surface Mounting Technology).

Na osnovu toga počela se je razvijati i nova tehnologija sastavnih delova za takvu montažu. Najprije su bili usvojeni mnogoslojni keramički kondenzatori, koji su imali u svome samom početku još žičane izvođe a srazmerno brzo je bilo ustanovljeno, da su žice suviše i da je moguća direktna montaža na štampanu ploču. Ne dugo iza toga pojavili su se chip otpornici u MELF i ČIP obliku i to u debeloslojnoj kao i u tankoslojnoj tehnologiji. Sve to je imalo takodje utecaj na poluprovodničke sastavne delove. Najprije su počeli upotrebljavati čipove s direktnom montažom na podlogu sa odgovarajućom tehnologijom spajanja sa vezama na podlozi. Kod toga su iskršli problemi koji su za izvesno vreme usporili upotrebu takvih čipova u toj tehnologiji. Sa uvođenjem nosioca tableta nastala je prava mogućnost normalne tehnologije površinske montaže. Kod toga je došlo do preokreta i iz dosadašnje ručne i automatizovane proizvodnje prešlo se na robotsko nanošenje sastavnih delova čime je bilo omogućeno znatno povećanje brzine montaže sastavnih delova.

Sva dosadašnja dostignuća montaže, štampane podloge, brzina nanošenja delova te masovno lemljenje omogućili su srazmerno jeftinu montažu

komplikovanih uređaja. U prvim vremenima je bilo oduševljenje veliko a problemi koji su iskršli, nekoliko su usporili predviđeni trend te tehnologije. Došla je doba istezanja i time normalni tok daljeg usvajanja te tehnologije.

U SOUR Iskra počeli smo sa organizovanim pristupom osvajanja SMD već u 1984 godini. Ozbiljnost razvoja SMD bila je potvrđena 1984 godine kada su naši stručnjaci na sajmu „Productronika 84“ ustanovili obim prikazanih uređaja za montažu SMD. Tako smo već u 1985 godini organizovano pristupili u okviru projektnog saveta 12, koji obuhvata strategiju tehnološkog razvoja u SOUR-u Iskra ka osvajanju SMT (Surface Mounting Technology) i SMD (Surface Mounting Devices). U projektnom savetu 12 gde imaju sve RO Iskra vlastite predstavnike bio je oformljen podprojekat „Osvajanje tehnologije SMD“. U ovaj projekat su se uključile i RO Iskre i to RO ELEMENTI, RO KIBERNETIKA, RO DELTA, RO AVTOMATIKA, RO TELEMATIKA, RO ISEZ i RO IKM.

Prvobitan koncept razmišljanja i cilj u SOUR-u Iskra bio je sledeći: „Optimalna organizacija proizvodnje proizvoda sa upotrebom SMD elemenata“. Ova polazna tačka bila je postavljena ispred grupe kao zadatak za organizovanje razvojnog rada koji bi se odvijao što racionalnije i da kod toga ne bi došlo do preklapanja razvojnih zadataka. Rad u grupi bio je podeljen tako, da svaki pokrije one faze rada za koje je najbolje kvalifikovan, ukratko da ima odgovarajuća razvojna iskustva, opremu i kadrove. U cilju koordinacije grupa se redovito sastaje i menja postignuta saznanja, informacije i probleme. Zadatak je tako postao operativan i poduprt sa finansijskim sredstvima SOUR-a. Kao jedno izmedju pitanja ispred grupe se postavilo pitanje „ili organizovati proizvodnju podsklopova u SMD tehnici na jednom mestu u samo jednoj radnoj organizaciji ili će razvoj proizvoda (velikoserijske i maloserijske proizvodnje) i proizvodnje omogućiti obzirom na razvoj opreme optimalnu organizaciju kod svake od zainteresovanih radnih organizacija.

Na osnovi takvih dilema i pitanja grupa je počela svojim radom. Projekt je u toku već treću godinu

i došli smo do saznanja da je tehnologija SMD potrebna svakoj modernoj proizvodnji elektronskih uređaja. U Iskri smo došli još dalje tako da možemo kupcu nuditi već prve proizvode gde su ugrađeni SMD elementi i da je proizvod u cjelini izrađen u Iskri.

Na osnovu dosadašnjih radova razrešili smo sledeće faze u razvoju tehnologije SMD:

- * konstruiranje kola u SMT
- * izbor sastavnih delova za SMD
- * izrada podloge za SMD
- * nanošenje lepka na podlogu
- * polaganje sastavnih delova na podlogu
- * lemljenje montiranih sastavnih delova
- * čišćenje montiranih pločica
- * kontrola montiranih pločica
- * remont nefunkcionalnih pločica
- * bondiranje poluprovodničkih čip komponenta
- * inkapsuliranje čip komponenta,

koje nama sada služe za izradu prototipova, koji se pripremaju za proizvodnju.

Projektovanje kola

U Iskri imamo dva programska paketa za računarsko projektovanje štampanih ploča. Kod stvaranja baze podataka došli smo do dilema ili kupiti bazu podataka kod poznatih proizvođača (Siemens, Philips, itd) ili graditi vlastitu bazu podataka. Kod kupovine baze podataka omogućena je upotreba elemenata samo za izabranog dobavljača programa i potrebno je dogradjivati. Samostalna izgradnja baze podataka omogućava veću fleksibilnost kod izbora dobavljača SMD elemenata i veći izbor vlastitih tehnoloških mogućnosti u proizvodnji.

Pošto samo prividna izgradnja baze podataka nema nikakve koristi, postavilo se je novo pitanje, koje elemente uključiti u banku podataka, iz čega odmah proizlazi pitanje koje proizvode želimo proizvoditi u SMD tehnologiji.

Na pitanje koje proizvode hoće proizvoditi u SMD tehnologiji morali su odgovoriti razvojnici proizvoda. Za pomoć dali smo jim upitnik na kojem smo definisali sve zahtjeve koji su omogućili dalji razvoj SMT. Na osnovi upitnika dobili smo odgovore kako sledi: proizvod, plan osvajanja, planiranje godišnje količine, željeni rok osvajanja, žel-

jeni rok redovite proizvodnje, definisani elementi koji će biti upotrebljeni, podloge na koje će biti montirani SMD elementi itd. Dakle pristup koji nije često uobičajan u našoj industriji. Podatke koje smo uspjeli sabrati istovremeno su neke radne organizacije takodje već definirale proizvode kod kojih smo verifikovali postignuto znanje.

Na osnovi sabranih podataka bili smo svjesni nedefinisanosti želja, predloga raznorodnosti zahtjeva. Odluka je došla sama „BANKA PODATAKA SE GRADI I PROŠIRUJE SAMO ZA DEFINISANE ELEMENTE, ZA DEFINISANE PROIZVODE SA PROPISANOM MONTAŽNOM TEHNOLOGIJOM„.

Iz svega toga proizlazi da danas u Iskri možemo konstruisati sva zahtjevna štampana kola za SMD pod uslovom da razvoj predhodno definiše predviđene elemente i montažnu tehnologiju. Konstruisanje je dakle omogućeno sa računarskom podrškom što omogućava vanrednu fleksibilnost kod izrade novih „lay-outova„ uz moguće izmene.

Upotrebljeni elementi

Na osnovi upitnika došli smo do saznanja kakve SMD elemente žele upotrebiti razvojnici u novim proizvodima i tako izgradili bazu podataka. Prvi problem pojavio se već kod izbora dobavljača SMD elemenata, pošto kod analize troškova koji mogu nastupiti, bilo je nužno zahtijevati od dobavljača atest elemenata, gde je takodje garancija za kvalitet tako funkcije elemenata, lemljivosti i dobave elemenata u željenoj embalaži.

Svaka upotreba elemenata nižeg kvalitetnog ranga postavlja ispred potrošača elemenata zahtjev po specijalnoj opremi za testiranje i sortiranje odnosno prouzrokuje povećanje troškova u proizvodnji (montaža, funkcionalno testiranje, reparatura i ponovo funkcionalno testiranje).

Na području proizvodnje sastavnih delova za površinsku montažu postigli smo serijsku proizvodnju višeslojnih keramičkih kondenzatora, otpornika u MELF i čip izvedbi, priprema se proizvodnja čip prigušnica, minijaturnih potencijometara za površinsku montažu, termistora a iz dopunskog programa nudimo diode i tranzistore. U pripremi su takodje integrisana kola u keramičkim nosiocima čipova - LCCC, dvoslojnom keramičkom izvedbom nosioca čipova sa L izvodima, plastičkim nosiocima čipova sa nožicama - PLCC i laminatni nosioci čipova bez nožica.

Za sve komponente su u pripremi takodjer

odgovarajuće vrste blister pakovanja priredjeno za upotrebu na automatizovanim ili robotizovanim linijama.

Kod izrade sastavnih delova za SMD kola jasna je činjenica, da je potrebno još mnogo uraditi na području osvajanja sastavnih delova jer jedino kroz praktičnu upotrebu moguće je odkloniti sve one slične probleme koji se javljaju u praksi.

Izbor substrata

U Iskri kao osnovne substratne materijale upotrebljavamo ili laminate (FR 4) ili metalne substrate. Pretežno predviđamo montažu SMD elemenata na štampane ploče. Ova konstatacija i analiza predviđene upotrebe SMD elemenata pokazali su, da je nužno razviti takodje kvalitetnu proizvodnju štampanih kola na koje će biti omogućena montaža SMD elemenata iz najvećeg ranga zahtjevnosti. Saradnja Iskre sa firmom IBM koja Iskri dobavlja već danas višeslojna štampana kola, i želja firme IBM, da joj Iskra dobavlja takodje štampana kola za SMT te vlastiti razvojni planovi zahtjevaju da se Iskra odgovarajuće opremi. Iskra je danas sa već osvojenom tehnologijom i znanjem sposobna izradjivati višeslojna štampana kola takodje i za SMD za prvi i drugi rang zahtjevnosti.

Montaža SMD elemenata

Pored osnovnih tehnoloških zahtjeva montaže (definisanje lepkova, nanošenje lepkova, polaganje elemenata, utvrđivanje, lemljenje itd) ponovo smo se srel i u Iskri sa osnovnom dilemom koju smo postavili već na početku kao pitanje „kako organizirati optimalnu proizvodnju“. Na osnovi analize podataka, strategije razvoja pojedinačnih RO, fleksibilnosti proizvodnje, udaljenosti pojedinačnih RO, razvoja montažne opreme u svetu i zahtjeva tako po maloserijskoj proizvodnji, kako i velikoserijskoj proizvodnji ustanovili smo, da organizacija montaže samo na jednom mestu za Iskru nije prihvatljiva, dakle nužno je tražiti optimalno rešenje unutar specijalizovanih montaža kod pojedinih RO. U Iskri trenutno postoji proizvodnja u SMD tehnici u ograničenom obimu (ekonomičnost), zato je danas montaža organizovana maloserijski, dok se neke radne organizacije obzirom na vlastite razvojne i investicione planove predviđaju sutra opremiti za montaže zahtjevnih velikoserijskih proizvoda sa opremom koja će omogućiti montažu elemenata u najvišem rangu zahtjevnosti.

U okviru Iskre dosta je bilo uradjeno takodje na području izrade uređaja za postavljanje komponenta, tako automatizovanih kao i robotizovanih, uređaja za lemljenje talasom rastopljenog kalaja i

rastaljivanjem paste za lemljenje kao i opreme za čišćenje zalemljenih ploča.

Na kraju želimo takodje obavestiti da smo kod razvoja SMT prisutni takodje u međunarodnom prostoru i da smo sklopili ugovor sa agencijom Ujedinjenih naroda - UNDP (United Nations Development Projects) za razvoj i osvajanje robotizovane čelije za montažu elektronskih kola na osnovu površinske montaže.

Na osnovu predstavljenih utvrdjenja i stečenih znanja kod osvajanja SMD tehnologije možemo zaključiti:

- * 1. Utvrdjeno je, da elektronska industrija u Jugoslaviji mora obavezno slediti razvoju na području SMD ako ne želimo da je tržište samo isključi iz ovog toka.
- * 2. Koristi (volumen, težina i sutra jeftinost) su odnosno diktirati će upotrebu SMD elemenata u elektronskoj industriji.
- * 3. Iskra može već danas nuditi naručiocu svoje usluge u razvoju, konstruisanju i izradi proizvoda gde su upotrebljeni takodje SMD elementi.
- * 4. Iskra ocenjuje da na osnovi već postignutog znanja i sa realizacijom razvojnih zadataka u 1988 godini nema nikakve potrebe za kupovinu licence ili know-how-a, jer će Iskra biti u najskorije vreme sposobna nuditi ta znanja takodje ostalim interesentima.
- * 5. Centralizacija proizvodnje proizvoda sa SMD elementima po oceni Iskre nije optimalna, zbog toga je potreban selektivni pristup kod odluka obzirom na specifičnost zahtjeva.
- * 6. Investicija u opremu biti će potrebna ali iznos je odvisan od dosadašnje opremljenosti i kvalifikovanosti investitora. Po podacima iz inostrane literature potrebno je u tvornicu za proizvodnju SMD investirati cca 1.000.000 CHF kod odgovarajućeg predznanja i infrastrukture.
- * 7. Svjesni moramo biti takodje dejstava da ćemo imati u praksi većim delom mešanu montažu (upotreba pored elemenata SMD takodje klasičnih elemenata) pošto neki elementi neće biti nikada u SMD tehnici. Siemens predviđa u 1990 godini upotrebu 50% SMD elemenata.
- * 8. Iskra izgradjuje i razvija svoju proizvodnu bazu za neke SMD elemente, istovremeno je takodje jasno da će Iskra kao i ostala elektronska industrija biti prisiljena uvoziti neke materijale, dakle 100% oslanjanje na domaću sirovinsku bazu u tom primeru neće biti moguće.

Andrej Česnik, dipl. ing.

Darja Uvodić, dipl. ing.

Jože Oblak,

SOUR ISKRA, Trg revolucije 3, Ljubljana

CENTER ZA APLIKATIVNO MIKROELEKTRONIKO V MARIBORU

Rudi Babič, Karel Jezernik

1. UVOD

Center za aplikativno mikroelektroniko v Mariboru je bil ustanovljen pri Tehniški fakulteti Maribor na predlog Gospodarske zbornice Slovenije, medobčinske gospodarske zbornice za Podravje, Iskre, Mikroelektronike in Tehniške fakultete, Univerze v Mariboru 3. junija 1985. leta. Pobudo zanj je dokončno prispeval posvet Mikroelektronika in njena vloga v razvoju OZD, ki so ga organizirali: Gospodarska zbornica Slovenije, Iskra Mikroelektronika Ljubljana in Tehniška fakulteta v Mariboru.

Center je bil ustanovljen z namenom skupnega in enotnega pristopa zainteresiranih organizacij združenega dela izvajalcev in uporabnikov za raziskovalno in razvojno dejavnost na področju mikroelektronike, mikroračunalniške avtomatizacije in informatike. Cilj teh prizadevanj je prestrukturiranje in razširitev industrijske ponudbe s proizvodnjo modernejših in novih konkurenčno sposobnih izdelkov ter posodobitev sredstev za delo.

Ob podpisu samoupravnega sporazuma je bilo v Centru združenih deset članic. To število se iz leta v leto spreminja glede na interes. Z neposrednim združevanjem sredstev za delo ter z drugimi oblikami pomoči in sodelovanja so dejavnost Centra doslej omogočile naslednje članice: DO Biro stroj, SOZD Elektrokovina, Gorenje Procesna oprema, Iskra Mikroelektronika, Kreditna banka Maribor, Mariborska livarna Maribor, Medobčinska gospodarska zbornica za Podravje, Metalna Maribor, DO Primat, TAM Maribor, TOZD raziskave in razvoj, UNIAL z Impolom in TGA Kidričevo.

Skupni organ Centra je projektni svet, v katerega delegira vsaka članica po enega člana. Projektni svet vodi predsednik projektnega sveta. V osnovi projektni svet kreira politiko dejavnosti Centra, sprejema program dela in finančni plan, daje predloge in pobude za izboljšanje in razširitev sodelovanja ter spremlja delo med letom.

Program dela Centra se sicer iz leta v leto spreminja. V glavnem so prisotne naslednje dejavnosti:

- * skupni program raziskav
- * organizacija in izvedba tečajev dopolnilnega izobraževanja

- * svetovalna in informativna dejavnost
- * strokovno izpopolnjevanje.

2. PREGLED DOSEDANJEGA DELA

2.1. Skupni program raziskav

zajema naloge s področja načrtovanja mikroelektronskih vezij po naročilu, mikroračunalniške avtomatizacije in tehniške informatike. V prvih letih delovanja smo lahko oprli skupni program raziskovalnega dela na programe Tehniške fakultete, ker je ta institucija vložila v delovanje Centra ta del kot konkretni vložek k uvajanju novih znanj. Na tej osnovi je bilo tudi mogoče formirati Center in dati strokovno vsebino njegovemu delovanju.

a) Načrtovanje mikroelektronskih vezij

Delo na tem področju je predstavljalo usposobitev uporabniškega sistema za načrtovanje mikroelektronskih vezij po naročilu v 5 μ m CMOS tehnologiji v sodelovanju in s pomočjo strokovnjakov iz Iskre Mikroelektronike. Na treh načrtovalskih mikroračunalniških sistemih Sirius 1 - Victor 9000 je instaliran programski paket SCEPTRE, ki omogoča logični opis vezja, logično simulacijo in oblikovanje geometrije vezja z njegovim preverjanjem.

V poročilu, ki smo ga posredovali članicam Centra, je podrobno opisan programski paket, knjižnica standardnih celic ter opis postopkov in pravil za načrtovanje.

Uporabniški sistem za načrtovanje mikroelektronskih vezij zaenkrat uporabljamo v edukativne namene. Posebej želimo za to delo zainteresirati čim širši krog potencialnih uporabnikov iz vrst članic. Da bi olajšali začetne težave pri računalniško podprtem načrtovanju mikroelektronskih vezij, smo na osnovi knjižnice standardnih celic izdelali knjižnico makrojev, ki vsebujejo najčešče uporabljive logične funkcije iz TTL, oz. CMOS liste integriranih elementov. Na ta način bi naj bil dodatno olajšan prehod načrtovanja digitalnih vezij in sistemov s kartice tiskanega vezja v mikroelektronsko strukturo.

b) Mikroračunalniška avtomatizacija

Hiter razvoj mikroračunalniških komponent je omogočil razvoj mikroračunalniških sistemov, ki omogočajo reševanje vedno kompleksnejših nalog.

Mikroračunalniki nastopajo v vlogi podsklopa neke naprave z namenom, da ji izboljšajo lastnosti ali pa ji dajo popolnoma nove lastnosti, ki jih sicer ne bi bilo možno izvesti. V preteklosti so to vlogo opravljali predvsem 8-bitni mikroračunalniki s programsko opremo, kodirano pretežno v zbirnem jeziku. Po aparaturni in programski opremi so bili prilagojeni aplikaciji.

Sodobni komercialni 16 in 32-bitni mikroračunalniški sistemi imajo veliko večjo procesno moč, aparaturna in programska oprema pa je tudi poenotena, oz. dostopna pri množici svetovnih proizvajalcev. Velik razmah je doseglo VME vodilo, ki je primerno (glede na zanesljivost in robustnost) za industrijske aplikacije. Na modulih s tem vodilom je možno na tržišču izbrati mikroračunalnike (pretežno z mikroprocesorji 68000, 68010, 68020) statične in dinamične pomnilnike ter množico procesnih vmesnikov (A/D, D/A pretvorniki, binarni vhodi/izhodi, itd.). Razen aparaturne opreme se je v zadnjih letih standardizirala tudi sistemska programska oprema, za aplikacije realnega časa. Dva izmed komercialno najuspešnejših operacijskih sistemov sta OS-9/68000 in PDOS. V podanih poročilih so opisane aplikacije mikroračunalniškega vodenja in regulacij realnega časa, ki so realizirane na mikroprocesorjih družine MOTOROLA 68000 in na programski opremi operacijskega sistema RTOS.

c) Tehniška informatika

Računalnik nam lahko služi ne le kot sredstvo za avtomatizacijo procesa, temveč kot enotni povezovalni sistem od planiranja do testiranja, za kar se je ustalilo ime CIM (Computer Integrated Manufacturing). Gre za sistem računalnikov, ki si izmenjujejo podatke med merilnimi in delovnimi mesti v procesih, med procesom in vodilnim mestom (stik s človekom, spremljanje procesa), prenos podatkov v upravo za lažje spremljanje plana, nadzor proizvodnje, analizo brez formularjev itd.

Izmenjava podatkov je zelo obsežna, zato mora biti čim hitrejša in zanesljivejša. Poleg računalnikov je nujno treba planirati tudi način komunikacije med njimi, saj nudi šele povezava v sistem višjo stopnjo uporabnosti računalnikov. Komunikacija je tako postala sestavni del CIM.

Pri prehodu na višji nivo avtomatizacije in predvsem za vpeljavo CIM je treba računalnike med seboj povezati v mrežo. V svetu je trenutno najbolj znan projekt MAP. V poročilu je podan pregled različnih protokolov, nato pa študija standardov, ki jih vpeljuje Manufacturing Automation Protocol (MAP).

2.2. Organizacija in izvedba tečajev dopolnilnega izobraževanja

Ker so kljub formalnemu izobraževanju nenehni problem strokovno usposobljeni kadri, skušamo s pomočjo tečajev dopolnilnega izobraževanja posredovati nujno potrebna specifična znanja.

Doslej smo organizirali in izvedli, oz. so v pripravi naslednji tečaji dopolnilnega izobraževanja, ki so nastali v sodelovanju s katedrami za avtomatiko, elektroniko ter računalništvo in informatiko na Tehniški fakulteti, VTO Elektrotehnika, računalništvo in informatika ter Iskro Mikroelektroniko:

- * Osnove gradnje in uporabe mikroprocesorskih sistemov
- * Primeri in načini uporabe mikroračunalnikov
- * Osnove načrtovanja naročniških mikroelektronskih vezij
- * Procesna periferija mikroprocesorskih sistemov
- * Moderne metode digitalnega snovanja
- * Računalniške komunikacije
- * Načini snovanja programske opreme
- * Informatika mikroračunalniško vodenih sistemov
- * Robotizacija v industrij
- * Spoznavanje in uporaba jezika PROLOG
- * Osnove 16/32 bitnih mikroprocesorskih sistemov
- * Sodobni pristopi pri snovanju in vzdrževanju informacijskih sistemov.

Tečaje delimo v tri skupine: v nove tečaje, v ponovitvene ter v tečaje glede na specifične želje in potrebe posamezne članice. O izbiri pa se dogovorimo v projektnem svetu. V programskem letu izvedemo v skladu s planom tri do štiri tečaje.

2.3. Svetovalna in informativna dejavnost

Vloga svetovalne dejavnosti je v povezavi z izobraževanjem tista dejavnost, ki lahko bistveno pripomore k hitrejšemu uvajanju novih tehnologij in prestrukturiranju gospodarstva. Vloge konsultantov prevzemajo strokovnjaki Tehniške fakultete po dogovoru in koordinacijo s članicami.

V osnovi je svetovalna dejavnost vezana na skupni program raziskav in projektne naloge v okviru svobodne menjave dela, ki so v teku ali pa bodo realizirane v bližnji prihodnosti.

Zraven takšnega načina sodelovanja pa si v zadnjem času prizadevamo za poglobitev sodelovanja s članicami prek individualnega izobraževanja in sodelovanja njihovih kadrov v laboratorijih TF Maribor, ki danes že razpolagajo s sodobno opremo za raziskovalno in razvojno delo na posameznih področjih. Prav tako smo se na ta način vključili v akcijo izobraževanja mladih raziskovalcev.

Pomembnejša področja na področju svetovalne dejavnosti so bila zajeta v sodelovanju pri načrtovanju, razvoju ali izdelavi glave tiskalnika v mikroelektronski izvedbi, elektronskega mikroelektronskega vezja za senzorsko krmiljenje vodovodnih armatur, mikroprocesorskih reguliranih pogonov, krmilnika CNC strojev za pozicioniranje, mikroprocesorskega krmiljenja globinskih in obločnih peči, računalniško vodenega preizkuševališča motorjev in dušilk, mikroprocesorsko vodenih klima naprav ter mikroprocesorskega krmilnika industrijskih procesov.

2.4. Strokovno izpopolnjevanje

Zaradi potrebnega stika z razvojem v razvitem svetu na področjih novih tehnologij, mikroelektronike, avtomatizacije in računalništva sodelujemo pri organizaciji ogledov strokovnih sejmov doma in v tujini. Pri tem smo si po skupinah doslej

ogledali sejem Technova v Gradcu, CeBit in industrijski sejem v Hannovru, sejem Interkama v Duesedorfu ter sejem Electronica v Muenchnu.

3. ZAKLJUČEK

V delo Centra smo doslej vložili precej truda. Začeli smo z velikim zanosom in prizadevnostjo. S podporo članic smo na Tehniški fakulteti prek RSS pridobili tudi nekaj sodobne raziskovalne opreme. Z njo smo vsaj delno zamašili vrzel, ki je iz leta v leto postajala vse večja.

Čeprav so pri nekaterih članicah že doseženi koristni rezultati tudi iz našega sodelovanja pa je interes za sodelovanje bolj ali manj v upadanju, kljub dobri volji pri iskanju možnosti reševanja odprtih vprašanj na vseh nivojih. Posebej velja to še za področje načrtovanja mikroelektronskih vezij po naročilu, saj se je izredno težko odločiti za financiranje načrtovanja in izdelave integriranega vezja, ki ga je zaradi ekonomičnosti potrebno izdelati v velikih letnih serijah.

*mag. Rudi Babič, dipl.ing.
prof. dr. Karel Jezernik, dipl.ing.
Tehniška fakulteta Maribor 62000 Maribor,
Smetanova ul. 17*

MATERIALI-MATERIJALI-MATERIALI

SMERI RAZVOJA TEHNOLOGIJ IN UPORABE NOVIH SUPERPREVODNIKOV

D.Uvod

UVOD

Prevajanje toka brez izgub, prenos magnetnih polj iz notranjosti materiala in pojav kvantnih fenomenov so lastnosti, ki dajejo superprevodnikom obsežne skupine materialov s posebnimi, nenavadnimi lastnostmi.

Dokler je bil mogoč prehod v superprevodno stanje samo z ohlajevanjem s tekočim helijem, so imeli superprevodniki status eksotične skupine snovi, ki so jih uporabljali samo tam, kjer problemov s konvencionalno tehniko absolutno niso mogli rešiti. Z odkritjem materialov, ki imajo superprevodni prehod okoli 100K, pri čemer za hlajenje

uporabljamo le še mnogo cenejši tekoči dušik, se je odprlo novo, večje področje. To področje pa je možno osvojiti le z intenzivnim, obširnimi delom, ki je povezano s precejšnjim tveganjem.

Odkritje superprevodnega materiala s prehodom pri 90-95K je povzročilo precejšnjo senzacijo po svetu. Nekaj časa je bilo opaziti močno konkurenčno tekmo, pri čemer ni bilo enotnega mnenja glede pomembnih parametrov: ali je to res najvišja kritična temperatura prehoda, oz. tokovna prehodnost, ali so bistveni osnovni eksperimenti, ali razvijanje modelov za razlago mehanizmov, ki povzročajo superprevodnost.

Sedaj so se duhovi pomirili in obravnave ne gredo več v smeri formul, krivulj in prijavljanja patentov, temveč v smeri analize strateških odločitev raznih raziskovalnih organizacij o možnih aplikativnih realizacijah teh materialov.

Na številnih konferencah in simpozijih, kjer so se sestajali znanstveniki vseh smeri: fiziki, kemiki, fizikalni kemiki, kristalografii, specialisti za keramiko, mikroelektroniko, energetiko in magnetizem, so ugotovili, da je treba raziskovalni pristop k temu področju drastično spremeniti. Nastale so interdisciplinarne raziskovalne skupine z intenzivnimi stiki med raziskovalci in potencialnimi uporabniki.

Dr. G. Bednorz in Dr. A. Mueller, dobitnika Nobelove nagrade za fiziko leta 1987, sta s svojimi raziskavami odprla povsem nove perspektive. Ne samo, da sta prekoračila magično mejo kritične temperature prehoda 23,3K za niobijev germanat, temveč sta spremenila tudi smer raziskav in sicer od kovin na sisteme kovinskih oksidov. Slednji dajejo pri kemičnih variacijah neverjetno raznolike fizikalne učinke in tehnično zanimive lastnosti.

Superprevodnost oksidov so pravzaprav odkrili že pred več kot 20 leti (stroncijev titanat, litijev titanat, barij-svinčev bizmutat). Z odkritjem visokotemperaturnih superprevodnikov je nastalo večje zanimanje za to področje. Sistema Y-Ba-Cu-O in Bi-Ca-Sr-Cu-O in njune variante dajejo materiale s temperaturnimi prehodi do 125K. S tem je bila odprta druga etapa raziskovalne tekme, ki je v preteklih dveh letih povzročila tolikšne senzacije.

Junija letos je bil v firmi IBM v Zuerichu informacijski sestanek o stanju raziskav na področju superprevodnih materialov, o tehnologijah in o njihovih industrijskih uporabah v okviru EIRME (European Industrial Research Management Association). Osrednji dogodek je bilo obširno predavanje Nobelovega nagrajenca dr. G. Bednorza. Naslednja poglavja predstavljajo povzetek informacij s tega sestanka.

UPORABA IN TEHNOLOGIJE

Superprevodniki imajo tri lastnosti, ki so tehnično zanimive:

- * pri prehodu iz normalnega v superprevodno stanje izgine električna upornost
- * pri tem prehajajo magnetna polja iz notranjosti materiala navzven
- * v superprevodnih strukturah se pojavljajo kvantni fenomeni.

Te lastnosti izkoriščajo že pri klasičnih super-

prevodnikih. Značilna področja uporabe superprevodnih sestavnih delov v sistemih so:

- * oprema za fundamentalne naravoslovne raziskave
- * medicinska tehnika
- * senzorika
- * elektronika
- * ločevanje surovin
- * promet
- * energetika.

Pri tem superprevodniške elemente uporablja jo pretežno v obliki žic, navitih v tuljave, ki služijo n.pr. kot močni magneti z veliko notranjo prostornino za NMR-tomografijo, za prečiščevanje rud, ali za različne laboratorijske namene.

Pri senzorjih se srečujemo v glavnem s „SQUID“ (Superconducting Quantum Interference Devices), magnetnimi senzorji za raziskave na področju fizike trdne snovi, geologije in medicine.

Na področju elektronike se pojavljajo hitri analogni-digitalni pretvorniki in napetostni standardi.

Počasi se uveljavlja tudi razvoj sestavnih delov za naprave za pospeševanje nabitih delcev.

Skoraj na vseh področjih delajo v pretežni meri še vedno z nizkotemperaturnim (hlajenje s tekočim helijem) niobijem, ali njegovimi legurami. Žice za izdelavo tuljav so iz niobijevega titanata, delno tudi iz niobijevega stanata. SQUIDI so po večini plastne strukture, ki so sestavljene iz niobija in niobijevega nitrida. Hitro se uveljavljajo novejši materiali, ki za svoje delovanje potrebujejo temperaturo tekočega dušika.

Neposredno po odkritju visokotemperaturnih superprevodnikov so bila pričakovanja usmerjena predvsem na področje tehnologij v energetiki. Vendar so strokovnjaki hitro ugotovili, da tako obsežne naloge ne bodo mogli rešiti v kratkem času, temveč da bo za to potrebno najmanj 5 do 10 let, po nekaterih predvidevanjih tudi več.

V nasprotju s to ugotovitvijo pa je znanstvenikom zelo hitro uspelo demonstrirati funkcijske lastnosti SQUID tja do 77K, vendar pa je tudi to samo prvi uspeh, ki mu mora slediti še precej raziskovalnega dela, da bo iz tega nastal zrel proizvod.

Isto velja tudi za integracijo superprevodnikov v polprevodniški tehniki. Tu je eno izmed glavnih področij uporabe povezava med čipi v računalnikih. Superprevodne povezave bi bistveno zmanj-

šale energijske izgube in povečale hitrost računalnikov ter omogočile prenos signalov brez popačenj. Hlajenja s tekočim dušikom v tem primeru ne štejejo za pomanjkljivost, ker so danes računalniki, hlajeni na tak način, že na tržišču.

Še vedno je potrebno hlajenje visokotemperaturnih superprevodnih elementov s tekočim dušikom. Delovna temperatura bi morala biti praviloma manjša od $2/3$ temperature prehoda (T_c). Parametre je namreč težko držati v tako ozkem temperaturnem intervalu, da bi bilo zagotovljeno normalno delovanje superprevodnega elementa. Delovanje le-tega bo, ob hlajenju z vodo pri sobni temperaturi, možno šele, ko bomo imeli superprevodnike s temperaturo prehoda blizu 400K. To pa pomeni tudi, da je potrebno vzporedno z razvojem superprevodnikov razvijati tudi hladilno tehniko.

Velik poudarek velja še vedno novim, nepoznam uporabam superprevodnikov, bodisi že znanih komponent v novih sistemih, ali pa iznajdbi povsem novih komponent.

Za skoraj vsa področja uporabe je značilno, da superprevodnike ne uporabljajo same, temveč v povezavi z drugimi materiali, ki služijo kot podlaga, funkcijska medplast, prevleka ali mehanska opora. To pomeni, da so področja uporabe superprevodnikov odvisna od velikega števila parametrov, ki jih je treba optimirati, kar ima za posledico široko, obsežno in multidisciplinarno delo.

SEDANJE RAZISKOVALNO DELO

Število sintetiziranih novih superprevodnikov je veliko in skoraj nepregledno. Tudi neuspeh je bilo precej.

Pri iskanju novih materialov je nujno tesno sodelovanje med kemijsko preparativo in teoretično fiziko, pri čemer se razkriva mehanizem superprevodnosti.

Velika pozornost je posvečena izdelavi monokristalov in epitaksialnih tankih plasti ter preučevanju ponovljivosti teh postopkov.

Zelo problematična je stabilnost superprevodnih materialov. Posebno material Y-Ba-Cu-O je nagnjen k oddajanju kisika, k hidrolizi in reakciji z ogljikovim dioksidom iz zraka. Poznavanje mehanizmov reakcij pri staranju materiala, oz. po stiku z okolico je bistvenega pomena za uporabo teh materialov v tehnične namene. Potrebno bo doseči njihovo dolgoročno stabilnost s spreminjanjem sestave, z določenimi dodatki ali z zaščitami.

Razvoj reproducibilnih proizvodnih postopkov in specifičnih kontrolnih postopkov je tudi ena izmed osrednjih nalog razvoja. Uporabljajo številne specialne postopke priprave prahov, tja do sol-gel postopka, ki je znan po tem, da daje prahove z zelo homogeno velikostjo delcev. Zaenkrat je še prezgodaj, da bi že lahko navedli tiste postopke in tehnologije, ki se bodo na tem področju uveljavile. Oblikovanje elementov gre v glavnem v dve smeri: oblikovanje in sintranje masivne keramike (in bulk) in izdelovanje tankih superprevodnih plasti.

Sedanja ocena je, da bo največ uporabe v obliki tankih plasti in navitij. Slednje se nanaša na nosilce v obliki trakov, ali žic v trdi, ali v fleksibilni obliki. Plasti so po večini tanke, epitaksialne, ali debele. Mikrostruktura teh plasti je odvisna od izbrane tehnologije nanašanja. Glede na to, da je pri mnogih uporabah, posebno tam, kjer pridejo v poštev visoke gostote tokov, pomembna izrazita orientacija zrn, ali je celo potrebna monokristalna struktura, je razvoj metod, ki omogočajo doseganje takih struktur zelo bistvena naloga. Navadno je za to potrebna poobdelava teh plasti. Mikrostrukturiranje plasti se opravlja s postopki, ki so poznani v polprevodniški tehnologiji.

To posebno pride v poštev pri kombinacijah polprevodnika in superprevodnika. Razen postopkov odjedkavanja materiala je možno tudi ionsko obstreljevanje, pri čemer obstreljevani del superprevodnega materiala izgubi svoje superprevodne lastnosti.

Za večino do sedaj znanih tehničnih uporab superprevodnih materialov je potrebna gostota toka od 15 do 16 A/cm². Take vrednosti so bile do sedaj dosežene le pri epitaksialnih plasteh. Zaradi močno izražene anizotropije in drugih fizikalnih lastnosti teh materialov bi moral razvoj iti v smeri pridobitve

Področ. uporabe	Element	Oblika
osnovne raziskave	magneti vseh vrst pospeševalniki nabitih delcev SQUID	navitja masivna keramika tanke plasti
medicin. tehnika	NMR magneti SQUID	navitja tanke plasti
senzorji	IR-detektorji mikroval. detektorji	tanke plasti tanke plasti
elektronika	napetost. standardi mikserji	tanke plasti tanke plasti

bivanja čim bolj enotne orientacije zrn. Poseben problem so meje med zrn. Anizotropija in prisotnost motečih faz predstavljajo ovire za tokovno prehodnost. Zato je eden izmed ciljev raziskav tudi zmanjšanje vplivov mej med zrn na najmanjšo možno mero.

Nadaljnje težave nastopijo pri toplotni obdelavi že nanešenih plasti. Pri tem nastajajo kemične reakcije in difuzijski procesi. Izbira podlag je torej zelo pomembna.

Superprevodniki sodijo med najbolj komplicirane sestavljene materiale, ki danes obstajajo. Vprašanje interakcij pri skupnem obdelovanju različnih materialov je pri tem posebno težka in komplicirana naloga, ki jo je treba rešiti.

PERSPEKTIVE

Superprevodniki so še vedno predmet osnovnih raziskav.

V firmi IBM predvidevajo dinamiko razvoja do leta 2000 približno takole:

Sedanja uporaba:

- * v glavnem za raziskovalne namene.

Uporaba v naslednjih desetih letih:

- * za elektromagnetno zaščito
- * za SQUID magnetne senzorje
- * za IR-senzorje.

Uporaba po letu 2000:

- * vsa druga predvidena področja, pri čemer je zlasti pomembna energetika.

Morda bi bilo ob tem dobro omeniti dejstvo, da so evropske prognoze na področju razvoja in hitrosti uveljavljanja uporabe superprevodnikov precej skeptične in konzervativne. Japonci so v svojih prognozah precej bolj pogumni. Najnovejša predvidevanja Nikkei High Tech Report (julija 1988) so: največji razmah naj bi bil na področju medicinskih naprav (NMR-CT), laserjev, majhnih ciklotronov, pospeševalcev velikih delcev in SQUID na osnovi kombinacije dveh Josephsonovih spojev naj bi se uveljavili v 10 letih po odkritju pravega superprevodnega materiala. Sledila naj bi jim uveljavitev transportnih in industrijskih strojev, hkrati z razvojem na področju elektronike. Zadnja v tem zaporedju naj bi bila energetika, ki pa je obeležena z največjimi pričakovanji posebej v vrednostnem pogledu.

Če bo prodor superprevodnikov na pomembna področja, kot so računalništvo in energetika uspešen, bodo nastale globoko segajoče spremembe v tehničnih konceptih nasploh, kakor tudi v trženju.

Razvoj superprevodnikov pogosto primerjajo z razvojem tehnike optičnega prenosa na področju telekomunikacij. Področje superprevodnikov je tisto, ki bo s seboj prineslo precej sprememb. Zato ga je treba vestno spremljati. Tisti, ki temu zaradi neznanja, ali zaradi pomanjkanja sredstev ne bodo kos (kajti tu pričakujemo velika tehnološka preusmerjanja, ki bodo potegnili za seboj velike investicije), bodo neusmiljeno obsojeni na zaostajanje.

*Darja Uvodič, dipl.ing.,
SOZD-ISKRA
Trg revolucije 3, Ljubljana*

XXIV. JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ O ELEKTRONSKIH SESTAVNIH DELIH IN MATERIALIH SD-88, Nova Gorica, 7.-9. september 1988

Milan Slokan

Letošnji „SD 88“ je društvo MIDE M organiziralo ob finančni in organizacijski pomoči Iskre Delte v Izobraževalnem centru Iskra Delta v Novi Gorici v času od 7. do 9. septembra 1988. Prijavljenih je bilo več kot 130 udeležencev.

Programsko-organizacijski odbor pod vodstvom M. Koščeve si je zamislil simpozij, podobno kot prejšnji dve leti na Otočcu in v Topolšici, v kombinaciji z vabljenimi predavanji tujih in domačih uglednih referentov ter s posterji. Žal sta na simpoziju izpadli po programu predvideni vabljeni predavanji J. Pirša z Instituta Jožef Stefan (Tekočekristalni prikazalniki z veliko gostoto prikazanih elementov) in D. Flama iz Nikole Tesle Zagreb (Pouzdanost sestavnih delov u telekomunikacijskim uredajima), ker avtorja zaradi osebnih razlogov ni sta prišla. Odsotnost vabljenih predavateljev so udeleženci precej kritizirali. Tako je bilo na simpoziju v dveh dneh in pol podano pet vabljenih predavanj in prikazano 57 posterjev (od 61 prijavljenih).

V otvoritvenem delu simpozija so se oglasili predsednik MIDE M R. Ročak, predsednik Skupščine občine Nova Gorica Albert Bevčič, nadalje pomočnik predsednika Republiškega komiteja za raziskovalno dejavnost in tehnologijo SR Slovenije B. Pretnar (njegov nagovor bomo objavili v naslednji številki) ter predstavnik gostitelja simpozija direktor Izobraževalnega centra Iskra Delta Boris Nemec s pozdravnimi in drugimi tehnimi besedami. Sledila je podelitev priznanj za MIDE M zaslužnim delovnim organizacijam (Ei IRI Beta Zemun, Kemijski inštitut Boris Kidrič Ljubljana, Institut Mihajlo Pupin Beograd, Iskra Delta ter iz Iskre še delovnim organizacijam Zmaj, Avtoelektrika in Feriti). Priznanja kot aktivni člani so prejeli E. Pirtovšek in M. Damjanović. Za zaslužnega člana pa je bil na skupščini MIDE M, ki je bila v času simpozija, imenovan A. Keber, dolgoletni urednik našega glasila Informacije MIDE M.

Poskušal bom na kratko opisati podane povabljene referate, medtem ko bomo podrobnejšo informacijo o posterjih objavili v naslednji številki Informacij MIDE M. Zaenkrat o posterjih le podatek, da so bili grupirani v štiri sekcije: v prvi so bili zbrani

prispevki s področja feritov, termistorjev, keramičnih materialov, monokristalov, kompozitov, zaščitnih premazov in senzorjev; v drugi skupini so bili zbrani posterji o tankih plasteh in s tem povezanih tehnologijami, o senzorjih in o parametrih pomembnih za zanesljivost; v tretji skupini smo videli posterje iz polprevodniškega področja (materiali, tehnologija in elementi) ter raziskave pojavov in efektov v zvezi z njihovo proizvodnjo in zanesljivostjo; četrta skupina se je nanašala na debeloplastne materiale, tehnologije in elemente. Predsedniki sekcij (S. Beseničar, A. Banovec, S. Amon in N. Stržak) pripravljajo o posterjih pregledno poročilo.

V prvem vabljenem referatu je B. Nemec iz Izobraževalnega centra Iskra Delta obdelal pomen izobraževanja za nove tehnologije in opisal angleške izkušnje izobraževanja v podjetjih; tam je izobraževanje obvezno za vse vodilno, vodstveno in tehnično osebje in sega vse od informacijske tehnologije do projektiranja sistemov in novih proizvodov do proizvodnje, prodaje in servisiranja izdelkov. Avtor se je dotaknil tudi izobraževalnega sistema v Iskre Delti.

Izredno učinkovito in privlačno je podal S. Pejovnik s Kemijskega inštituta Boris Kidrič v Ljubljani svoj referat o primarnih in sekundarnih galvanskih členih z litijevo anodo, posebej s poudarkom na sistemu litij-tionil klorid. Opisal je raziskave in dosežke v Sloveniji, pri tem pa je nazorno prikazal prednosti litijevih baterij ter tehnološko in raziskovalno problematiko, hkrati pa je pojasnil, zakaj vedno bolj narašča pomen litijevih baterij v svetu. V Jugoslaviji še ni redne proizvodnje, vendar se nanjo pripravljata Iskra Zmaj v Ljubljani in Trepča v Gnjilanah, ki je kupila licenco. Kemijski inštitut Boris Kidrič v Ljubljani in Iskra Zmaj sta sama osvojila sistem litij-tionil klorid.

Zelo aktualno pregledno predavanje je imel edini tuji vabljeni predavatelj C. Misiano iz Selenie, Rim. Iz svojih bogatih izkušenj je zaokroženo opisal nove tehnike depozicije tankih plasti za optične prevleke in integrirano optiko, izhajajoče iz novih dosežkov „Physical Vapour Deposition“ (VPD). Dodal je pregled najpomembnejših uporab teh

tehnologij na področju integrirane optike ter predvidenih smeri razvoja v naslednjih petih letih.

Pregled uporabe polprevodniških kvantnih jam in superrešetk v sedanjih in prihodnjih elektronskih in optoelektronskih elementih je podal Z. Ikonić z Elektrotehniške fakultete Beograd. Od elektronskih elementov je obravnaval tako transistorje s horizontalnim transportom kot diode in transistorje z vertikalnim transportom, od optoelektronskih elementov pa fotodetektorje, elektrooptične modulatorje in laserje.

Zadnje zanimivo vabljen predavanje je imel V. Pantović z Inštituta elektronske industrije IRI Beta v Zemunu o pastah žlahtnih kovin za elektronske

sestavne dele. Poleg pregleda raznih past, predvsem na osnovi srebra in srebra-paladija, glede sestave, funkcij in karakteristik, je podal tudi konkretne primere njihove uporabe. Predavanje je nudilo zato tudi vpogled v strukturo debeloplastnih prevodnikov, izdelanih s pastami žlahtnih kovin, ki jih raziskuje, razvija in proizvaja IRI Beta.

Udeleženci simpozija so uživali v zelenem okolju Nove Gorice in v prijetnih prostorih lepo urejenega Izobraževalnega centra Iskre Delte.

*mag. Milan Slokan, dipl. ing.,
Društvo MIDEK,
Titova 50, Ljubljana*

SEMINAR O POVRŠINSKI MONTAŽI FIRME AMTEST

Alojzij Keber

Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale je organiziralo skupaj s SOZD Iskra 23. in 24. februarja 1988 v veliki dvorani Iskrine poslovne stavbe v Ljubljani seminar o površinski montaži elektronskih elementov. Prav prek društva Midem zastavljena akcija je omogočila, da so se zbrali pod Iskrino streho strokovnjaki iz tistih delovnih organizacij in institucij v Jugoslaviji, ki imajo ali bodo imele karkoli opraviti s površinsko montažo elektronskih elementov (Surface Mounting Technology - SMT). Res je, da je dogodek časovno nekoliko oddaljen in bi moral biti zapis o njem objavljen že v prejšnji številki Informacije Midem. Kljub temu menim, da je akcija vredna zapisa in predstavitve tistim našim članom, ki se seminarja niso mogli udeležiti, jih pa zanima problematika najnovejših postopkov za montažo elektronskih elementov na ploščice tiskanih vezij.

Organizatorji smo glede na aktualnost teme pričakovali dober odziv, vendar smo bili že na začetku prijetno presenečeni, saj je bilo na seminarju ves prvi dan prisotnih prek 200 udeležencev, pa tudi drugi dan se jih je zbralo okoli 190. To je dokaz, da je bila tematika kot tudi njena predstavitev za prisotne zanimiva in izredno aktualna. Najmočnejše je bila na seminarju s svojimi udeleženci zastopana Iskra, kar je zaradi lokacije seminarja seveda razumljivo. Ostale poslušalce so poslale firme Rade Končar - Zagreb, Nikola Tesla - Zagreb, RIZ - Zagreb, EI - IRI - Beograd, VTI - Beograd, Rudi

Čajavec - Banja Luka, Fakulteta za elektrotehniko - Ljubljana, Elektrotehniški fakultet Banja Luka, Mihajlo Pupin - Beograd, Novkabel - Novi Sad, Dalmacija Elektromatika - Dugi rat, Institut bezbednosti - Beograd, RSNZ Ljubljana, RTV Ljubljana.

Predaval je gospod Richard Booth, predstavnik angleške firme AMTEST, prisoten pa je bil tudi tehnični direktor firme, gospod Miro Irgl, ki je sicer naše gore list. S svojim odličnim znanjem angleščine, slovenščine in srbohrvaščine je pripomogel, da je bil stik med predavateljem in poslušalci veliko bolj pristen, kot smo ga običajno vajeni ob takšnih priložnostih.

Površinska montaža elektronskih elementov obsega mnoga tehnološka znanja. Če je spekter poslušalcev širok - od tistih, ki problematiko šele spoznavajo, do onih, ki jih zanimajo samo specialne tehnične podrobnosti - potem je podajanje snovi v okviru takšnega seminarja dokaj zahteven posel. Sodeč po odzivih in komentarjih slušateljev je predavatelj uspel združiti zahtevane lastnosti v eni osebi in je podal snov tako, da smo prišli vsi na svoj račun. Obdelal je celotni proces SMT, prek splošnega uvoda, opisa lastnosti, prednosti in napovedi trendov razvoja SMT v svetu je prešel k obravnavi SMD komponent, materialov za SMT ter ploščic tiskanih vezij za SMT. Sledil je oris proizvodnih postopkov: nanosa paste ali lepila, polaganja komponent, spajkanja, čiščenja, vizualne kon-

trole in praktičnih napotkov za postavitve proizvodnih linij. Predavanje, ki se je odvijalo ob projekcijskih, so spremljali številni diapozitivi, video filmi in prek dvajset različnih vzorcev elementov in že opremljenih ploščic, ko so bile izdelane s SMT.

Glede na to, da diskusija prvi dan seminarja kljub dobremu vzdušju v dvorani ni stekla v polnem zamahu, kar gre pripisati prav gotovo jezikovnim oviram, ki tokrat niso bile opravičljive in pasivnosti poslušalcev, smo organizatorji kljub temu pridobili snov za diskusijo prek pisnih vprašanj, na katera sta predstavnika firme odgovarjala na koncu seminarja. Na ta način se je pojavilo čez sedemdeset najrazličnejših vprašanj. Tehtna vprašanja so dobila tudi tehten odgovor.

Vse večje firme so dobile po en izvod gradiva o obravnavani tematiki že na samem seminarju. Predstavnika firme sta obljubila, da bodo prejeli enako gradivo vsi udeleženci najpozneje v teku enega meseca po seminarju. Firma je obljubo izpolnila. Avtor tega zapisa je uspel pridobiti od firme tudi dve video kaseti, ki sta zainteresiranim na razpolago za izposajo. Uspeli smo prekopirati tudi dokaj dobro knjigo o SMT in če k temu prištejemo še mnoge osebne razgovore s predstavnikoma firme AMTEST, potem je seminar v celoti dosegel

svoj namen.

Poleg pridobitve tehničnih informacij so imeli udeleženci seminarja priliko ustvariti osebne stike in izmenjati mnenja s kolegi iz različnih delovnih organizacij širom Jugoslavije. Pri tako zahtevnem in obsežnem tehnološkem posegu kot je uvajanje površinske montaže v proizvodnjo elektronskih vezij, je takšno povezovanje ne samo koristno, ampak tudi zelo potrebno, SMT v svetu nezadržno napreduje. Neizpodbitno je, da mora Jugoslavija kar najhitreje osvajati to novo tehnologijo in jo bo tudi osvojila. Vendar je proces osvajanja prepočasn. Zato so takšne skupne akcije impulz, ki nas bo porinil za korak pa čeprav majhen, v naših skupnih prizadevanjih naprej.

AMTEST namerava v bližnji prihodnosti prirediti seminar o merilni in testni opremi, ki vključuje tudi opremo za SMT. Če bo akcija zastavljena skupaj z društvom MIDEM in SOZD Iskra, lahko znova pričakujemo dober odziv in vsestransko korist. Takšnih aktivnosti pa si v okviru MIDEM resnično želimo, saj vodstvo MIDEM zagotavlja možnosti, da jih gojimo.

*Alojz Keber, dipl. ing.,
Društvo MIDEM,
Titova 50, Ljubljana*

TEČAJ „OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE“

Zaradi velikega zanimanja nameravamo ponoviti tečaj iz OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE in sicer v dneh od 18. do 20. oktobra 1988. Tečaj bo v prostorih Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, Ljubljana. Obsegal bo 20 ur predavanj z naslednjimi temami:

- * 1. Pomen in razvoj vakuumске tehnike
- * 2. Fizikalne osnove vakuumске tehnike
- * 3. Črpalke za grobi vakuum (membranske, rotacijske, z vodnim obročem)
- * 4. Črpalke za visoki vakuum (elektronske, difuzijske in turbomolekularne)
- * 5. Črpalke s površinskim delovanjem (sorpcijske, ionskogetrske in kriogenske)
- * 6. Vakuumski spoji in tesnilke
- * 7. Vakuumski sistemi
- * 8. Vakuumetri
- * 9. Odkrivanje netesnih mest (leak detekcija)
- * 10. Vakuumski materiali in delo z njimi
- * 11. Vakuumске tankoplastne tehnologije
- * 12. Pomen površin v vakuumski tehniki in njihova karakterizacija
- * 13. Vakuumska higiena in čisti postopki

- * 14. Doziranje, čiščenje in preiskave plinov
- * 15. Šest ur vaj in ogled Inštituta

Tečaj je namenjen tako vzdrževalcem in razvijalcem vakuumskih naprav, kot tudi raziskovalcem, ki pri svojem razvojnem oziroma raziskovalnem delu potrebujejo vakuumске pogoje. Cena za udeležence iz organizacij združenega dela je 400.000.-din. Prosim vas, da dokončno prijavo in potrdilo o plačilu dostavite najkasneje do 10. oktobra 1988 na naslov Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 61000 Ljubljana (št. žiro računa: 50101- 678-52240):

Vsak udeleženec prejme zbornik predavanj Osnove vakuumске tehnike. Prijave sprejema organizacijski odbor (Pavli, Nemanič, Pregelj); ki daje tudi vse dodatne informacije, tel.: (061) 267- 341.

*Predsednik DVTS:
dr.mag.Monika JENKO, dipl.ing.
Teslova 30, Ljubljana*

PREDSTAVLJAMO SPONZORJE MIDEM

EI CENTAR ZA PROJEKTOVANJE U MIKROELEKTRONICI

U RO „Ei Mikroelektronika“ u osnivanju uspešno je završen probni rad nove opreme za projektovanje silicijumskih čipova. Centar za projektovanje u mikroelektronici (CEP) opremljen je savremenim CAE/CAD računarskim sistemom koji znatno povećava produktivnost projekatata i gotovo eliminiše greške u projektovanju integrisanih kola.

Od američke firme COMPUTERVISION kupljene su radne stanice (work station) koje poseduju kompjutersku grafiku u boji, kao i jedan fajlserver. Tu je i personalni računar IBM PC/AT, elektrostatički štampač/ploter Versatec, veliki Hewlett-Packard ploter sa osam pera u boji, jedinica magnetske trake i Winchester-disk velikog kapaciteta (420 MB formatirano). Manji deo opreme kupljen je od Ei-Honeywell i Ei-Pupin (video terminali, serijski štampači sa finim otiskom i grafikom, modemi).

Računarski sistem je totalno integrisan povezivanjem opreme u ETHERNET lokalnu mrežu čime je omogućeno distribuirano projektovanje čipova i racionalno korišćenje raspoloživih resursa. Svaka radna stanica raspolaže sa po šest asinhronih interfejsa RS-232C (CCITT/V24) za priključivanje perifernih uređaja kao i za udaljene komunikacije sa drugim računarima preko modema i telefonskih veza.

Personalni računar IBM PC/AT sa monitorom u boji koristi se za unošenje grafičkih podataka kojima se zadaju električne i logičke šeme. Kada se poveže sa radnom stanicom, IBM PC/AT ima ulogu grafičkog kolor terminala preko koga mogu da se startuju programi za električnu i logičku simulaciju, kao i da se analiziraju dobijeni rezultati.

Grafičke radne stanice imaju: multiprocesorsku arhitekturu (3 x 68000 + 1x bit-slice), 86MB Winchester disk, operativnu memoriju od 4MB, grafičku memoriju od 16-bit planova (svaki plan sa po 1024 x 1024 tačaka), monitor u boji (48 cm, 1024 x 780 piksela), tastaturu, miš sa tabletom za unošenje grafičkih podataka, flopi - jedinicu 1.2 MB i baterijski back-up. Fajl-server je računar opšte namene (bez grafike) na koji je vezana sistem-ska konzola i globalni resursi (veliki disk, jedinica magnetske trake, štampači i ploteri).

Radne stanice imaju operativni sistem UNIX te omogućavaju istovremeni rad većeg broja korisnika, pri čemu svaki od njih može da aktivira izvršenje većeg broja nezavisnih programa. Od softvera opšte namene tu su kompajleri za C, FORTRAN77 i Pascal, kao i uslužni programi za obradu teksta i generisanje tabela, izradu projektne dokumentacije, formiranje i kontrolu relacionih baza podataka (UNIFY). Grafičke radne stanice raspolažu kompletnim specijalizovanim softverom za automatizovano projektovanje čipova i to: za unošenje električnih i logičkih šema, za električnu simulaciju (SPICE), za logičku simulaciju (HILO), za projektovanje topologije (layout-a) i za proveru električnih i topoloških pravila projektovanja.

Radne stanice predstavljaju savremena automatizovana projektantska radna mesta koja su snabdevena moćnim programskim alatima. U interaktivnom režimu rada, odnosno kroz dijalog sa računarom, projektant koristi teorijske modele pomoću kojih simulira ponašanje čipa u realnim uslovima. Za relativno kratko vreme dizajner može da proveriti različite ideje vezane za funkcionisanje i konstrukciju intergrisanog kola. Greške pri projektovanju čipa su skupe jer odnose po više miliona dinara. Kada projektovane maske integrisanog kola odu u proizvodnju više nema šansi za popravke, podešavanja i sl. Upravo zbog toga detaljno se kontroliše svaki korak u ciklusu projektovanja. Kompjuterizovana oprema svodi na najmanju meru greške u dizajniranju čipova uz istovremeno dupliranje produktivnosti projekatata.

U CEP-u će raditi zajednički timovi projekatata sistema/uređaja i dizajnera Ei-ME. Sistem inženjeri će projektovati funkcionalni sadržaj čipa a dizajneri Ei-ME vršiće verifikaciju i projektovati topologiju naručenog IK. Stručnjaci Ei-ME pripremaju za buduće korisnike: baze podataka za projektovanje čipova, biblioteke funkcionalnih ćelija, softver za automatsko projektovanje IK, priručnike i seminare za projektante uređaja i sistema koji žele da unaprede svoja znanja u oblasti projektovanja čipova po narudžbini. Oprema za projektovanje se stalno usavršava i pada joj cena. Potrošači CMOS IK mogu da uz relativno mala ulaganja kupe

i povežu svoje terminale, personalne računare i radne stanice sa najsavremenijom opremom za projektovnje čipova koja je instalirana u CEP-u.

U CEP-u se projektuju digitalne i analogne ASIC (Application Specific Integrated Circuits) komponente tipa gejtovskih matrica - GEM IK (gate arrays) i unikatni čipovi (full custom), a u toku je izrada biblioteka standardnih ćelija (standard cells).

Otvaranje Centra za projektovanje u Ei-ME ima strateški značaj za razvoj domaće mikroelektronike jer se stvaraju uslovi za samostalniji razvoj

i oslobađanje od uvoza stranog znanja. Jugoslovenski elektroničari dobijaju mogućnosti da sami projektuju LSI/VLSI čipove koji najbolje odgovaraju potrebama njihovih sistema. Integrisana kola za namenske uređaje biće u potpunosti domaća i zaštićena od kopiranja sa strane. U Ei su stvoreni uslovi za izvoz znanja preko projektovanja specijalno naručenih silicijumskih čipova koji se plasiraju na svetskom tržištu kroz izvoz uređaja i sistema u koje se ugrađuju.

*Miodrag R. Miličević, dipl. inž.
RO Ei- Mikroelektronika u osnivanju,
Niš, Bul. V. Vlahovića 80-82*

NOVI ČLANI DRUŠTVA MIDEM

- * GRGURIĆ KATA 592 DURO ĐAKOVIĆ, RO MARSONIA COMMERCE, SLAVONSKI BROD
- * KANDUŠER ALENKA 594 INSTITUT JOŽEF STEFAN, LJUBLJANA
- * KAVKLER STANE 591 ISKRA ELEMENTI, LJUBLJANA
- * KOPAČ MARKO 587 ISKRA ELEKTROZVEZE, LJUBLJANA
- * MALIČ BARBARA 593 INSTITUT JOŽEF STEFAN, LJUBLJANA
- * MEHAK SAŠA 590 SREDNJA ELEKTROTEHNIŠKA ŠOLA, LJUBLJANA
- * OBROVNIK VITJAN 589 FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, LJUBLJANA
- * PETRIČ MARKO 595 INSTITUT JOŽEF STEFAN, LJUBLJANA
- * ŠIFRAR MARKO 596 FNT FIZIKA, LJUBLJANA
- * ŠIVEC VILJEM 588 ISKRA ELEKTROZVEZE, LJUBLJANA
- * STADLER ZMAGO 586 ISKRA - KEKO ŽUŽEMBERK

ZAPUSTILI DRUŠTVO

- * KOŠIR SAŠO 199 ISKRA - ELEKTROMECHANIKA TEL, BLEJSKA DOBRAVA

VESTI - VIJESTI VESTI

VIJESTI IZ ZEMLJE

„ISKRA“ glasilo delovne organizacije
SOZD-Iskra u broju 30 od 5. septembra objavila je:

ISKRA KONDENZATORJI.

Poslovanje u prvome polugodištu 1988.

Padec proizvodnje

V prvem polletju so v Kondenzatorjih zabeležili 7% nižji obseg proizvodnje kot v enakem obdobju lanskega leta. Položaj je različen v posameznih sredinah in sicer je temeljna organizacija Elementi za odpravo motenj zabeležila porast proizvodnje v višini 32 %, temeljna organizacija Elektronski kondenzatorji v višini 3%, medtem ko so v enakem obdobju zabeležili padec proizvodnje v tem. organizaciji Energetski kondenzatorji in sicer za 40%

V Elektronskih kondenzatorjih in Elementih za odpravo motenj so imeli dovolj naročil za prodajo na domačem tržišču in so plan presegli medtem, ko so za prodajo na domačem trgu zabeležili izpad proizvodnje v Energetskih kondenzatorjih. Slednje je gotovo povezano z občutnim padcem investicijskih vlaganj v celotnem gospodarstvu SFRJ.

Prodaja večja za 170 odstotkov

V prvih šestih mesecih so v delovni organizaciji prodali za prek 22 milijonov dinarjev blaga, kar pomeni povečanje prodaje za 170 % v primerjavi z enakim obdobjem lanskega leta. V celotni vrednosti prodaje predstavlja prodaja na domačem trgu skoraj 70 % in prodaja za izvoz prek 30 %. Pri tem dosegajo Elektronski kondenzatorji na tujem skoraj 40% celotne eksterne prodaje, Energetski 6%, Mehanski deli in naprave 10% in Elementi za odpravo motenj skoraj šestdeset.

Vztrajanje na tujih trgih

V obdobju od januarja do junija so izvozili skoraj za 5 milijonov dolarjev blaga, kar je za 10% manj kot v enakem obdobju lanskega leta. Največje povečanje vrednosti izvoza beležijo Elementi za odpravo motenj in sicer za 64 %. Izvoz na konvertibilno področje je bil dosežen v višini 4,4 milijone dolarjev in je za 36 % višji kot v lanskem obdobju. Tudi izvoz na konvertibilno področje je najbolj porasel v Elementih za odpravo motenj.

Izvoz na klirinško področje je bistveno nižji kot v lanskem enakem obdobju, saj je delovni kolektiv

v letošnjem polletju realiziral le 23 % klirinškega izvoza, doseženega v lanskem prvem polletju.

Kazalci o gibanju izvoza ne upoštevajo sprememb v valutnih razmerjih, ker bi sicer zabeležili bistveno slabše rezultate. Zmanjšanje povpraševanja na domačem trgu in nadaljnji ukrepi omejevanja domače porabe „silijo“ semiške delavce, da vztrajajo na tujih trgih, kajti to je edini način za kvaliteto povečanje proizvodnje, poleg tega pa je izvoz nujen pogoj za normalno oskrbo z uvoznim materialom, za dvig kvalitete in dvig konkurenčne sposobnosti gospodarstva.

Glede na dejstvo, da delovna organizacija vseh proizvodov ne more plasirati na tuje tržišče, je prestrukturiranje proizvodnje postalo čedalje večja nujnost. Vendar ta proces poteka bolj na podlagi prerazporeditve človeških zmogljivosti, manj pa na podlagi novih naložb. Glede na to, da v semiški Iskri nimajo zadosti lastne akumulacije, menijo, da je edina prava pot povečanje izvoza z vzpostavljanjem trdnjših poslovnih vezi s tujimi partnerji.

Manjši uvoz

V prvem polletju so semiški Iskraši uvozili skoraj za tri milijone dolarjev blaga, kar pomeni realizacijo letnega plana uvoza v višini 48 %. V primerjavi z lanskim obdobjem so uvozili za sedem odstotkov manj blaga.

Spremenjena struktura proizvodnje se odraža na manjših potrebah po uvoznem materialu. Stopnja pokritja uvoza s konvertibilnega področja z izvozom na konvertibilno področje se je občutno izboljšala.

Povprečni mesečni dohodek: okrog 440.000 dinarjev

V Semiču je bilo ob koncu prvega polletja zaposlenih 1706 delavcev, kar pomeni, da so dodatno zaposlili štiri delavce v primerjavi z lanskim enakim obdobjem. Znotraj temeljnih organizacij se je število zaposlenih spreminjalo in sicer povečalo v Elementih za odpravo motenj na račun zmanjšanja števila zaposlenih v Energetskih kondenzatorjih in Mehanskih delih in napravah. Delež produktivnega časa se je v tem obdobju zniževal, povečeval pa se je delež bolniške in plačanih odsotnosti.

Povprečni mesečni neto osebni dohodek je dosegel višino 439.597 dinarjev in je za 159 % višji kot v polletju 1987.

VIJESTI IZ SVIJETA

Research Indicates Commercial Uses for Ceramic Superconductors by 1991.

Imminent quantum leaps in ceramic superconductor development will cause commercial applications to appear within the next three years, states research for Gorham Advanced Materials Institute (GAMI), Gorham, Maine.

„Researchers are not the verge of achieving a number of quantum jumps in transition temperature, critical current density, and fabrication technology that will permit commercialization by the early 1990s,” explained GAMI President Dr. Andrew C. Nyce bases his information on part of GAMI's ongoing, multiclient study, „The Superconducting Ceramics Industry: 1987-2000,” which evaluates the potential use of high transition temperature ceramic superconductors in applications such as magnets, power transistors, fusion power, energy storage, magnetohydrodynamics, and motors and generators.

Nyce believes today's ceramic superconductor research cannot be judged according to any set timetable. „The rate of discovery has been a function of Edisonian experimentation, scientific judgment, and plain old-fashioned good luck. In the absence of a theory placing a limit on transition temperature and critical current density, literally anything is possible. Consequently, the growing pessimism now being felt in the industry simply is not justified,” he stressed.

The study is available to GAMI clients. For information, contact Dr. Andrew C. Nyce, president, Gorham Advanced Materials Institute, P.O. Box 250, Gorham, Maine 04038; telephone: 207/892-5445.

Tektronix and Mentor Graphics Ally

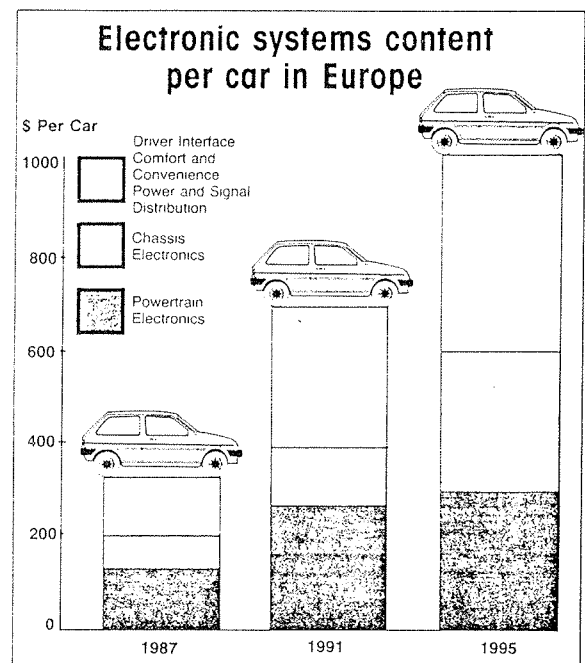
Tektronix, Inc., an electronic product and systems manufacturer, and Mentor Graphics Corp., which designs, manufactures, markets, and services EDA systems, recently linked their electronic design and test talents.

Both Beaverton, Oregon firms signed a product development and marketing agreement, and Tektronix, which is exiting the CAE systems business, agreed to sell Mentor Graphics design technologies from its CAE Systems Division, along with its Computer-Aided Software Engineering Division, for \$5 million.

Tektronix also recently established the new Design and Test integration Division (DTID), which will develop products to link design simulation, prototype verification, and manufacturing test for ASICs and PCBs, which continues work initiated by the company's CAE Systems Division. Tektronix and Mentor Graphics will cooperate to make DTID's products compatible with Mentor's CAE offerings.

„This partnership promotes a tighter strategic focus on Tektronix test and measurement strengths and signifies an important step toward improved profitability and revenue growth,” explained David P. Friedley, president and chief executive officer of Tektronix.

Povzeto iz HYBRID CIRCUIT TECHNOLOGY



„International Management" (septembar 1988.) predviđa brzi porast elektronike u europskim automobilima. U vezi s tim postavljaju se dva pitanja: 1. Odnosi li se prognoza i na jugoslovensku automobilsku industriju?

2. Da li će jugoslovenska industrija elektroničkih elemenata imati neki udjel u toj elektronici?

Študijski dan MIKROELEKTRONIKA IN DRUŽBA

Vabimo vas, da se udeležite študijskega dneva (WORK shop), ki ga organizirata MIDEM in „Center“ Gospodarske zbornice Slovenije.

Študijski dan je namenjen kritičnemu, strokovnemu, ekonomskemu in družbenemu pogledu na povezavo mikroelektronike z modernimi visokimi tehnologijami in medsebojnemu vplivu družbe. Pri tem bo osvetlitev stanja v svetu služilo samo za uvod v problematiko, težišče predavanj, prispevkov in razprave pa bo o naših jugoslovanskih razmerah.

Sedem povabljenih referentov bo predavalo o različnih aspektih vpliva mikroelektronike na druge visoke tehnologije in njihov vpliv na razvoj družbenih in ekonomskih odnosov danes in v bodočnosti.

V predvideni poldrugo uro dolgi razpravi udeležencev pričakujemo vaš osebni prispevek, ki je lahko vnaprej pripravljeno petminutno predavanje o problematiki, ki ni eksplicitno zajeta v povabljenih predavanjih, oz. o vaših izkušnjah in pogledih na tematiko mikroelektronike in družbenih procesov v Jugoslaviji.

Na študijskem dnevu pričakujemo udeležence iz krogov jugoslovanskih vodilnih gospodarstvenikov, politikov, ekonomistov, profesorjev, družbenih in gospodarskih planerjev, novinarjev in vseh tistih, ki jim usoda jugoslovanskega gospodarskega prestrukturiranja in razvoj družbe ni nepomembna, niso pa še imeli priložnosti temeljito spoznati karakteristike mikroelektronike in njenega direktnega ter indirektnega vpliva na družbene odnose. Pričakujemo tudi odziv tistih strokovnjakov s področja visokih tehnologij, ki lahko s svojim prispevkom vplivajo na ustvarjanje potrebnega širšega družbenega mnenja o smereh delovanja jugoslovanskega vodstva, ki naj deželo popelje v smeri naprednega 21. stoletja.

SPLOŠNI PODATKI

Študijski dan bomo organizirali v prostorih protokolarnega objekta Izvršnega sveta Slovenije v prekrasnem okolju Brda pri Kranju, 11. oktobra 1988.

Ker je vstop na objekt omejen, mora biti vnaprej prijavljen, zato je skrajni rok prijave za udeležbo 9. oktober.

Hoteli v Ljubljani in okolici po razstavi Sodobna elektronika niso več tako močno zasedeni, vendar priporočamo pravočasno rezervacijo direktno na upravo zelenega hotela. Za udeležence, ki se bodo prijavili na tajništvo pred 1. oktobrom in so zainteresirani za prevoz iz Ljubljane ali Kranja bomo organizirali prevoz na Brdo.

KOTIZACIJA

Kotizacija, ki vključuje knjigo prispevkov, kavo v odmorih in kosilo, znaša 100.000 din in se vplačuje na žiro račun št.: 50101- 678-74701 MIDEM 61000 Ljubljana, Erjavčeva 15 z oznako MIKRO-DRUŽBA. V primeru plačanja po posvetu, proti izstavljenemu računu, kotizacija znaša 120.000 din.

V prijavnici navedite način plačila.

PROGRAM

8.00 PRIHOD IN SPREJEM UDELEŽENCEV

9.00 UVODNI POZDRAV

9.15 STANJE MIKROELEKTRONSKE PROIZVODNJE V SVETU IN JUGOSLAVIJI
dr. R. ROČAK, pom.gl.dir. ISKRA
MIKROELEKTRONIKA, Ljubljana

9.45 MIKROELEKTRONIKA KONTRA MIKROELEKTRONIKA
mag. M. MEKINDA, gl.dir. ISKRA -
MIKROELEKTRONIKA, Ljubljana

10.15 ŠKOLOVANJE ZA MIKROELEKTRONIKU
prof.dr. P. BILJANOVIČ,
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET, Zagreb

10.45 - 11.00 ODMOR

11.00 MIKROELEKTRONIKA IN INOVACIJSKI PROCESI
dr. I. BANIĆ, INSTITUT EKONOMSKE
FAKULTETE, Ljubljana

11.30 DRUŽBA IN VISOKE TEHNOLOGIJE
E.M. PINTAR, namestnik predsednika
KOMITEJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
IN TEHNOLOGIJO SR SLOVENIJE, Ljubljana

12.00 - 14.00 OBED

14.00 INFORMATIKA I DRUŠTVO
dr. V. SRIČA, PREDSEDNIK KOMITETA
ZA NAUKU, TEHNOLOGIJU I INFORMATIKU
SR HRVATSKE, Zagreb

14.30 AUTOMATIZACIJA I DRUŠTVO
D. JURJEVEC, PRIVREDNA KOMORA
JUGOSLAVIJE, Beograd

15.00 - 16.30 KRATKI PRISPEVKI IN DISKUSIJA

dr. Rudi Ročak
Predsednik društva MIDEM

*HOECHST and its subsidiaries are presenting in cooperation with Midem
and Jugohemija, Beograd, Ljubljana branch office,*

on October 12th, 1988 in Club Delegatov, Ljubljana,

from 7.45 am to 4.00 pm, Symposium:

„Hoechst, Partner for the Electronics Industry of Yugoslavia“.

Our experts present:

1. Hoechst chemicals for electronics
2. Wacker-Chemitronic, a leading supplier of Si-wafers
3. *Ozatec Dry Film Photoresists for the PCB-industry
4. Process chemicals for IC-manufacturing
5. Gases for the electronics industry
6. *Frigen solvents for cleaning of PCBs and application of *Hostinert-perfluorinated liquids in the electronics industry.

7. Ringsdorff Werke products for the semi-conductor technology

We would very much appreciate your attending the meeting.

Please return attached reply card to:*

* Hoechst AG
Predstavništvo u Jugoslaviji
Generala Ždanova
YU-11000 Beograd

We are looking forward to seeing you at the meeting in Ljubljana.

Prosimo za prijavo na DRUŠTVO MIDEM, Titova 50 ali na naslov HOECHST.