

BELAVIĆ

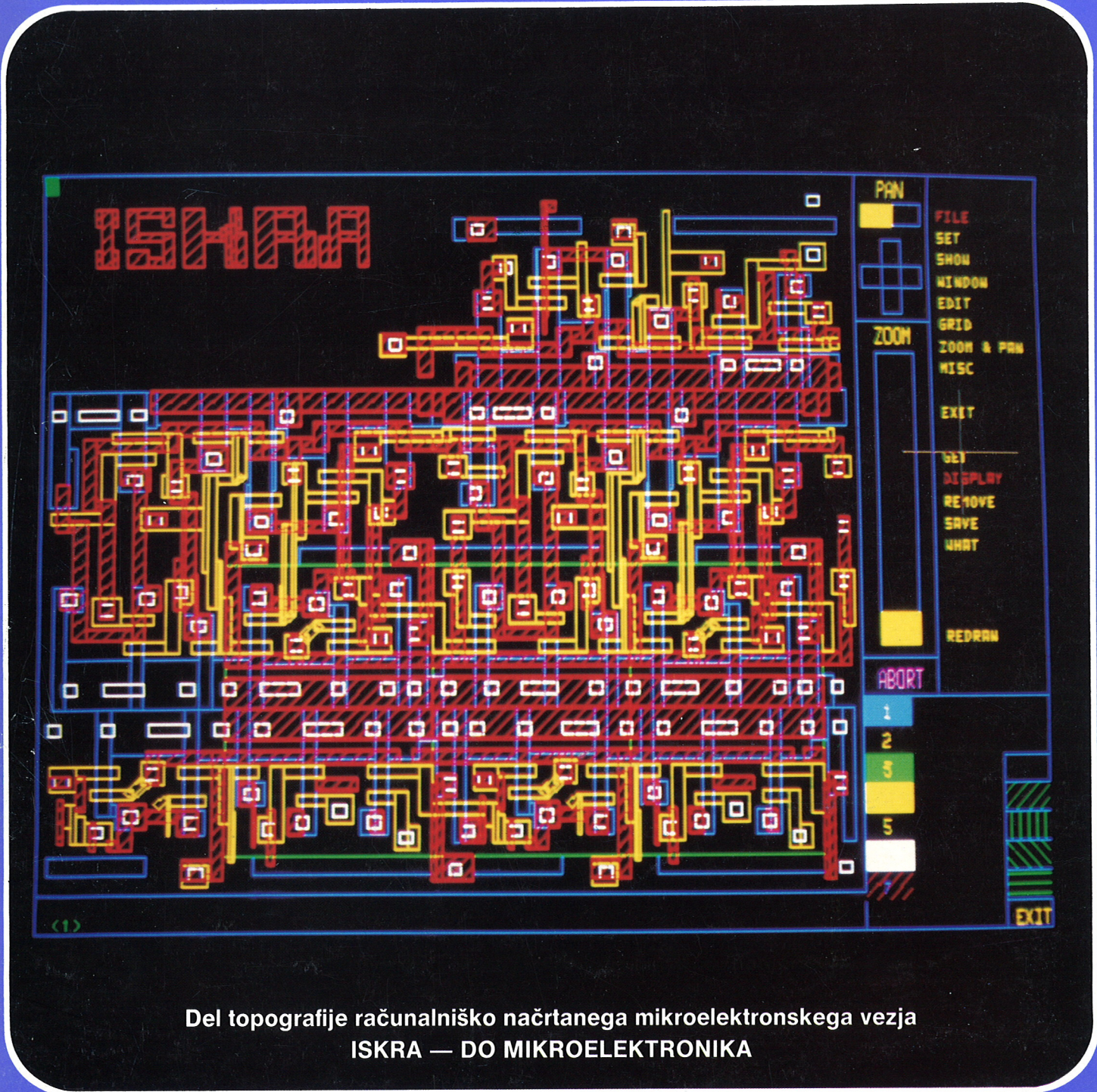
# INFORMACIJE MIDEM

Strokovno društvo za mikroelektroniko,  
elektronske sestavne dele in materiale

Stručno društvo za mikroelektroniku,  
elektronske sestavne delove i materijale

1 • 1987

LJUBLJANA, APRIL 1987, LETNIK-GODINA 17, ŠTEVILKA-BROJ 41



Del topografije računalniško načrtanega mikroelektronskega vezja  
ISKRA — DO MIKROELEKTRONIKA

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

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

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

Glavni in odgovorni urednik Glavni i odgovorni urednik	Alojzij Keber, dipl. ing.
Tehnični urednik Tehnički urednik	Janko Colnar
Uredniški odbor Redakcioni odbor	Mag Milan Slokan, dipl. ing. Miroslav Turina, dipl. ing. Mag Stanko Solar, dipl. ing. Dr Rudi Ročak, dipl. ing. Pavle Tepina, dipl. ing.
Člani izvršnega odbora MIDEM Članovi izvršnog odbora MIDEM	Mr Vlada Arandelović, dipl. ing. — Ei-Poluprovodnici, Niš Mr Mladen Arbanas, dipl. ing. — RIZ-KOMEL, Zagreb Franc Beravs, dipl. ing. — Iskra-Polprevodniki, Trbovlje Mr Željko Butković, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Zagreb Jasminka Čupurdija, dipl. ing. — Rade Končar-ETI, Zagreb Mr Miroslav Damjanović, dipl. ing. — VTI, Beograd Prof dr Tomislav Đekov, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Skopje Mihajlo Filiferović, ing. — Mipro, Rijeka Prof dr Jože Furlan, dipl. ing. — Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
Tajnik-sekretar	Mr Miroslav Gojo, dipl. ing. — RIZ-KOMEL, Zagreb Franc Jan, dipl. ing. — Iskra-HIPOT, Šentjernej Mr Slavoljub Jovanović, dipl. ing. — Ei-Poluprovodnici, Niš Alojzij Keber, dipl. ing. — Institut Jožef Stefan, Ljubljana Prof dr Drago Kolar, dipl. ing. — Institut Jožef Stefan, Ljubljana
Podpredsednik	Ratko Krčmar, dipl. ing. — Rudi Čajavec, Banja Luka Mag Milan Mekinda, dipl. ing. — Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana
Podpredsednik	Mr Vladimir Pantović, dipl. ing. — Ei-IRI, Zemun Ljutica Pešić, dipl. ing. — Institut Mihailo Pupin, Beograd Ervin Pirtovšek, dipl. ing. — Iskra IEZE, Ljubljana
Predsednik	Dr Rudi Ročak, dipl. ing. — Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana Dr Alenka Rožaj-Brvar, dipl. ing. — Iskra-Center za elektrooptiko, Ljubljana
Tajnik-sekretar	Pavle Tepina, dipl. ing. — Ljubljana Prof dr Dimitrije Tjapkin, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Beograd Prof dr Lojze Trontelj, dipl. ing. — Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana Mag Stanko Solar, dipl. ing. — Iskra-Avtoelektrika, Nova Gorica
Podpredsednik	Mag Milan Slokan, dipl. ing. — Ljubljana Prof dr Ninoslav Stojadinović, dipl. ing. — Elektronski fakultet, Niš Prof dr Sedat Širbegović, dipl. ing. — Elektrotehnički fakultet, Banja Luka Mr Srebrenka Ursić, dipl. ing. — Rade Končar-ETI, Zagreb
Naslov uredništva Adresa redakcije	Uredništvo Informacije MIDEM Elektrotehniška zveza Slovenije Titova 50, 61000 LJUBLJANA telefon (061) 316-886, (061) 329-955

Člani MIDEM prejema<sup>o</sup> Informacije MIDEM brezplačno

Članovi MIDEM primaju Informacije MIDEM besplatno

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

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

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

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

VSEBINA - SADRŽAJ

Alojzij Keber: TUDI INFORMACIJE MIDEM LAHKO PRIPOMOREJO K INTERNACIONALIZACIJI DELOVANJA DRUŠTVA MIDEM	
Michal J. Slaby, Jan A. Dziuban: MICROMECHANICS ON SILICON - SHORT REVIEW	3
Tomislav Švedek, Goran Božić: MOS/LSI FILTERI	15
Iztok Šorli: AVTOMATIZACIJA IN RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA INTEGRIRANIH VEZIJ	19
Djuro Koruga: MOLEKULARNA ELEKTRONIKA U JAPANU	28
Andrej Češnovar, Dušan Dolničar: RAZVOJ DOMAČE OPREME ZA PROIZVODNJO FERITOV	30
Mijo Šarlija: PRIKAZ REALIZACIJE PROIZVEDENIH AUTOMATA, UREDJAJA I ALATA S NAGLASKOM NA PROBLEMATIKU PROIZVODNJE ELEKTROKONTAKTNIH ELEMENATA, RELEJA, TE OBRADJE ELEKTROVODIČA	33
Milan Slokan: JUGOSLOVANSKI METALURŠKI KOVINSKI SILICIJ KOT IZHODNA SUROVINA ZA POLPREVODNIŠKI SILICIJ IN ZA IZDELKE SILICIJEVE KEMIJE	34
Varužan M. Kevorkijan: POZIV NA FORUM O ŠKOLOVANJU KADROVA ZA ELEKTRONSKE MATERIJALE U JUGOSLAVIJI	40
Ljutica Pešić: PRILOG RASPRAVI O KNJIZI "MIKROELEKTRONSKA REVOLUCIJA I DRUŠTVENE POSLEDICE"	42
Rudi Ročak: POROČILO PREDSEDNIKA DRUŠTVA MIDEM NA SEJI IO DRUŠTVA 12.2.1987 V LJUBLJANI	43
Miroslav Gojo: ZAPISNIK 2. SJEDNICE IZVRŠNOG ODBORA MIDEM	45
Rudi Ročak: PLAN DELA DRUŠTVA MIDEM ZA LETO 1987 IN PRIPRAVE ZA LETO 1988	46
Iztok Šorli: SEJEM SEMICON/EUROPA V ZÜRICHU	47
Lojze Trontelj: OB ŠESTDESETI OBLETNICI ZDRAVKA BENDEKOVIČA, DIPL.ING.	49
SLOVO OD PROF. DR. EVGENA KANSKEGA - PIONIRJA RAZISKAV ELEKTRONSKIH SESTAVNIH DELOV	49
Rudi Ročak: SPISEK ČLANSTVA STROKOVNEGA DRUŠTVA MIDEM	50
Pavle Tepina: PROGRAM XV. JUGOSLOVANSKEGA POSVETOVANJA O MIKROELEKTRONIKI V BANJA LUKI	53
Monika Jenko: TEČAJ "OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE"	54

## TUDI INFORMACIJE MIDEM LAHKO PRIPOMOREJO K INTERNACIONALIZACIJI DELOVANJA DRUŠTVA MIDEM

Društvo MIDEM oziroma njegove predhodne oblike združevanja jugoslovanskih strokovnjakov na področju elektronskih sestavnih delov, materialov in v zadnjih letih mikroelektronike že vrsto let uspešno privabljajo na naša posvetovanja strokovnjake z vseh štirih smeri sveta. Začetki so bili dokaj skromni. Pretežno so temeljili na osebnih povabilih tistih strokovnjakov, za katere smo za gotovo predvidevali, da bodo predstavili za našo strokovno publiko zanimive in koristne referate. Z razmahom posvetovanj o mikroelektroniki so ti začetki prerasli v posvetovanja z razmeroma bogato zastopano mednarodno udeležbo.

Trdimo, da lahko tudi Informacije MIDEM pripomorejo k še večji vključitvi društva MIDEM v proces mednarodnega strokovnega sodelovanja, izmenjave izkušenj in pretoka koristnih strokovnih informacij. Pri tem si ne delamo utvar, da bomo uspeli kar na mah pritegniti takšne in drugačne strokovnjake iz inozemstva, ki bi nam pomagali popestriti vsebino, predvsem pa dvigniti strokovni nivo. V tej številki objavljeni članek je dokaz, da je možno izpeljati zeleno izboljšavo, le vprašanje je, če premoremo dovolj vztrajnosti in poguma za takšno akcijo, saj vemo, da niti določene avtorje iz domovine ne moremo pritegniti k sodelovanju tako, kot si v začetku predstavljamo. Če bi nam uspelo pritegniti več tujih sodelavcev Informacije MIDEM, potem bi gotovo poraslo tudi število domačih strokovno obarvanih sestavkov. Prav s tem namenom in pa iz nekaterih tehniško organizacijskih ozirov smo v tej številki tudi nekoliko preuredili vsebino Informacije MIDEM. Poslej naj bi bili na začetku vsebine strokovni in strokovno informativni članki, medtem ko bomo novice o dejavnosti in organizacijskih oblikah društva MIDEM objavljali bolj v drugi polovici vsebine. Poskušajmo biti bolj strokovni, manj govorimo in več ter kvalitetno naredimo! Ali ste vsi naši člani za to?

Urednik

Alojzije Keber, dipl.ing.



## MICROMECHANICS ON SILICON — SHORT REVIEW

Michal J. Slaby, Jan A. Dziuban

### 1. Introduction

The VLSI circuits constitute currently the most of the microelectronic production. The silicon chip covered with micron-size patterns may be considered as the symbol of electronics. However, the microelectronic technology covers many others interesting and attractive areas of technics as micromechanics.

The miniature electromechanical device made in IC's technology consists of two parts mechanical sensor (of vibration, pressure etc.) usually in the form of membrane or beam, and transformer which changes the deflection of membrane or beam into the usefull electrical signal. The silicon-based pressure sensors, accelerometers, vibration analysers, as well as the jet printers or miniature optical fiber couplers are becoming now popular in the wide range of applications.

This paper presents a short review of micromechanical active and passive devices, following some basic information mechanical properties of silicon and on manufacturing methods of three-dimensional structures.

The possible perspectives and present trends based on the author's experience and literature are also presented.

### 2. Silicon as material in micromechanics

The basic material in micromechanics integrated is a thin monocrycrystalline silicon wafer, p or n type. Usually (100) or (110) oriented wafers are used. The wafer quality should be good and its thickness should be better controled than is usually done in the IC's technology.

The wafers should be one or both sides polished (depending on the requirements), and the flatnes of the polished surfaces should be kept within  $\pm 0.1 \mu\text{m}$ . Maximum disorientation usually should not exceed  $\pm 0.25$  [1].

### 3. Mechanical properties

Monocrystalline silicon shows quite good mechanical properties [2] (Tab. I).

TABLE I

MATERIAL	YOUNG'S	YIELD	THERMAL	HARDNESS		
	MODULUS	STRENGTH	EXPANSION	KNOOP	MOOSI	BRINELL
	$\times 10^{10} \text{ (10)}$	$\times 10^9 \text{ (9)}$	$\times 10^{-6} \text{ / deg}$	Hk	Hn	Hb
	$\text{N/m}^2$	$\text{N/m}^2$		$\times 10^7$	$\times 10^7$	$\times 10^7$
				$\text{IN/m}^2$		$\text{N/m}^2$
Diamond	103,5	53	1,2	9859	10	
SiC	70	21	3,3-5,2	2480		
Al2O3	53	15,4	5,4	2060	9	
Stainless steel (max)	19,5-21	2-3,5	16	1472		340
Si3N4	38,5	14	0,8			
SiO2	7,3	2,4	0,5-0,6	470-1212	8	
W	40	4	4,5	475		111-245
Mo	34,3	2,1	5,39	270		150-230
Si	19	7	2,33	833	7	240

"In both tension and compressions single-crystal silicon has a higher elastic limit than steel, on the other hand, when limit is reached silicon fractures whereas steel deforms inelastically. Monocrystalline silicon remain strong under repeated cycles of tension and compression whereas polycrystalline metal tends to weaken and break because stresses accumulate at the intercrystal boundaries" [3].

The high elastic limit of silicon and no breakes observed after a long work of mechanical. Parts make the silicon very attractive for micromechanics.

### 4. Piezoresistivity

Piezoresistor with properly oriented edges with respect to the crystallographic direction in silicon wafer will strongly change its resistivity under the stress applied to the surface. Piezoresistive effect depends on the factors of the silicon [4], misorientation of the resistor [5], dopant level and type of the conductivity in piezoresistor area [6, 7].

For a (100) oriented wafer the Piezoresistor should be oriented along the (110) axis and the stress should be parallel or perpendicular to the piezoresistor structure.

## 5. Anisotropic etching

The structures of the mechanical parts are usually formed by means of the wet etching process. There are two types of etchants, isotropic and anisotropic. The isotropic ones etch silicon in the all possible directions with approximately the same etch rate and the resulting patterns depend on mask patterns. The anisotropic etchants show different etching rates for different crystalline directions. The degree of anisotropy is defined by the ratios of etching rates for different crystalline planes. Generally, the (100) planes have the highest and the (111) planes have the lowest etching rate [8]. The most popular anisotropic etchant is the water solution of KOH [9, 10], because of its low toxicity compared with ethylenediamine-pyrocatechol-water mixture [11, 12, 13].

In the Table II are listed the most commonly used etchants, their anisotropy degrees and etching temperatures.

## 6. Typical structures

Thin diaphragms, beams, springs and holes are the basic structures used in micromechanics. They are formed in silicon by anisotropic and/or isotropic etching processes.

TABLE II

ETCHANT COMPOSITION	TEMPERATURE [°C]	ETCH RATE [ $\mu\text{m}/\text{min}$ ]			MASKING FILMS
		(100)	(110)	(111)	
KOH-50g H <sub>2</sub> O-160ml Isopropanol -50ml	80	1		0.01	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
KOH-100g H <sub>2</sub> O-100ml	boiling		0		SiO <sub>2</sub>
KOH-44g H <sub>2</sub> O-100ml Isopropanol	85	1.4		0.0035	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
NaOH-100g H <sub>2</sub> O-100ml	80	1.2	2	0.2	SiO <sub>2</sub>
NaOH-10g H <sub>2</sub> O-100ml	65	0.25	1.0		SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
Ethylene- diamine NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> -510ml H <sub>2</sub> O-60ml Pyrocate- chol C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> - -81,5g Pyrazine C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> -3g	110	0.7			SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Al, Cr-Au
Ethylene- diamine NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> -17ml H <sub>2</sub> O-8ml Pyrocate- chol C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> - -3g	110	0.83	0.5	0.05	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Al, Cr-Au
Hydrazine N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -260ml H <sub>2</sub> O-140ml	100	1.6			

## 7. Special techniques

The wet etching process of the three-dimensional structure fabrication should be carefully controlled. The degree of the anisotropy and the etching rate depends strongly on the process parameters. It is rather difficult to produce silicon structures with dimensions within narrow margin of tolerances simply by the etching time control. Therefore special techniques are involved for obtaining proper dimensions of structures. There are two main methods used: self-stopping and stop-diffusion.

## 8. Self-stopping

When two of (111) planes forming V-groove met together perpendicularly to the surface of (100) oriented wafer etching rate changes, from approx. 0,7  $\mu\text{m}/\text{min}$  to one hundredth of that value. This allows to design a process with the V-groove etching and to estimate time needed to obtain self-stopping effect.

## 9. Stop-diffusion

The etch rate of the orientation dependent etching process decreases rapidly on the boundary between weakly and strongly doped material area [13, 14, 18]. Although the mechanism of stopping is not quite known [15, 16, 17], it has been suggested that the critical value of doping is  $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  of boron. The stop-diffusion technique allows to fabricate very precise structures as thin membranes, beams, etc. in "self-controlled" process of etching.

## 10. Pressure sensors

Miniature solid-state pressure sensors become now the most popular micromechanical devices. Each sensor has a thin silicon diaphragms made in etching process. Pressure of fluid or gas deflects diaphragm. This causes stresses in the surface layer of the membrane. Stresses are transformed into the electrical signal by means of piezoresistors located on the top surface of the membrane. Piezoresistors are diffused or ion-implanted. They are usually in the Wheatstone's bridge configuration. A structure of piezoresistive pressure sensor is shown in the Fig. 1.

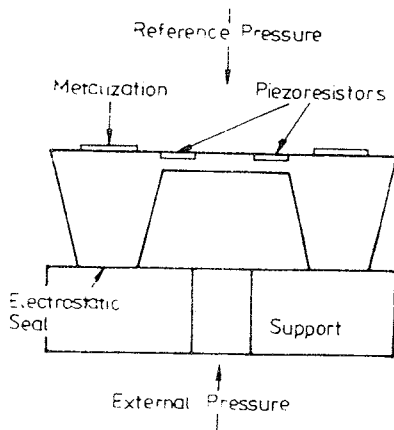


Fig. 1: Silicon piezoresistive pressure sensor

The another way to transform the deflection of a diaphragm into a suitable electrical signal is to build an air gap capacitor with diaphragm covered by metallic layer as one, and a metalized glass plate as a second electrode. The air gap is usually 2 to 5  $\mu\text{m}$ . Glass plate is anodic bonded to the silicon [20]. A structure of a such Pressure sensor is shown in the Fig. 2.

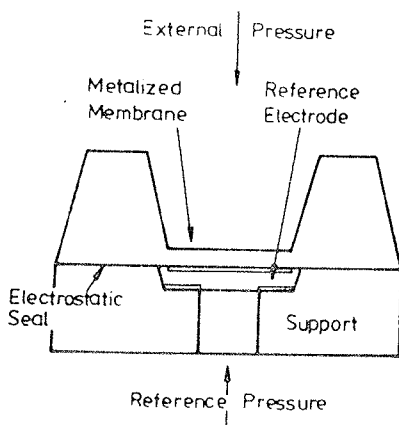


Fig. 2: Silicon capacitive pressure sensor

An electrical signal produced in a Wheastone's bridge in piezoresistive sensor has quite good linear pressure dependence. [21]. The signal level is high enough for direct measurement or use in a control system. However, the thermal drift and the long time instability are the serious problems.

There are no thermal drifts in capacitive pressure sensors (compared with the piezoresistive sensors) but the electrical signal is very small. On the other hand, sensitivity of

the capacitive pressure sensors is approximately 3 times higher [22, 23].

Very small signal needs to be amplified in on-chip electronic circuit, made in the very neighborhood of the sensor by standard IC technology [24, 25].

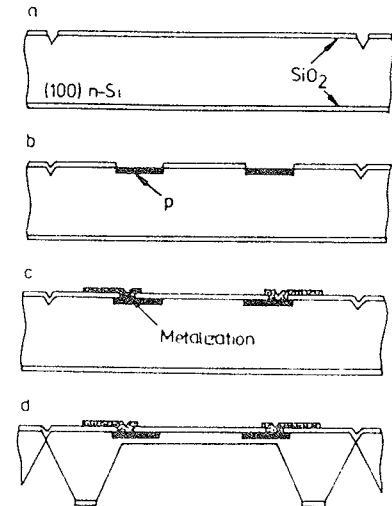


Fig. 3: Technological steps of pressure sensor fabrication the first oxidation, photolithography and anisotropic etching of V-grooves (a), diffusion of piezoresistors (b), contact metallization (c), back-side photolithography and anisotropic etching of membrane (d).

Both piezoresistive and capacitive pressure sensors are manufactured in the similar way. Technological steps of the sensor manufacturing are schematically shown in the Fig. 3. More information about the technology of silicon membrane pressure sensors is given in [26, 27, 28, 29, 30, 31]. Solid state membrane pressure sensors are used in many areas of the today technics, in motor-car industry, in chemistry. Beginning from 70's miniature blood pressure monitors have become very popular in medicine. A structure of sensor for biomedical application made by us, is shown in the SEM photography (fig. 4). The dimensions of the chip are  $2 \times 3 \times 0,2$  mm, the thickness of the membrane is  $15 \mu\text{m}$ . Miniature pressure sensor is mounted of the end of the catheter [32, 33]. The smallest sensor which has been produced up to now has dimensions  $0,2 \times 0,2 \times 0,1$  mm [34].

Recently, a pressure sensor based on a new principle of construction has been reported [35]. A thin resonator vibrates with the frequency depending on the gas pressure. Vibrations of the resonator are excited electrically. The

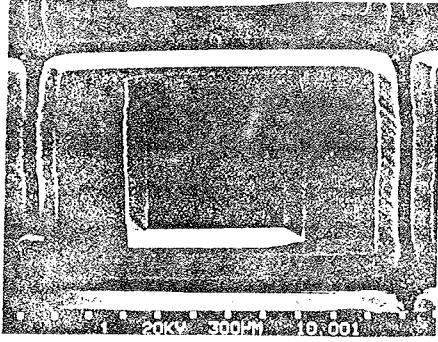


Fig. 4: The SEM photography of pressure sensor structure

ends of the resonator touch the contacting plate inducing electrical pulses. Vibrating pressure sensor might be useful in many applications, especially for low pressure gas measurements.

#### 11. Accelerometers

The miniature acceleration and vibration sensors are widely used in variety of applications, e.g. in the machine industry (for the early detection of bearing failure), in car engines (for the detection of combustion knock), in the medicine (for the investigation of heart work in vivo), etc. In the most of devices the main element is the bar with one end fixed, thus being a mechanical oscillator with a definite resonant frequency. (The beams supported at the both ends are sometimes used for the special applications [36]). The deflection of cantilevered beam, caused by the external force, may be transformed into an electrical signal in the same way as in the pressure sensors. Thus one may distinguish piezoelectric, capacitive, piezoresistive (or other) sensors. The sequence of piezoresistive accelerometer production steps is shown in Fig. 5.

The largest stress induced by the cantilevered beam movement at its fixed end changes the resistance of piezoresistor made by means of diffusion. The identical piezoresistor is placed on the support for the temperature compensation. The chip with the beam, piezoresistors and feeders is assembled with two glass plates of special shape (fig. 6.). The sensor with dimensions  $2 \times 3 \times 0,6$  mm and mass of 0,029 may monitor acceleration in the range from

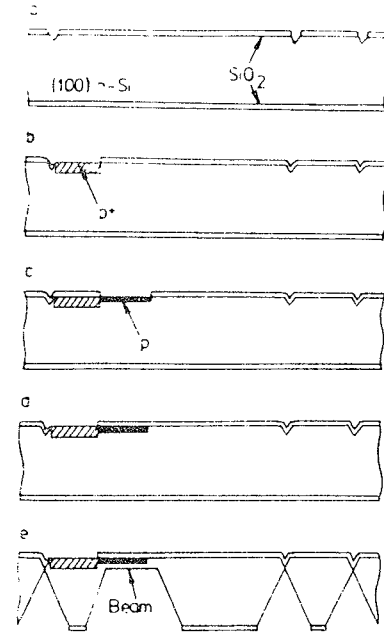


Fig. 5: Simplified fabrication procedure of the piezoresistive accelerometer the first oxidation, photolithography and anisotropic etching of V-grooves (a), the second oxidation, photolithography and  $p^+$  diffusion (b), photolithography and diffusion of piezoresistors (c), opening of contact windows (d), back-side photolithography and anisotropic etching of beam with silicon mass

0,001 to 200 g. The nonlinearity is about 1% [37]. A SEM photograph of similar accelerometer made by us is shown in the Fig. 7.

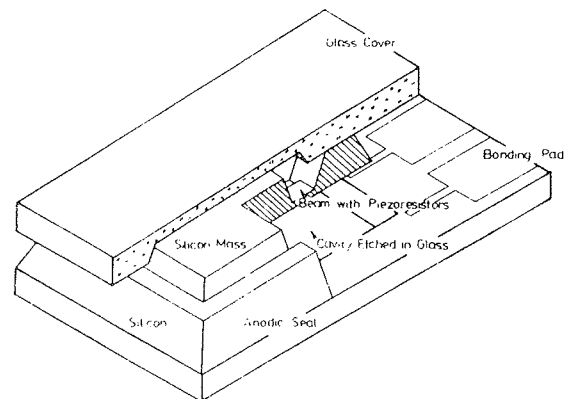


Fig. 6: The structure of silicon accelerometer mounted between two glass plates with special shape



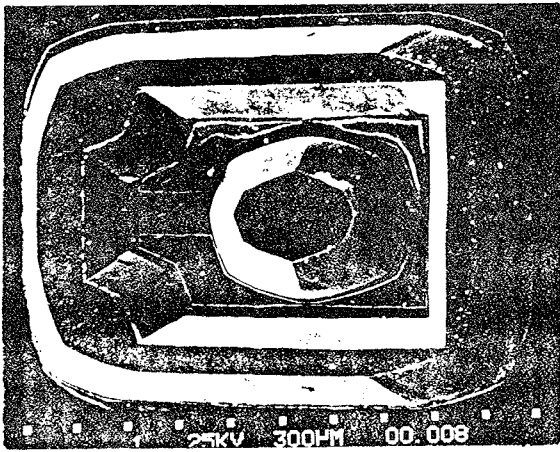


Fig. 7: The SEM photography of mechanical construction of the accelerometer

A chip with many beams of various geometries (thus with various resonance frequencies) makes possible a vibration spectrum analysis without sophisticated electronic circuitry (Fig. 8.) [36, 37]. The Precise control of the beam geometry is possible due to the self-stopping anisotropic etching in the heavily doped p+ areas. This method enables also for production of vibrating elements with more complicated geometry, eg. spiral (Fig. 9.) [36, 38, 39]. Another accelerometer design is shown in Fig. 10. The piezoelectric ZnO layer is deposited on the silicon beam. The charge appearing when the beam is deflected is capacitively coupled with the gate of a FET transistor. Such accelerometers allow to measure acceleration up to 1000 g, frequencies to 40 kHz and their nonlinearity is less than 0,8% [40].

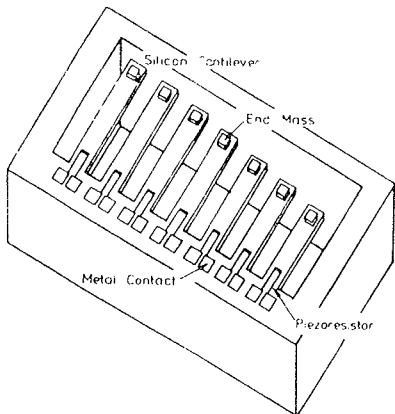


Fig. 8: Silicon vibration sensor with 7 cantilevers each having another resonant frequency

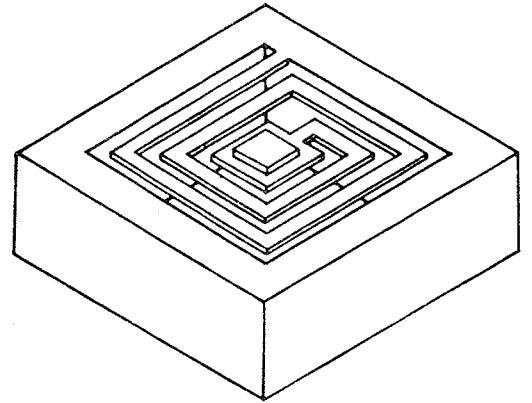


Fig. 9: Cantilever with a thickness of 5  $\mu\text{m}$  and total length of 4 mm folded into a spiral. Its resonant frequency is 100 Hz [36]

If the silicon bar is one electrode of a capacitor then the beam deflection appears as the capacitance change. Such design is shown in Fig. 11. A simple detector of capacitance changes based on MOS transistors is placed in the same chip [41]. Accelerometers that do not require detection are so-called threshold accelerometers. These sensors constitute in fact a set of contacts which connect under a specific external force [42]. This type of sensor is used in the range from several to 10(5)g.

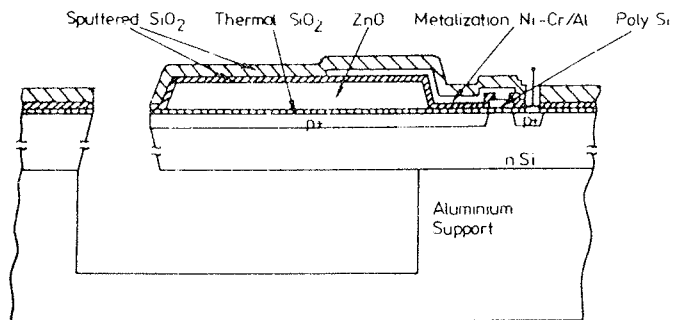


Fig. 10: Cross section of the beam portion of a piezoelectric accelerometer [40]

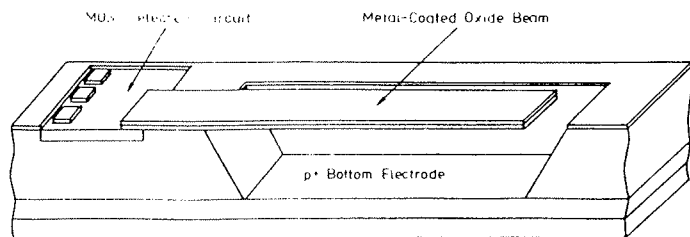


Fig. 11: Schematic of completed capacitive accelerometer coupled with a MOS detection circuit

## 12. Gas composition detector

A gas composition detector has been designed as a micro-mechanical device [43]. The silicon bridge is etched over the cavity in (110) oriented silicon wafer. A structure is covered with an organic material absorbing gases. This material increases its weight after absorption of gases from atmosphere. After absorption of gases, the self-resonant frequency changes proportionally to amount of adsorbed gas.

## 13. Optical fibre connectors and splices

The main parameter describing connection quality of two fibres, in any type of optical fibre connectors is the loss of light transmission caused by: - axial fibre misalignment, angular misalignment between the two fibre axes, separation between the two fibre endfaces. Quality of micro-mechanical construction for optical fiber connector should be very high to keep losses on the level of 0,2 to 0,3 dB. For example, an axial (transverse) offset of around 30% (equivalent to 15  $\mu\text{m}$  for fibre with core diameter of 50  $\mu\text{m}$ ) may introduce a loss of approximately 2 dB [44]. The mechanical component produced in the anisotropic etching process allow to connect two optical fibers with an accuracy better than 1  $\mu\text{m}$  [45]. In our Institute structures with V-shaped grooves have been made (Fig. 12.). An undercutting and self-stopping effects have been used to shape the ends of V-grooves. The silicon chip with V-grooves has been mounted in mechanical housing.

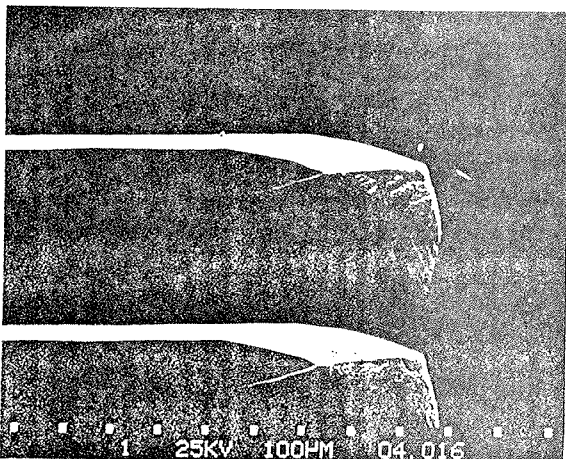


Fig. 12: The end part of microconstruction for fiber connector made in one etching process

The optical fibre connector obtained in this way has losses (0,3 dB). The groove technique is particularly suitable for obtaining substrates with multiple guides required to splice several fibres contained in one cable [46]. A multifibre splice has been made in Bell Laboratory [47].

## 14. Ink Jet Printer

In these printers fine jets of ink (10-100  $\mu\text{m}$  in diameter) are formed by forcing ink under pressure through an array of nozzles. The jets break up into streams of uniformly spaced droplets. Each droplet can be deflected or allowed to pass undeflected to the paper depending on whether or not it has been charged. The charge on a droplet is proportional to the voltage applied to the charge electrode surrounding the jets at the point of drop formation. Each of the charge electrodes in the array must be electrically connected to an independent signal source, thus allowing the production of arbitrary patterns, and all the nozzles should satisfy rather stringent structural uniformity requirements in order to achieve accurate placement of the drops. The nozzles are formed by etching pyramidally shaped holes through (100) Si wafer [48]. The charge electrode consists of an array of trapezoidal slots anisotropically etched in a (110) Si n-type wafer. The sidewalls of these slots as well as address lines on the surface are heavily doped (deep  $p^+$  diffusion). The structure is passivated with the layer of  $\text{SiO}_2$  except the contact areas at the ends of each address line (Fig. 13) [49]. Another construction of integrated planar ink-jet nozzle structure has been reported by Petersen [50]. The nozzle

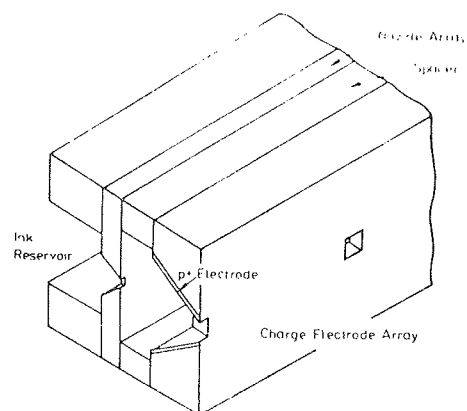


Fig. 13: A structure of ink jet printer [49]

is formed by shallow isotropically etched groove connected with a large cavity. The large cavity anisotropically etched in the (110) Si wafer is sealed on top and bottom by the anodic glass-silicon bonding procedure. The top thin glass foil acts as the pump diaphragm (Fig. 14).

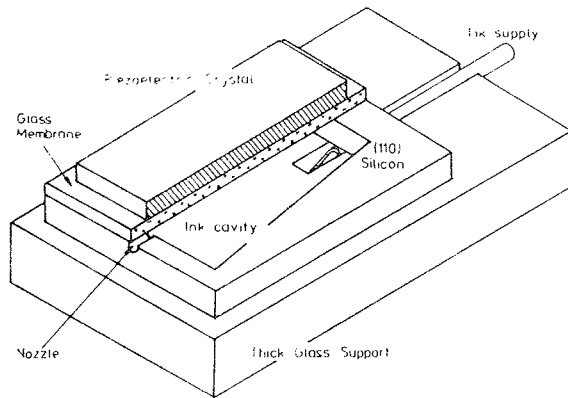


Fig. 14: Schematic of completed nozzle structures with top glass plate serves as the pump diaphragm

#### 15. Sieves and filters

The submicrometer electron or x-ray lithography together with anisotropic etching makes possible the production of fine silicon sieves and filters. In the Fig. 15 an example of microsieve is shown. This microsieve has been produced by the etching of vertical grooves on both sides of the (110) Si wafer. These grooves on one side are perpendicular to the grooves etched on the other side. Another geometry is used for production of the filters made from (100) oriented wafers (Fig. 16). The presence of p-n jun-

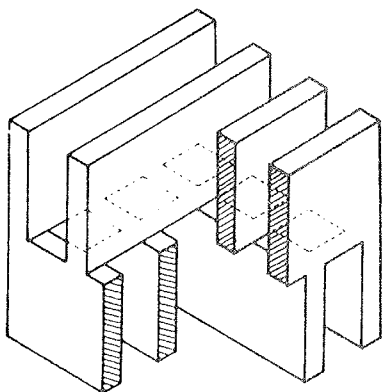


Fig. 15: Microminiature sieve obtained by etching halfway through a (110) slice from each side

ction allows for some control of the liquid flow through the filter due to the turbulences caused by non-uniform heating of the structure under the current flow. The filter geometry may be such that the turbulences force liquid circulation as shown in the Fig. 16. Such a structure shows properties of a miniature pump [51].

#### 16. Microswitch

In a (110) oriented, oxidized silicon wafer, very thin silicon dioxide beams over the cavity in silicon are formed in the wet etching process in EDP etchant [52]. Beams are covered with metal layers. An air gap capacitor is then formed, with metal and silicon as electrodes. At the end of the beam and on the surface of silicon are formed switching electrodes. A supply voltage deflects beam toward cavity bottom, by electrostatic forces induced in the air-gap capacitor, and switching electrodes coupled together. Overall dimensions of the device are approx.  $100 \times 50 \mu\text{m}$ , with an air gap of  $5 \mu\text{m}$ . Switching current depends on the area of the switching electrodes and may be as high as 10 mA. Supply voltage is up to 70V. Switching frequency reaches to 100 kHz. Control circuit is electrically isolated from the switching electrodes. The memory effect has been observed. Microswitches are expected

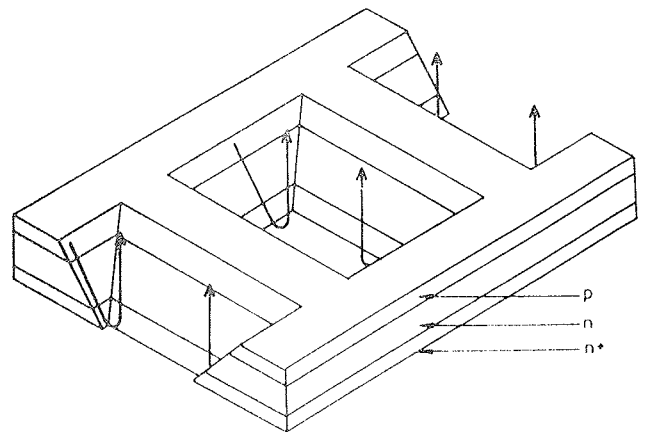


Fig. 16: Schematic of liquid filter with diode structure

to become additional equipment in the integrated circuits. A structure and technology of integrated microswitch is presented in the Fig. 17.

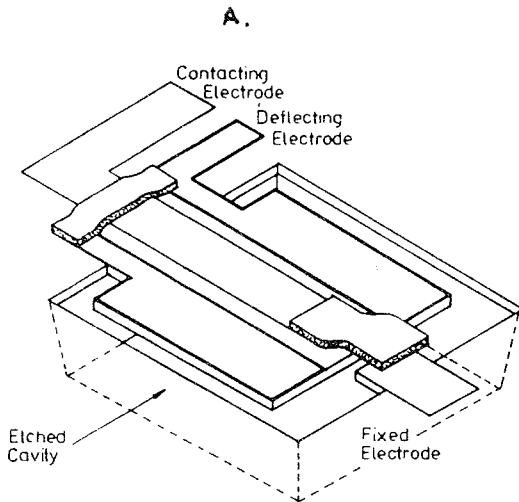
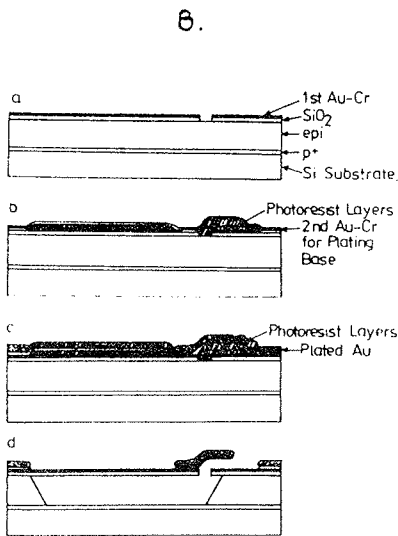


Fig. 17: A. The single contact low-current design of micromechanical switch,



B. Cross sectional diagrams of micromechanical switch at various stages of fabrication procedure first metal etch and oxide etch (a), evaporation of Au-Cr (b), selective Au plating (c), finished structure after photoresist stripping, removal of excess plating base, and anisotropic etch

## 17. Light modulator

It has been suggested in [53] that light modulator based on the microswitch structure, described above may be produced. A system of thin silicon-dioxide beams covered with a reflecting layer for the visible laser light is the essential part of scanning projectile system presented in the Fig. 18. We suggest a matrix of thin beams in the form

of alphanumeric symbols. Maximum frequency of work is approx. 50 kHz for lines and 50 to 100 kHz for screen. Supply voltage up to 70V is needed. An electrical system with microprocessor should be used for steering and controlling of the system.

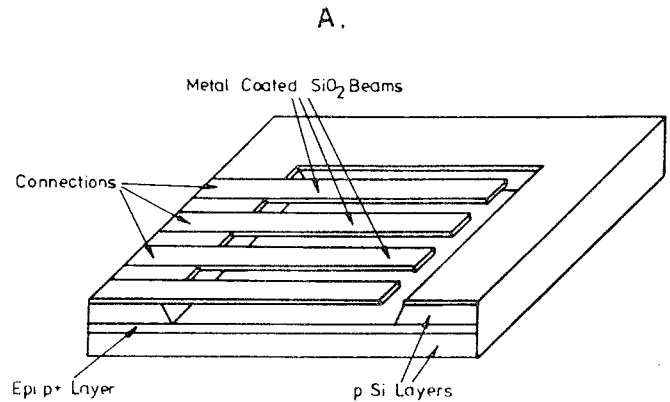
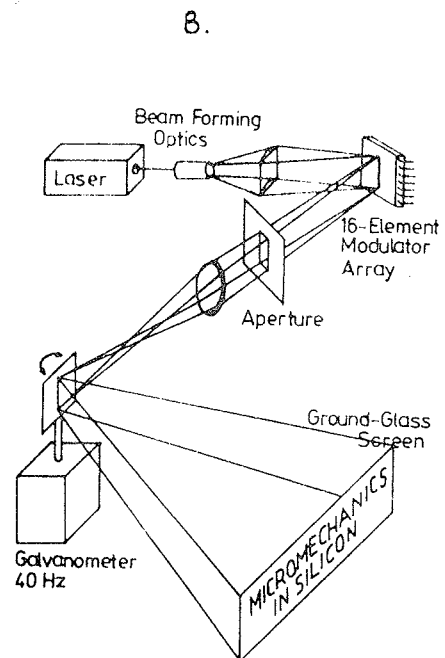


Fig. 18: A. Schematic of multi-beam light modulator array



B. Schematic of optical display employing the multibeam array showed in Fig. 18.A. [53]

More sophisticated design of the projection-tube display is described by R.N. Thomas et al. [54]. The device consist of a set of electrostatically adjusted miniature mirrors. A high density matrix (about 400 mirrors/mm<sup>2</sup>) is placed inside oscilloscope tube instead of the screen. The charge delivered by the electron beam to the mirrors

causes their deflection. The oscilloscope is illuminated by the strong light source from the outside by means of proper optical system. Particular points in the remote screen are light or dark depending on the mirror positions (Fig. 19A). Each miniature mirror matrix is made of a thin (+/- 300 nm) SiO<sub>2</sub> membrane on a monocrystalline Si pedestal (about 4-5 μm thick). The reflecting layer is an aluminium layer 30 nm thick, deposited on a membrane by means of vacuum evaporative. The whole is placed on transparent sapphire substrate. A procedure of the mirror production is shown in Fig. 19B. Such a display showed the resolution of 400 lines and the 15:1 contrast. In addition the single picture recorded in the 1/30 sec may be kept for many hours.

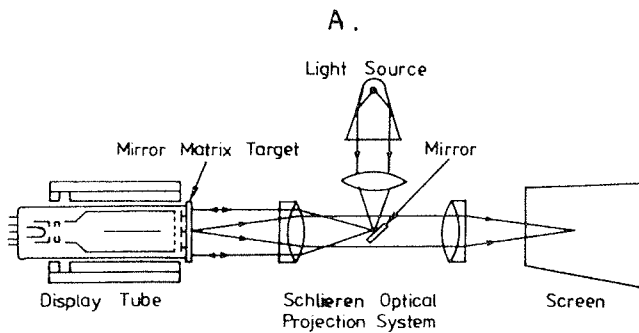
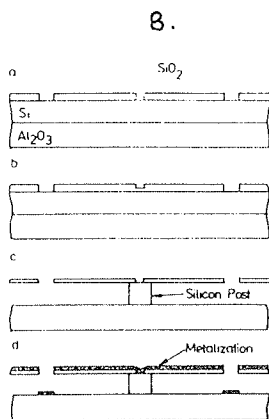


Fig. 19: A. Schematic of display system using mirror-matrix light valve

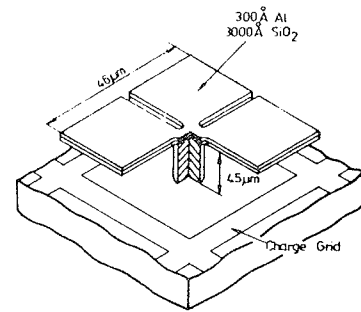


B. Simplified fabrication scheme of the target, two oxidation and photolithographic pattern definition (a), (b), etching of wafer (c), metallization (d)

18. Cooling of the integrated circuits

The problem of the heat removal from the integrated circuits is one of the most important to be solved if further

C.



C. View of individual light valve

miniaturization will be performed, especially in fast bipolar logic devices. The highest heat dissipation possible in standard assembly techniques is estimated about 20 W/cm<sup>2</sup> (2). The essential improvement in this field is the forced cooling as shown in Fig. 20. In the (110) oriented substrate the deep and narrow grooves with rectangular profile have been etched. Such a chip was bonded to a glass plate by means of the anodic bonding. These channels are then used for cooling liquid. Best results have been obtained for grooves 50 μm apart. The test showed that for surface of 1 cm<sup>2</sup> the thermal resistance was 0.1 K/W for the cooling water flow of 10 cm<sup>2</sup>/sec. The power dissipation ability was 600 W/cm<sup>2</sup> [2]. It seems possible that the use of these simple and not expensive cooling methods may make possible a production of the integrated circuits containing in one package some 25000 gates 10 mW each (i.e. 250 W of the total power) [2].

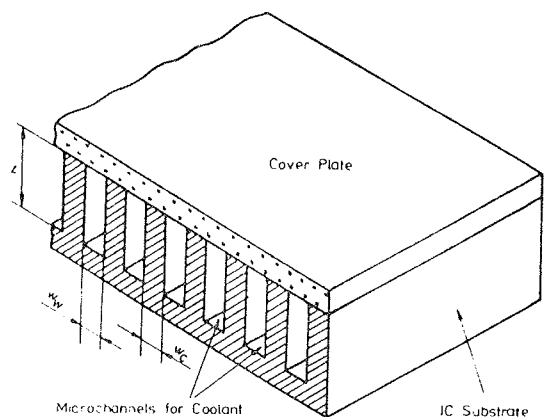


Fig. 20: Schematic view of a compact heat sink incorporated into an integrated circuit chip.

## 19. Summary

It is impossible to list all the future application of the micro-mechanical devices.

In the integrated circuit technology a possibility of high-value capacitors [55, 56, 57] and inductances [58] appeared due to the precise etching. The development of surface increases the efficiency of the solar cells [59, 60]. The all silicon masks are used in x-ray [61, 62, 63] and ion lithography [64], as the shadow masks in the molecular epitaxy [37] or evaporation masks [65]. Of course, it is possible to make much more complicated devices as the gas chromatography analyzer [66], miniature cryogenic refrigerators [67] X-ray laser [68] or tactile imagers for robots [69].

## References

- [1] J.A. Dziuban, M.J. Slaby, "Three-dimensional pressure silicon sensor - technological analysis" in proceed. of 14th Yugoslav Conf. Microelectronic, Beograd, May 1986
- [2] K.E. Petersen, "Silicon as a mechanical material" Proceeding of the IEEE, vol 70, pp. 420-457, 1982
- [3] J.B. Angell, S.C. Terry, P.W. Barth, "Silicon mechanical devices" Sci. Amer., April 1988, pp. 44-56
- [4] Y. Kanada, "A graphical representation of the piezoresistance coefficients in silicon", IEEE Trans. Electron. Devices, vol. ED-29, January 1982, pp. 64-70
- [5] O.N. Tufte, P.W. Chapman, D. Long, "Silicon diffused-element piezoresistive diaphragms", J. Appl. Phys., vol. 33, Nov. 1962, pp. 3322-3327
- [6] K. Yamada, M. Nishihara, S. Shimada, M. Tanabe, "Nonlinearity of the piezoresistance effect of p-type silicon diffused layers", IEEE Trans. Electron. Dev. Vol. ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 71-77
- [7] O.N. Tufte, E.L. Stelzer, "Piezoresistive properties of silicon diffused layers", J. Appl. Phys., Vol. 34 Feb. 1963, pp. 313-316
- [8] R.M. Finne, D.L. Klein, "A water-amine-complexing agent system for etching silicon", J. Electrochem. Soc. vol. 114, 1967, pp. 965-970
- [9] J.B. Price, "Semiconductor silicon", H.R. Huff and R.R. Burges Editors, p. 339. The Electrochem. Society Softbound Proceeding Series, Princeton, N.Y. 1973
- [10] K.E. Bean, "Anisotropic etching of silicon" IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-25, No 10, Oct. 1978, pp. 1185-1193
- [11] A. Reisman, H. Berkenblit, S.A. Chan, F.B. Kaufman, D.C. Green, "The controlled etching of silicon in catalized ethylene diamine Pyrocatechol-water solutions", J. Electrochem. Soc., vol 126, 1979, pp. 1406-1415
- [12] D.B. Lee, "Anisotropic etching of silicon", J. Appl. Phys., vol. 40, No 11, Oct. 1969, pp. 4569-4574
- [13] H. Seidel, L. Csepregi, "Studies on the anisotropy and selectivity of etchants used for the fabrication of stress-free-structures", The Electrochem. Soc. Extended Abstracts, vol. 82-1, 1982, pp. 194-195
- [14] I. Barycka, H. Teterycz, Z. Znamirovski, "Sodium hydroxide solution shows selective etching of boron doped silicon" J. Electrochem. Soc., vol 126, No 2, 1979, pp. 345-346
- [15] A. Bohg, "Ethylene diamine-pyrocatechol water mixture etching anomalously in boron-doped silicon", J. Electrochem. Soc., vol 118, No 2, Feb. 1971, pp. 401-402
- [16] N.F. Raley, Y. Sugiyama, T. Van Duzer, "(100) silicon etch-rate dependence on boron concentration in ethylene-diamine-pyrocatechol-water solutions" J. Electrochem. Soc., vol 131, 1984, pp. 161-171
- [17] E.D. Palik, J.W. Faust, H.F. Gray, R.F. Greene, "Study of the etch-stop mechanism in silicon", J. Electrochem. Soc. vol 129, No 9, Sept. 1982, pp. 2051-2059
- [18] E.D. Palik, V.M. Bermudez, O.J. Glembocki, "Ellipsometric study of the etch-stop mechanism in heavily doped silicon" J. Electrochem. Soc., vol 132, No 1, Jan. 1985, pp. 135-141
- [19] H. Seidel, L. Csepregi, "Etch-stop mechanism of highly boron-doped silicon layers in alkaline solutions", The Electrochem. Soc. Extended Abstracts, 1985, pp. 839-840
- [20] G. Wallis, D.I. Pomerantz, "Field assisted glass-metal sealing", J. Appl. Phys., vol 40, No 10, Sept. 1969, pp. 3946-3950
- [21] S.C. Kim, K.D. Wise, "Temperature sensitivity in silicon piezoresistive pressure transducers", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-30, No 7, July 1983, pp. 802-810
- [22] K.W. Lee, K.D. Wise, "SENSIM: A simulation Program for solid-state Pressure sensors", IEEE Trans. Electron. Dev., Vol ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 34-41
- [23] W.H. Ko, M.H. Bao, Y.D. Hong, "A high sensitivity integrated circuit capacitive pressure transducer", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 48-56
- [24] W.K. Ko, B.X. Shao, et al., "Capacitive pressure

- transducers with I.C." Sensors and Actuators vol 4, No 3, Nov. 1983, pp. 403-411
- [25] J.M. Borky, K.D. Wise, "Integrated signal conditioning for silicon-pressure sensors", IEEE Trans. Electron Dev., vol ED 26, Dec. 1979, pp. 1906-1910
- [26] J. Bryzek, "Approching performance limits in silicon piezoresistive pressure sensors, Sensors and Actuators, vol 4, 1983, pp.669-678
- [27] M. Esahi, H. Komatsu, T. Matuso, "Biomedical pressure sensor using buried piezoresistors" Sensors and Actuators, vol 4, No 4, Dec. 1983, pp. 537-544
- [28] T. Ishihara, M. Hirata, K. Suzuki, "MOS integrated silicon Pressure sensor", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-32, No 7, July 1985, pp. 1191-1195
- [29] C.S. Sander, J.W. Knutti, J.D. Meindl, "A monolithic capacitive pressure sensor with pulse period output", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-27, No 5, May 1980, pp. 927-930
- [30] Samaun, K.D. Wise, J.B. Angell, "An piezoresistive pressure sensor for biomedical instrumentation", IEEE Trans. Biomed. Eng, vol. BME-20, March 1973, pp. 101-109
- [31] Y.S. Lee, K.D. Wise, "A batch-fabricated silicon capacitive pressure transducer with low temperature sensitivity", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 34-41
- [32] M. Esahi, at el., "Fabrication of catheter-tip and sidewall miniature pressure sensors", IEEE Trans. Electron. Dev., vol ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 57-63
- [33] W.H.Ko, J. Hyneczek, S.F. Boettcher, "Development of a miniature pressure transducer for biomedical application", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-26, Dec. 1979, pp. 1896-1906
- [34] H. Guckel, D.W. Burns, "Planar processed polysilicon sealed cavities for pressure transducer arrays", in proc. of IEDM, San Francisco, Dec. 1984, pp. 223-226
- [35] J.C. Greenwood, "Etched silicon vibrating sensor", J. Phys. E., vol. 17, No 8, Aug. 1984, pp. 650-652
- [36] W. Benecke, L. Osepregi, A. Heuberger, K. Kuhl, H. Seidel, "A frequency-selective piezoresistive silicon vibration sensor", in Proceed. International Conf. Solid State Sensors and Actuators 85', Boston 1985
- [37] L.M. Roylance, J.B. Angell, "A batch-fabricated silicon accelerometer", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-26, No 12, Dec. 1979, pp. 1911-1917
- [38] L. Csepregi, H. Seidel, "Silicon sensor-possibilities of their manufacture and application", Electrochem Zeitschrift etz., Bd. 105, H.15, Aug. 1984, pp. 792-795, (in German)
- [39] L. Csepregi, "Micromechanics : A silicon microfabrication technology", Microelectronic Engineering, vol. 3, No 1-4, Dec. 1985, pp. 221-234
- [40] P.L. Chen, R.S. Muller, at al., "Integrated silicon microbeam PI FET accelerometer", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 27-33
- [41] K.P.E. Petersen, A. Shartel, N.F. Raley, "Micromechanical accelerometer integrated with MOS detection curcuity", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-29, No 1, Jan. 1982, pp. 23-27
- [42] W.B. Frobenius, S.A. Zeitman, M.W. White, D.D. O'Sullivan, R.G. Hammel, "Microminiature gaged threshold accelerometers compatible with integrated circuit technology", IEEE Trans. Electron. Dev. vol. ED-19, No 1, Jan. 1972, pp. 37-40
- [43] R.T. Howe, R.S. Muller, "Integrated resonant-microbridge vapor sensor", in Proc. of IEDM (San Francisco, Dec. 1984), pp. 213-217
- [44] G. Knoblauch, H.N. Toussaint, "Connectors for fiber-optic components and system", Siemens Telekom. Report., vol. 6, Oct. 1983, "Optical communications", pp. 96-101
- [45] C.M. Schroeder, "Accurate silicon space chips for an optical fiber cable conector", Bell. Syst. Techn. J., Vol. 57, No 1, 1978, pp. 91-97
- [46] F. Esposito, E. Vezzoni, "Connecting and splicing techniques in optical fibre communication", Torino, Italy, McGraw-Hill, 1981
- [47] C.M. Miller, "Fiber optic array splicing with etched silicon chips", Bell. Syst. Techn. J., vol. 50, No 1, Jan. 1978, pp. 75-90
- [48] H.H. Taub, L. Kuhn, "Ink jet printing nozzle arrays etched in silicon", Appl. Phys. Letters., vol. 31, July 1977, pp. 135-137
- [49] L. Kuhl, E. Bassous, R. Lane, "Silicon charge electrode array for ink jet printing", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-25, No 10, Oct. 1978, pp. 1257-1260
- [50] K.E. Petersen, "Fabrication of an integrated planar silicon ink-jet structure", IEEE Trans. Electron. Dev. vol. ED-26, No 12, Dec. 1979, pp. 1918-1920
- [51] D.L. Kendall, "Vertical etching of silicon at very high aspect rations", Ann. Rev. Mater. Sci, vol. 9, 1979, pp. 373-403
- [52] K.E. Petersen, "Dynamic micromechanics on silicon techniques and devices", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-25, No 10, Oct. 1978, pp. 1241-1249
- [53] K.E. Petersen, "Micromechanical light modulator array fabricated on silicon", Appl. Phys. Letters, vol. 31, No 8, Oct. 1977, pp. 521-523
- [54] R.N. Thomas, J. Guldberg, H.C. Nathanson, P.M. Malmberry, "The mirror matrix tube, A novel light

- valve for projection displays", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-22, No 9, Sept. 1975, pp. 765-775
- [55] D.L. Kendall, W. T. Matzen, "Large value capacitor", US Patent 3, 962,713, 1976
- [56] D.L. Kendall, W.T. Matzen, "Large value capacitor", US Patent 4, 017,885, 1977
- [57] D.L. Kendall, M.M. Judy, US Patent 4, 065,742, 1977
- [58] D.L. Kendall, "A method of making a solid state inductor", US Patent 3, 881,244, 1975
- [59] J.F. Wise, "Vertical junction hardened solar cell", US Patent 3, 690,953, 1972
- [60] D.L. Kendall, F.A. Padorani, K.E. Bean, T. Matzen "Vertical multijunction solar cell", US Patent 3, 969,746, 1976
- [61] A. Heuberger, "X-ray lithography", Sol. Stn. Techn., Feb. 1976, pp. 93-101
- [62] S. Iwanatsu, "X-ray lithography mask", US Patent 4, 401,739, 1983
- [63] G.J. Schmidt, P.V. Lenzo, E.G. Spencer, "Preparation of thin windows in silicon masks for x-ray lithography", J. Appl. Phys., vol. 46, No 9, Sept. 1975, pp. 4080-4082
- [64] G. Strengl, H. Loschrer, J.J. Muray, "Ion projection lithography", Sol. Stn. Techn., Feb. 1986, pp. 119-126
- [65] J. Benjamin, J. White, "Electron collimating structures evaporation masks and vacuum chucks made by anisotropic wet etching of silicon", Microelectronic Engineering, vol. 3, 1985, pp. 235-241
- [66] S.C. Terry, J.H. Jerman, J.B. Angel, "A gas chromatographic air analyzer fabricated on a silicon wafer", IEEE Trans. El. Dev., vol. ED-26, No 12, Dec. 1979, pp. 1880-1886
- [67] W.A. Little, "Design and construction of microminature cryogenic refrigerators", in AIP Proc. of Future Trends in Superconductive Electronics (Univ. of Virginia, Charlottesville, 1978)
- [68] A.M. Hawryluk, D.R. Clarlo, G.D. Rambach, "X-ray laser fabrication by anisotropic etching of silicon", J.Vac. Sci. Techn., vol. 3, No 1, Jan/Feb. 1985, pp. 276-281
- [69] K. Chun, K.D. Wise, "A high performance silicon tactile-imager based on a capacitive cell", IEEE Trans. Electron. Dev., vol. ED-32, July 1985, pp. 1196-1201

Address: Dr. Michal J. Slaby  
Dr. Jan A. Dziuban

Institute of Electron Technology  
Technical University of Wroclaw  
Ul. Janiszewskiego 11/17  
53-370 Wroclaw, Poland



## MOS /LSI FILTERI

Tomislav Švedek, Goran Božić

### 1. UVOD

Filteri su obično samo dio sistema za procesiranje signala. U diskretnoj tehnici filteri se izvode na više načina ovisno o koncepciji cijelog sistema i zahtjevanim karakteristikama. Na niskim frekvencijama to su obični aktivni RC filteri kod kojih se kao elementi koriste pasivne R i C komponente, a kao aktivne monolitna operaciona pojačala. Na višim frekvencijama i dalje prevladavaju klasični LC filteri.

U industrijskoj elektronici radi se obično o filterima niskih frekvencija koji se izvode na štampanoj pločici pomoću diskretnih komponenata ili u najboljem slučaju kao hibridni sklopovi u tehnici debelog ili tankog filma.

Pokušaji da se aktivni RC filteri izravno integriraju u monolitnoj formi nisu mogli dati rezultate iz dva razloga:

- 1) kod niskih frekvencija R i C komponente su velikog iznosa (velika površina silicija) i
- 2) vremenska konstanta RC mora biti vrlo precizna (neovisna o varijacijama tehnološkog procesa).

Da bi se aktivni filteri mogli uspješno integrirati u monolitnoj tehnici potrebno je razviti potpuno novu metodu (metode) projektiranja od koje se traži da zadovolji slijedeće uvjete:

- 1) Metoda mora biti kompatibilna sa VLSI tehnologijom čija cijena stalno opada uz istovremeno poboljšanje svih karakteristika. U posljednje vrijeme sve se više napora ulaže u pojednostavljenje postupka projektiranja VLSI sklopova. Jedan od takvih pristupa korišten kod digitalnih integriranih sklopova je i pristup pomoću "standardnih ćelija". Elementarni blokovi analognih i/ili digitalnih funkcija su predprojektirani te se kod projektiranja sklopa njima koristimo kao gotovim blokovima (crnim kutijama). Metoda projektiranja filtera morala bi omogućiti isto takav pristup gdje bi projektant filtera projektirao filter pomoću već prije predprojektiranih struktura - ćelija (kao što su npr. operaciona pojačala). U tom slučaju bi projektiranje zadržalo jednostavnost projektiranja u diskretnoj tehnici.

2) Metoda mora omogućiti projektiranje filtera sa velikom imunošću na parazitne efekte, varijaciju tehnološkog procesa i promjenu uvjeta okoline.

3) Metoda mora pružiti mogućnost obrade signala niske razine.

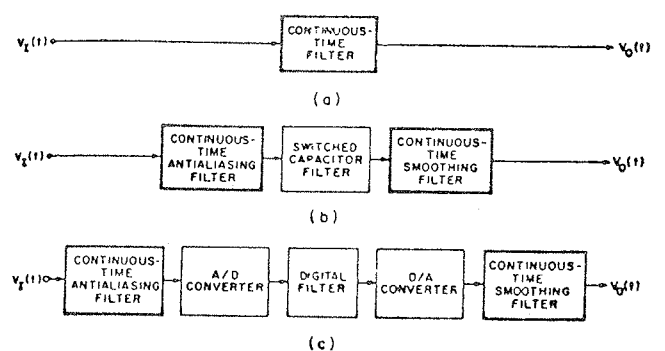
4) Osigurati dobar faktor potiskivanja smetnji iz izvora napajanja, malu potrošnju i malu površinu.

Do danas su razvijene tri principijelno potpuno različite metode projektiranja, odnosno tri nove vrste MOS/LSI filtera (uz nekoliko podvarijanata). To su

- digitalni filteri,
- SC (engl. Switched Capacitor) filteri, te
- MOSFET-C (engl. MOSFET-Capacitor) filteri.

Svaka od tih metoda zadovoljava, više ili manje, gore navedene uslove.

LSI sklopovi u industrijskoj elektronici (a i šire) sadrže kombinaciju analognih i digitalnih dijelova. Koji od gore navedenih tipova filtracije izabrati za integraciju ovisi o koncepciji cijelog LSI sklopa. Na slici 1 prikazane su tri moguće varijante.



Slika 1: Varijante filtracije u MOS/LSI tehnici (lit.1).

U prvoj varijanti radi se o potpuno analognoj obradi signala. Kao filter se može koristiti MOSFET-C filter, budući da se radi o vremenski kontinuiranoj filtraciji.

Druge dvije varijante pružaju obradu signala u vremenski diskontinuiranoj formi. Kod SC filtera sam filter uzorku-

je signal (vremenski ga kvantizira). Radi toga je potrebno na ulazu osigurati filter koji će ograničiti visokofrekventne komponente signala da bi se spriječilo njihovo prodiranje u koristan opseg frekvencija uslijed procesa uzorkovanja (engl. antialiasing filter). Na izlazu je potreban također vremenski kontinuiran filter koji će "izgladiti" stepeničasti signal filtera i prigušiti visokofrekventni šum (engl. smoothing filter).

Isto vrijedi i za digitalni filter koji osim ta dva filtera još zahtjeva blok A/D i D/A konverzije. Očito je da digitalne filtere treba koristiti pretežno tamo gdje su već svi signali u digitalnoj formi, dok preostale dvije metode treba odabrati u ovisnosti o arhitekturi cijelog sistema na čipu.

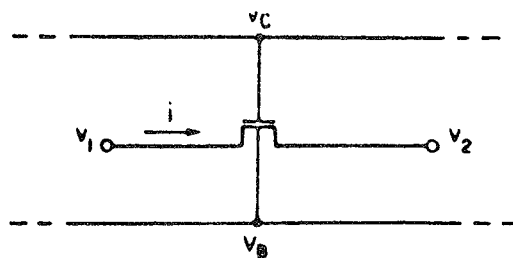
## 2. MOSFET-C FILTERI

MOSFET-C filteri predstavljaju potpuno novu vrstu filtera u CMOS tehnologiji. Baziraju se na korištenju MOSFET-a kao naponski upravljivog otpornika, a omogućavaju obradu signala u vremenski kontinuiranoj formi (lit.1).

Popularne tehnike filtracije kojima se realiziraju SC i digitalni filteri nisu bez problema. Kod obje tehnike su to prvenstveno vremenski kontinuirani filteri na ulazu i izlazu (antialiasing i smoothing filteri). Kod SC filtera je to i mogućnost prodiranja signala takta na izlaz filtera gdje se mješanjem sa korisnim signalom stvaraju harmonici koji upadaju u propusni opseg filtera. Osim toga, na višim frekvencijama kvare se karakteristike filtera zbog konačnog otpora sklopke, ali i vremena uspostavljanja izlaza operacionog pojačala. I konačno, projektiranje SC filtera sa stvarnim a ne idealnim elementima za sada još uvijek traži mnogo vremena i obično zahtjeva nekoliko iteracija. Digitalni filteri su bez svake sumnje idealni u uvjetima gdje već postoji digitalni signal. U protivnom su kod njih osim već spomenutih ulaznih i izlaznih vremenski kontinuiranih filtera potrebni i sklopovi A/D i D/A konverzije koji uvjetuju ograničenje površine filtera budući da se skaliranjem (istovremenim smanjenjem svih dimenzija elementa) mogu smanjiti samo dimenzije digitalnog ali ne i analognog dijela. Osim toga, digitalizacija unosi i šum kvantizacije. Prednost vremenski kontinuiranog filtera (kao što je MOSFET-C) leži u nepostojanju svih gore navedenih problema.

### 2.1. MOSFET kao naponski upravljivi otpornik

Već je prije rečeno da se precizni RC filteri ne mogu izravno implementirati u MOS tehnici ako se koriste kondenzatori i neugodni otpornici, budući da u tom slučaju rezultatna RC konstanta široko varira sa tehnološkim procesom i temperaturom (od 50 do 100 %). Kod ove tehnike filtracije MOS tranzistori se koriste kao naponski upravljivi otpornici koji se pomoću kontrolnog sistema ugrađenog u samom integriranom sklopu mogu automatski ugradjati na vrijednost koja precizno podržava traženu RC konstantu.



Slika 2: MOS tranzistor kao naponski upravljivi otpornik (lit. 1).

Na slici 2. je prikazan MOS tranzistor sa karakterističnim naponima na elektrodama za ovaj mod rada. Sve upravljačke elektrode MOS tranzistora koji se koriste u tom modu spojene su u zajedničku točku na koju djeluje istosmjerni upravljački napon  $V_C$  (obično 3-5V). Podloga tih tranzistora su također spojene zajedno u jednu točku na koju djeluje konstantni napon  $V_B$  (obično -5V). Da bi tranzistori radili isključivo u triodnom području naponi  $V_1$  i  $V_2$  ne smiju biti preniski ( $> V_B$ ) kako ne bi propusno polarizirali pn spoj uvoda i odvoda sa podlogom, niti smiju biti previsoki ( $< V_C$ ) da ne bi doveli tranzistor u zasićenje.

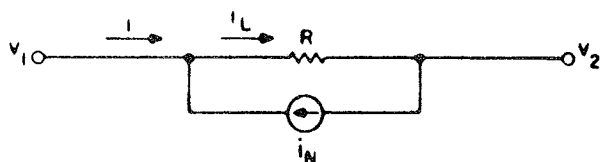
Uz takve pretpostavke i uz mali signal na  $V_1$  i  $V_2$  MOSFET se ponaša kao otpornik čija je vrijednost otpora jednaka:

$$R = 1/2k (V_C - V_B) \quad (1)$$

Vrijednost tog otpornika se može podesiti fiksno prilikom projektiranja pomoću konstante  $k$  koja je proporcionalna omjeru širine ( $W$ ) i duljine ( $L$ ) kanala MOS tranzistora. Vrijednost otpornika se dodatno može mijenjati pomoću upravljačkog napona  $V_C$ .

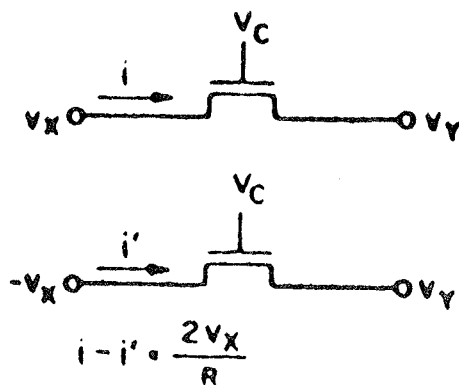
Za velike ulazne signale struja kroz tranzistor ima i nelinearnu komponentu tako da se nadomjesna shema MOSFET otpornika može prikazati kao na slici 3., gdje je:

$$I_{IN} \approx I_{DQ} + \beta(V_{I1}^2 - V_{I2}^2) \quad (2)$$



Slika 3: Nadomjesna shema MOSFET otpornika (lit. 1).

Prema tome MOSFET se može koristiti kao linearni otpornik samo ako se na neki način poništi ta nelinearna komponenta. Postoji nekoliko različitih spojeva kojima se postiže djelomično ili potpuno poništenje te komponente. Najčešće se koristi princip sa slike 4.



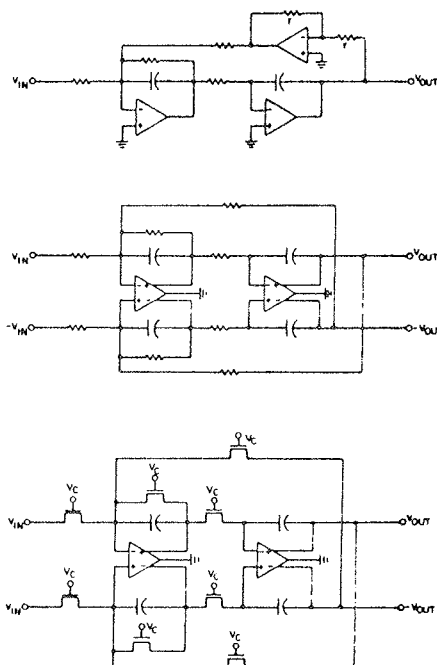
Slika 4: Princip poništavanja nelinearne komponente MOSFET otpornika (lit. 1).

## 2.2. MOSFET-C filter baziran na potpuno simetričnoj strukturi

Topologija MOSFET-C filtera se bazira na klasičnoj RC strukturi koja kao aktivni element koristi operaciono pojačalo. Da bi se zadržala mogućnost poništavanja nelinearne komponente pomoću principa sa slike 4., koristi se potpuno simetrično operaciono pojačalo. Takva pojačala treba razlikovati od klasičnih diferencijalnih pojačala sa nesimetričnim izlazom, ili od diferencijalnih pojačala sa diferencijalnim izlazom (izlaz je definiran kao razlika na-

pona između dva izlazna terminala, ali napon između svakog terminala i zemlje nije definiran). Kod potpuno simetričnog operacionog pojačala naponi između svakog izlaznog terminala i zemlje su potpuno simetrični. Takvom strukturom se poništavaju samo parne nelinearnosti ali ne i neparne. Neparne komponente se mogu poništiti povećanjem napona podloge  $V_B$ . Radi neidealne uparenosti tranzistora u simetričnoj strukturi ostaje još uvijek djelomično prisutna nelinearnost drugog reda.

Osnovna MOSFET-C struktura je potpuno simetričan integrator (linearni svi ulazi i izlazi). Bilo koja RC filterska struktura može se preraditi na takav način da postane MOSFET-C struktura. Početnu RC strukturu (na slici 5. je to Tow-Thomsonov biquad) je potrebno preraditi u potpuno simetričnu strukturu, a zatim sve otpornike zamijeniti MOSFET otpornikom. Da bi se ova procedura projektiranja zaokružila moraju se uzeti u obzir i svi distribuirani kapaciteti (naročito na visokim frekvencijama). Radi malih izobličenja i niskog šuma ovaj tip filtera može postići dinamiku i do 95 dB.



Slika 5: Primjer sinteze MOSFET-C filtera (lit. 1).

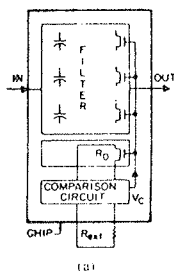
## 2.3. Automatsko ugađanje karakteristika MOSFET-C filtera

Da bi se omogućilo automatsko ugađanje RC konstante MOSFET-C filtera razradjeni su razni spojevi koji se mo-

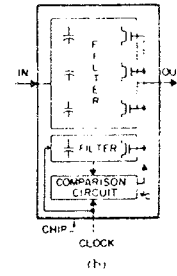
gu podijeliti u dvije grupe: a) spojevi za neizravno i b) spojevi za izravno automatsko ugađjanje.

a) spojevi za neizravno automatsko ugađjanje baziraju se na vrlo dobroj uparenosti karakteristika bliskih elemenata na čipu. Na slici 6a. se interni otpornik  $R_o$  realiziran pomoću MOS tranzistora uspoređuje pomoću komparacionog sklopa (takodjer interno ugrađenog) sa vanjskim vrlo kvalitetnim otpornikom  $R_{ext}$ . Vrijednost  $R_o$  se ugađja pomoću upravljačkog napona  $V_c$  sve dok  $R_o$  ne postane po vrijednosti jednak otporniku  $R_{ext}$  ili sve dok omjer  $R_c/R_{ext}$  ne postane konstantna prije definirana vrijednost. Isti taj upravljački napon  $V_c$  djeluje na sve ostale MOS otpornike unutar sklopa.

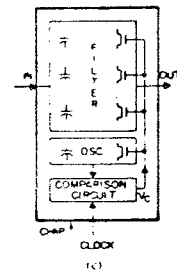
Geometrijske dimenzije tih otpornika su u fiksnom odnosu sa  $R_o$  pa njihov iznos poprma fiksnu predodređenu vrijednost. Ovim načinom se ugađjaju samo otpornici (inicijalno podešavanje kojim se eliminiraju varijacije otpornika uslijed tehnološkog procesa - varijacije kapaciteta nisu kompenzirane). Ugađjanje RC konstante (veća preciznost filtera) postiže se spojem sa slike 6b. i 6c. U prvom slučaju se na referentni filter, ugrađen u integrirani sklop, dovodi vanjski signal referentnog takta, te se zatim u sklopu komparatora uspoređuje fazni pomak odziva tog filtera. Sve dok se ne postigne zahtjevani fazni pomak, naponom  $V_c$  se korigira vrijednost otpornika referentnog filtera, pa prema tome i vrijednost RC konstante filtera. Nije potrebno inicijalno ugađjanje kao u prvoj shemi. Referentni filter je obično zbog ekonomičnosti replika osnovne ćelije glavnog filtera. Prema slici 6c. referentni sklop je oscilator pa se uspoređuju vanjski i interno generirani takt. Te frekvencije se obično biraju izvan prijenosnog opsega filtera.



Slika 6: Spojevi za neizravno automatsko ugađjanje  
a/ sa vanjskim otpornikom kao referencom

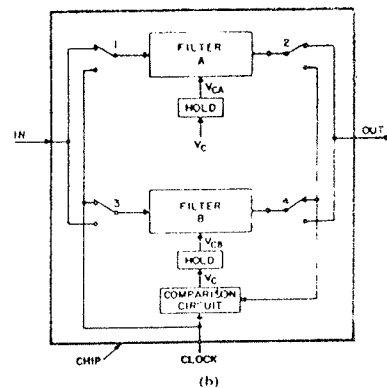
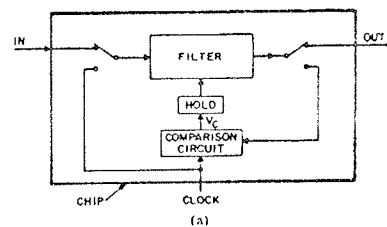


b/ sa signalom takta kao referencom i naponski upravljanim filterom u petlji



c/ sa signalom takta kao referencom i VCO oscilatorom u petlji (lit. 1).

b) spojevi za izravno automatsko ugađjanje primjenjuju se u slučaju ekstremnih zahtjeva na preciznost frekvencijskog odziva. Kod njih se automatski ugađja glavni filter (slika 7).



Slika 7: Spojevi za izravno automatsko ugađjanje (lit. 1).

Na slici 7a. se glavni filter periodički uključuje i isključuje iz signalnog puta kako bi se izvršilo automatsko ugadjanje (povratna petlja za automatsko ugadjanje). Takav sistem je moguće primjeniti samo u slučaju ako filter ne mora biti stalno prisutan u signalnom putu. Ako to nije slučaj primjenjuje se spoj sa slike 7b. gdje se koriste dva identična glavna filtera. Oni se izmjenično nalaze unutar signalnog puta ili unutar petlje za automatsko ugadjanje. Postignuti kontinuiran rad je dobiven uz žrtvovanje površine integriranog sklopa.

### 3. ZAKLJUČAK

Mogućnost neponskog upravljanja ekvivalentnim otporom MOSFET-a predstavlja bazu potpuno novog principa realizacije vremenski kontinuiranih filtera (MOSFET-C filteri). Tehnika SC sklopova je danas gotovo u potpunosti usvojena

i na tržištu se već mogu naći CAD pomagala za izravnu kompilaciju SC filtera u silicij. MOSFET-C metoda je relativno novijeg datuma i za razliku od SC tehnike nema još potvrdu u komercijalnim integriranim sklopovima. Rezultati testnih uzoraka daju ohrabrujuće rezultate.

### 4. LITERATURA

1/ Y. Tsvividis, M. Banu, J. Khaury:

"Continuous-Time MOSFET-C Filters in VLSI"

SC-21, No 1, p 15-30, February, 1986.

Adresa autora: Dr Tomislav Švedek, dipl.inž.  
Goran Božić, dipl.inž.

Rade Končar  
Elektrotehnički institut  
Bastijanova bb  
41000 Zagreb

## AVTOMATIZACIJA IN RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA INTEGRIRANIH VEZIJ

Iztok Šorli

Rudi Ročak: UVODNA BESEDA K ČLANKU

Proizvodnja mikroelektronskih vezij od svojih "znanstvenih" začetkov postaja vse bolj "ekonomska" kategorija. Kot taka, se ne sprašuje več, če je zmožno nekaj ustvariti ali ne, temveč mora vedno bolj skrbeti, da izdelava v zahtevani kvaliteti, ob zahtevanih rokih in z najmanjšimi stroški.

Čeprav jo prav mikroelektroniki želimo definirati kot nekaj strateškega, kot proizvodnjo prihodnosti, se moramo le sprijazniti s tem, da je to industrija in kot taka mora

upoštevati vse zakonitosti, ki jih pozna ostala industrija. Kljub velikemu deležu znanja in izredno kompleksnemu tehnološkemu postopku (ali pa ravno zaradi tega) se moramo v proizvodnji mikroelektronskih vezij tudi industrijsko primerno organizirati. Prispevek k temu trendu je članek I. Šorlija iz Iskre Mikroelektronike. Članek predstavlja idejno zasnovo uvajanja računalniško podprte proizvodnje (CAM). V Iskri Mikroelektroniki smo šele na začetku te naše poti k boljši "proizvodnosti". Upam, da bomo v bližnji prihodnosti strokovni javnosti lahko poročali tudi o konkretnih rezultatih tega našega dela. Vsaka sugestija in konkretni predlogi bralcev so dobrodošli.

## 1. UVOD

Ko govorimo o avtomatizaciji proizvodne linije pogosto govorimo o računalniško podprti proizvodnji, saj si brez slednje avtomatizacije ne moremo zamisliti.

Kateri dejavniki silijo današnje mikroelektronske tovarne v avtomatizacijo?

- To so predvsem:
- potreba po čimbolj čistem okolju, kjer se odvija proizvodnja
  - želja po čimboljši izkoriščenosti proizvodne opreme
  - potreba po čimbolj ponovljivih procesih in posredno večjih izplenih.

V tovarni tipično srečamo tri nivoje avtomatizacije:

1. avtomatizacija na nivoju opreme
2. avtomatizacija na nivoju zaključene skupine opreme ali delovnega modula
3. avtomatizacija na nivoju proizvodnega modula oziroma vse tovarne.

Vsak kos opreme (difuzijska cev, merilni instrument, nanašalnik fotorezista, bonder, testni sistem, ...) je v avtomatizirani tovarni pod nadzorom mikroprocesorja (MP), ki omogoča kontrolo in vodenje v realnem času.

MP nadzira stanje opreme in procesa v njej, ter skrbi za povezavo z drugo stopnjo avtomatizacije na nivoju delovnega modula. Le-ta pa je odgovorna za:

- začetek, konec in spremljanje dela opreme
- razvoj, popravljanje in shranjevanje delovnih navodil za posamezne procese
- zbiranje določenih podatkov za analizo in
- deloma za planiranje dela znotraj modula.

Tipični primeri avtomatizacije delovnega modula so na primer računalniško vodene skupine difuzijskih cevi, testnih sistemov, zaključene skupine merilne opreme, skupine ionskih implanterjev, ipd.

Končno stopnjo nadzora in avtomatizacije predstavlja združitev delovnih modulov in skupin opreme v celoto na nivoju tovarne s pomočjo CAF (Computer Aided Fabrication) sistema. Le-ta določa proizvod, poti in delovne predpise, gibanje in zasledovanje materiala, shranjevanje in analizo podatkov. Ta nivo avtomatizacije je zadolžen za določanje sredstev za delo in vzdrževanje centralne baze podatkov o vseh delovnih procesih znotraj tovarne.

## 2. RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA (CAF) - IDEALEN PRIMER

Namen tega poglavja je naštetih zahteve in lastnosti, ki naj jih sistem za računalniško podprto proizvodnjo ima, če naj usmerja in vodi informacije, ki se nanašajo na proizvodnjo integriranih vezij.

### 2.1. Splošne lastnosti in zahteve

#### 2.1.1. Odprt sistem

CAF sistem mora biti "odprt", kar pomeni, da se ga da zlahka spreminjati in dopolnjevati. CAF sistem ne more biti statičen, ampak se bo razvijal iz leta v leto.

Programska arhitektura mora biti modularna z dobro definiranimi vmesniki. Napake v nekem delu sistema ne smejo prizadeti ostalih delov.

#### 2.1.2. Znana oprema

Sistem naj uporablja nam poznano in dostopno opremo. To velja predvsem za izbiro centralnega računalnika, terminale, omrežje, ipd.

#### 2.1.3. Standardno lokalno omrežje (LAN - Local Area Network)

Komunikacijsko omrežje, ki ga izberemo za občevarje z opremo v proizvodnji, mora biti standardno in za vso tovarno enako, s čemer si olajšamo vzdrževanje, spremembe in dodajanje novih modulov. Primer takega omrežja je Ethernet.

#### 2.1.4. Znan operacijski sistem

Operacijski sistem, ki ga uporablja centralni računalnik, mora biti nam že znan in zato takoj uporabljen (npr. VMS, UNIX, ipd.).

#### 2.1.5. Znana baza podatkov

Zaželjena je uporaba znane baze podatkov, čeprav je tej zahtevi najtežje ustreči.

#### 2.1.6. Komunikacijski standard

Sistem mora podpirati in temeljiti na komunikacijskem standardu SECS (Semiconductor Equipment and Communication Standard).

### 2.1.7. Moderen jezik

Sistem mora biti napisan v enem od modernih jezikov, ki jih kot take priznava računalniška skupnost.

### 2.1.8. Kompatibilnost z računalniškimi omrežji

Sistem mora podpirati in biti priključen na tako računalniško omrežje, ki omogoča izmenjavo podatkov z drugimi računalniki, ki se uporabljajo, na primer pri načrtovanju vezij, izdelavi testnih programov, za nabavo, prodajo, trženje in tudi z osebnimi računalniki.

### 2.1.9. Uporabnost

Sistem mora biti tako zgrajen, da ga razume tudi uporabnik, ki ni specialist. Njegova odlika morata biti komunikativnost in jasnost. Vgrajen mora biti podsistem za pomoč (HELP) uporabniku v vsakem trenutku.

### 2.1.10. Šolanje

Na razpolago mora biti program za šolanje novih uporabnikov CAF sistema. Le-ta naj bo po možnosti inštaliran na drugem računalniku.

### 2.1.11. Poročila

Sistem mora omogočati hitro pisanje programov za izdelavo poljubnih poročil.

## 2.2. Zasledovanje in vodenje na nivoju tovarne

### 2.2.1. Opis tovarne

Sistem naj podpira popoln opis vse opreme, ki se uporablja za proizvodnjo in analizo. Najpomembnejši podatki o opremi vsebujejo kvantitativen opis funkcionalnih možnosti, kot na primer dovoljena območja pritiska in temperature, nosilni in procesni plini, procesne rezultate v tabelarni obliki v odvisnosti od kontrolnih parametrov, ipd. Definirati moramo tudi metode prenosa podatkov sistem-oprema in obratno (na primer direktna povezava ali preko vnosa podatkov) ter protokole za preveritev pravnega delovanja opreme.

Ostale informacije, ki morajo biti del opisa tovarne na nivoju opreme so: urnik vzdrževanja, zgodovina uporabe, imena kvalificiranih operaterjev in vzdrževalcev, zunanji gabariti, priključki, ipd. Splošna navodila za uporabo in vzdrževanje, tudi morajo biti vsebovana na tem nivoju

opisa, saj so specifična navodila del tehnološke dokumentacije.

### 2.2.2. Spremljanje pogojev okolja

Spremljanje pogojev okolja lahko v polprevodniški tovarni razdelimo na dva dela:

- spremljanje pogojev okolja, ki so v zvezi z varnostjo ljudi
- spremljanje pogojev okolja, ki vplivajo na kvaliteto tehnološko-proizvodnega procesa.

Tipično merimo in zasledujemo temperaturo v prostorih, tlak (nadtlak), relativno vlažnost, klaso (vsebnost delcev v zraku), stanje vrat (odprta/zaprta), stanje klimatov, prisotnost dima, določenih strupenih plinov, eksplozivnih plinov, delovanje kemijsko odpornega odsesovanja, itd. CAF sistem mora biti sposoben voditi periodične meritve, reagirati v primeru izjemnih situacij (npr. sprožiti alarm) in zbirati ter obdelovati podatke.

Algoritmi za zaznavanje izjemnih situacij se morajo dati spreminjati od zunaj, saj so tudi določene situacije same nepredvidljive.

### 2.2.3. Spremljanje pogojev pomožne tehnologije

CAF sistem mora biti sposoben zasledovati kvaliteto produktov PT v tovarni kot na primer pritisk hišnih plinov ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  in zraka), vlago v plinih ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ ), kisik v plinih ( $N_2$ ,  $H_2$ ), vsebnost delcev v plinih ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ ), upornost DI vode, TOC v DI vodi, vsebnost delcev in bakterij v DI vodi.

Za ukrepanje ob alarmnih situacijah in arhiviranje podatkov velja enako kot pri 2.2.2.

### 2.2.4. Spremljanje varnosti

Pod to besedo razumemo zasledovanje in kontrolo pogojev okolja, ki vplivajo na varnost ljudi. Vsled tega mora celovit varnostni sistem delovati zelo zanesljivo. Čeprav sâmo operativno izvajanje meritev in kontrolo varnosti opravlja sistem, ki je ločen od CAF, mora slednji v končni fazi le biti zmožen od varnostnega sistema pobrati status in rezultate določenih meritev.

### 2.2.5. Zaloga repromateriala

Zaloga repromateriala naj vsebuje dve vrsti materiala. Eden je tisti, ki je vezan na določeno opremo (npr. pro-

cesni plini, depozicijski materiali, kemikalije, ohišja), vendar brez rezervnih delov. Drugo kategorijo tvorijo materiali, specifični za določen proces. Podatki o zalogi re-promateriala naj vsebujejo tudi korelacijske rezultate s procesno-električnimi meritvami. CAF sistem mora biti sposoben opozoriti uporabnika o bližnjem izteku roka trajanja za določen material v skladišču!

#### 2.2.6. Zgodovina delovanja opreme

CAF sistem mora biti sposoben izdelati natančno zgodovino opreme, ki se uporablja v tovarni. Zgodovina vsebuje podatke o časih uporabe (dela na napravi), zastojih, vzdrževanjih, kvalifikaciji, kalibracijah s posebnim poudarkom na dokumentiranju vseh sprememb na opremi.

Zgodovina dela opreme naj bi se avtomatično beležila preko vmesnikov na opremo brez posredovanja operaterjev. Le-ta bi sodeloval samo pri vnosu informacije o vzdrževanju ali umeritvi naprave.

#### 2.2.7. Uporabljenost opreme

Kot poddel zgodovine opreme naj bi CAF beležil vsako uporabo opreme v časovnem zaporedju. Časi, ko je oprema vklopljena, v direktnem delu ali zasledovanje izdelane količine, na primer celotne nanešene debeline v LPCVD sistemu ali celotnega števila pojedkanih rezin v plazemskem jedkalniku je tipičen primer podatkov, ki nas zanimajo.

#### 2.2.8. Stanje opreme

Poleg tega, da v danem trenutku CAF sistem pozna stanje opreme (obratuje/ne obratuje) nas zanima tudi informacija o produktih, ki čakajo na specifično tehnološko operacijo v tej opremi. Kakšna je vrsta v danem trenutku, koliko je bilo potrebno čakati, oziroma kakšna je predvidena čakalna doba produkta na tej stopnji. Tovrstne informacije so potrebne za planiranje dela na opremi in planiranje gibanja sarž skozi proizvodnjo.

#### 2.2.9. Planiranje vzdrževanja

CAF sistem mora spremljati potrebo po preventivnem vzdrževanju in umerjanju opreme. Vsa umerjanja morajo biti opravljena na določen standard in CAF sistem mora shranjevati ustrezne informacije. Preventivna vzdrževanja morajo biti planirana vnaprej, oprema pa izločena iz uporabe, dokler ni opravljen ustrezen vzdrževalni poseg.

Nepredvidena vzdrževalna dela je potrebno beležiti skupaj s statističnimi podatki o obratovalnih časih naprave. Na osnovi tega mora biti možno predvideti pogostnost preventivnega in izrednega vzdrževanja v odvisnosti od časa uporabe opreme.

#### 2.2.10. Vodenje opreme za prenos materiala

CAF sistem mora omogočiti korak naprej k popolni avtomatizaciji prenosa različnega materiala v proizvodnji. Sposoben mora biti usmerjati sarže rezin (vezij) po ustreznem zaporedju in fizičnih lokacijah v proizvodnji.

#### 2.2.11. Dostopnost

CAF sistem mora kontrolirati uporabnike s pomočjo gesel. Potrebno je celo definirati gesla z različno stopnjo prioritete, ki določa, kdo ima dostop do določenih podatkov in kdo je pooblaščen za operativno uporabo sistema.

#### 2.2.12. Pošta

Pošta omogoča hiter prenos informacij med uporabniki. Zaželeno je imeti več stopenj prioritete, npr. NUJNO, NORMALNO, NIZKO in samo OBVESTILO.

#### 2.2.13. Elektronska beležka

Namen tovrstne beležke kot dela CAF sistema je omogočiti in olajšati beleženje različnih dogodkov v proizvodnji. Ta opcija zahteva izgradnjo ustreznega mehanizma za organizacijo in "čitanje" beležk.

#### 2.2.14. Uporaba omrežja

CAF je preko omrežja povezan z napravami v proizvodnji ali z drugimi računalniki. To nam omogoča opravljanje marsikaterega dela preko elektronike, na primer pošiljanje pošte, start določenih meritev, pisanje tehnoloških sporočil, dokumentov, start tehnološkega postopka, in vrsta drugih aktivnosti. Ne le, da s tem dobimo večji pregled in kontrolo nad dogodki, temveč lahko v direktni proizvodnji zadržimo le najnujnejšo optimalno število naprav in ljudi.

### 2.3. Zasledovanje in vodenje procesov

#### 2.3.1. Procesno - tehnološka dokumentacija

CAF sistem mora omogočati hierarhično ureditev procesno-tehnološke dokumentacije.



2.3.1.1. Najnižji nivo tvorijo predpisi za vsak specifičen podproces, na primer čiščenje, nanos fotorezista, optična kontrola; le-ti naj bodo kolikor se le da natančni. Če je le mogoče, je potrebno podati rezultate v odvisnosti od parametrov specifičnega podprocesa. Našteti morajo biti vsi repromateriali in potrošni material, ki se uporablja, kakor tudi vse potrebne nastavitve naprav.

2.3.1.2. Naslednji višji nivo v hierarhiji dokumentacije tvorijo tako imenovani procesni moduli, ki jih dobimo z združitvijo dokumentacije več procesov, na primer modul "maskirni nivo 10" pomeni, da moramo opraviti točno določeno zaporedje korakov z znanim končnim rezultatom.

Kjerkoli je mogoče, moramo tak modul zaključiti z meritvijo ali kontrolo, ko dokažemo, da smo dosegli zelen rezultat.

2.3.1.3. Najvišji nivo ureditve tehnološko-procesne dokumentacije pa naj omogoči načrtovalcu, da zahteva določen končni rezultat, bodisi v obliki zelene geometrije neke strukture ali električnih parametrov končnega vezja.

#### 2.3.2. Simulacije tehnoloških korakov in procesov

CAF sistem mora omogočiti lahek dostop do vseh orodij za simulacijo. Tipična orodja v uporabi danes so SUPREM za simulacijo postopkov oksidacije, difuzije, implantacije, SAMPLE za simulacijo postopkov fotolitografije, MINIMOS in HALFVEM za simulacijo delovanja posameznih komponent ter SPICE za električno simulacijo.

Tipična uporaba simulacijskih orodij v okolju CAF:

- a) pomoč pri razvoju procesov, s čimer skrajšamo laboratorijski razvojni čas
- b) primerjava napovedanih (izračunanih) z dejanskimi rezultati med samim razvojem
- c) izračun in napoved pomembnejših procesnih variacij v proizvodni fazi.

#### 2.3.3. Izračun (ekstrakcija) modelnih parametrov

CAF sistem mora podpirati izračun modelnih parametrov za fotolitografske postopke, oksidacijo in difuzijo in električno modeliranje polprevodniških struktur. Prilagajanje izmerjenih vrednosti določenim modelom je seveda naloga specialistov. CAF sistem mora poskrbeti za zbiranje rezultatov vseh fizikalnih in električnih meritev ter na-

daljnjo korekcijo le-teh z dejanskimi procesnimi parametri. Pojem ekstrakcija modelnih parametrov pomeni vrsto direktnih fizikalnih in električnih meritev na gotovih strukturah, ki jim sledi sistematična prilagoditev modelirnih koeficientov tako, da se napovedi, ki temeljijo na modelih, zadovoljivo ujemajo z izmerjenimi vrednostmi. Vrednost takega dela se kaže predvsem v večji predvidljivosti in kontroli obstoječih in bodočih tehnoloških procesov.

#### 2.3.4. Procesna analiza

Pod procesno analizo razumemo zbiranje in razlago rezultatov meritev s strani merilne procesne opreme, merilne opreme na licu mesta v napravah samih ter meritev na koncu na gotovem izdelku. Analiza mnogih parametrov mora biti opravljena na eni celi rezini, na večih različnih rezinah v isti sarži in od sarže do sarže. Dodatno, v določenih primerih je zelo pomembno primerjati podatke iz različnih virov (npr. korelacija med debelino LPCVD polisilicija in vakuumom merjenim s kapacitivnim manometrom) vključno z meritvami, ki nimajo nič opraviti z individualnimi saržami.

Čeprav je točnost posameznih meritev odvisna le od merilne naprave same, mora CAF sistem sodelovati pri zagotavljanju, da le-te točno predstavljajo resničnost stanja in da so pravilno interpretirane.

#### 2.3.5. Procesna diagnoza

Procesna diagnoza je v marsičem podobna procesni analizi, razen v tem, da vnaprej predpostavimo, da je nekaj bilo narobe. Taka situacija zahteva lahek dostop do množice različnih podatkov (rezultati testiranja, procesni dnevnik, procesne simulacije, ipd.), vendar pod časovnim pritiskom.

Če naj bo CAF sistem uporaben tudi v takšnih "kriznih" situacijah, mora omogočiti procesnemu tehnologu, da išče, pregleduje in analizira podatke iz širokega spektra virov in ponavadi tudi iz širokega časovnega okna.

Zapletenost posameznih procesnih korakov se večja, s čimer se večja tudi možnost novih subtilnih napak, vendar mora CAF sistem biti dovolj fleksibilen, da omogoči načrtovalcu procesa nadziranje in kontrolo teh novih efektov, ne da bi bilo potrebno spreminjati ali prestrukturirati obstoječo podatkovno bazo.

### 2.3.6. Merilna oprema na licu mesta v napravah

Zelo pogosto se posamezni koraki pri izdelavi integriranih vezij opravljajo po določenem vnaprej predpisanem zaporedju, na primer vrsta operacij z določenimi nastavitvami, in ko je korak (ali celo cel proces) končan, se izmerjeni rezultat sprejme ali zavrže. Zaželeno je stalno merititi in spremljati napredovanje procesa in uporabljati te podatke za kontrolo koraka. Primer za tako uspešno merjenje na licu mesta je detektor za konec plazemskega jedkanja.

Veliko oviro za uporabo meritev na licu mesta predstavlja pomanjkanje ustreznih senzorjev. V velikem številu primerov je procesno okolje kemično in termično sovražno ali pa so zahteve po čistosti specialne. Ravno tako je včasih parameter, ki nas zanima, mogoče merititi šele kasneje v procesu.

Namen CAF sistema je torej start meritev na licu mesta, zajetje in obdelava podatkov in kontrola koraka v skladu z algoritmi, ki jih lahko spreminja tehnolog.

### 2.3.7. Merilna procesna oprema

Rezultate meritev na merilni procesni opremi mora zbirati, zasledovati in obdelovati CAF sistem, s čimer povečamo kontrolo nad vsemi procesi in saržami v proizvodnji. Implementiran mora biti tako imenovani SPC - Statistical Proces Control (statistična kontrola procesa - koraka).

Tipične meritve, katerih rezultate moramo zbirati, so: debeline dielektričnih plasti (reflektometer, elipsometer), debeline prevodnih plasti (reflektometer, brezkontaktni merilnik upornosti, profilometer), plastne upornosti prevodnih in polprevodnih substratov (štiritočkovni merilnik upornosti, brezkontaktni merilnik upornosti), koncentracijski profili dopantov v siliciju (ASR), ravnost rezin (interferometer), različni parametri CV krivulje, širina linij, itd.

### 2.3.8. Meritve električnih parametrov (MAP)

MAP meritve na gotovih rezinah služijo za diagnozo procesov, kakor tudi izločanje rezin, katerih parametri niso v mejah. CAF sistem mora znati na osnovi I-V in drugih meritev (plastne upornosti, pragovne napetosti, tokovi puščanja, itn.) odločiti, kaj je dobro in kaj slabo. Njegova naloga ni samo branje in shranjevanje teh podatkov,

ampak tudi njihovo prevajanje v obliko potrebno za ekstrakcijo parametrov, kakor tudi izdelava modelov za izkoristek in primerjanje z dejanskimi izkoristki.

### 2.3.9. Izvajanje procesov

Končen cilj CAF sistema je omogočiti direktno digitalno kontrolo vsakega kritičnega koraka v izdelavi in analizi VLSI integriranih vezij.

V primerih, kjer je direktna kontrola dejansko takoj mogoča, mora CAF sistem preko internih podatkovnih baz izdelati delovne postopke in jih posredovati vsakemu mikroročunalniku v posamezni opremi.

V mnogih primerih, kjer mora operater interpretirati navodila (verjetno preko video terminala, priključenega na opremo) in direktno nastaviti določene parametre, moramo poskrbeti za kontrolo operaterjevega pravilnega ravnanja. To zahteva, da le-ta CAF sistemu potrdi vsako svojo akcijo.

Operaterji lahko veliko pomagajo pri odkrivanju možnih problemov. Vsled tega mora obstajati možnost, da operaterji zlahka vnašajo komentarje in opažanja nenavadnih pojavov tako, da lahko tovrstno informacijo koreliramo s kakršnimikoli problemi, na katere naletimo pri kasnejšem delu oziroma na koncu.

### 2.3.10. Inženirsko spreminjanje procesov

Kakršnakoli sprememba procesne opreme, posameznih tehnoloških korakov ali njihovega zaporedja moramo obravnavati kot inženirsko spremembo, CAF sistem pa nam mora pomagati te spremembe speljati. Pri tem mora zahtevati ustrezna pooblastila, preden te spremembe sprejme in začne izvajati. Dejanski sistem sprejema inženirske spremembe je različen za vsako tovarno posebej, oziroma za vsako saržo. Vsled tega mora sistem biti sposoben prilagoditi se tem zahtevam.

Še posebej je treba zagotoviti, da se kakršnekoli spremembe na opremi ali v procesnih korakih, dovolj zgodaj identificirajo in odobrijo.

Na primer vzdrževalci niso pooblaščen, da sprožijo inženirsko spremembo nekega procesnega koraka; vsekakor pa lahko spremenijo na primer napeljavo do določenega kosa opreme ali pa opravijo umeritev iste opreme. CAF

sistem mora biti sposoben spoznati potencialne posledice takih dejanj in avtomatsko obvestiti morebitne prizadete oziroma odgovorne.

CAF sistem mora imeti dober editor za spreminjanje obstoječih procesov. Editor mora biti sposoben poiskati razlike med različnimi procesi z namenom spoznati te spremembe in jih ustrezno oštevilčiti. Za vsak spremenjen proces mora odgovarjajoča datoteka vsebovati zgodovino sprememb, to je vse spremembe in poti, ki so vodile do njih. Ravno tako bi morale biti možno zasledovati razvoj kakršnegakoli dogodka ali procesa v tovarni.

#### 2.3.11. Procesna sinteza

Procesna sinteza pomeni nalogo razvoja natančnih procesnih navodil za novo tehnologijo. V nekaterih primerih bo nov proces logično nadaljevanje ali sprememba že obstoječih navodil. V takih primerih mora CAF sistem nuditi procesnemu načrtovalcu možnost, da posamezne procesne module ali dele obstoječih navodil zlahka vtke v zaporedje novih procesov oziroma navodil.

Pri razvoju novega procesa pogosto naletimo na veliko število spremenljivk, vsled česar moramo velikokrat napraviti inženirske kompromise. CAF sistem mora biti sposoben vso to različico spremenljivk predstaviti načrtovalcu v kompaktni obliki ter mu tako pomagati pri zapletenih inženirskih odločitvah in ne povzročati dodatne zmede.

#### 2.3.12. Optimizacija procesov

Ko je enkrat nov proces postavljen, se začne "težaško" delo zasledovanja vseh parametrov procesa (testni podatki, MAP meritve, procesne meritve, simulacije, itn.) z namenom optimizacije in "fine nastavitve" vsakega posameznega koraka. CAF sistem mora vse te aktivnosti podpirati na podoben način kot to dela pri samem razvoju procesa. Bistvena razlika je le v količini podatkov, ki jih je treba preleteti, saj proizvodnja ustvarja ogromno množico podatkov.

#### 2.3.13. Prilagodljiva procesna kontrola

Posamezne procese s časom vse bolj razumemo in postajajo vse bolj kontrolabilni, kar nam omogoča uvedbo tako imenovane prilagodljive procesne kontrole. Namen le-te je ostvariti rahlo drugačne procesne rezultate za dan standarden proces ali (popraviti) motnje, ki so se pojavile na

nekem koraku šele kasneje v procesu. Čeprav procesna kontrola "vnaprej" (feed forward process control) realno gledano dandanes še ni popolnoma uresničljiva, mora CAF sistem biti zadosti gibljiv in dovoliti take in podobne spremembe oziroma dodatke procesnim navodilom in izvedbi. Še zlasti za označene (oštevilčene) rezine mora procesni inženir imeti možnost ne samo beležiti posamične rezultate meritev na vsaki od njih, ampak tudi za vsako rezino predpisati enolične procesne korake.

Vrh vsega mora biti CAF sistem tako organiziran, da s pomočjo vgrajenega algoritma (ki ga izdelata s skupnimi močmi uporabnik in avtor CAF sistema), točno določenih izmerjenih rezultatov ter ob pomoči (ali brez nje) procesnega inženirja, "odloči", katere spremembe je potrebno izvesti in jih tudi realizira v obliki spremenjenih navodil za izvedbo v ustrezno kratkem času.

### 2.4. Zasledovanje in vodenje proizvodnje

#### 2.4.1. Zasledovanje sarž

CAF sistem naj zasleduje vse količine v proizvodni liniji, ki vplivajo na planiranje. Te količine vsebujejo položaj in status vseh sarž v liniji ter zbir vseh informacij o materialu, ki je bil uspešno in neuspešno izdelan. Za vsak tip sarže (na primer sarže določenega procesa ali prioritete) mora sistem biti sposoben javiti, koliko sarž se nahaja na določeni napravi, in na katero operacijo čakajo, oziroma se opravlja. Sistem mora prikazati tudi število sarž (ali rezin ali tabletk ali vezij), ki so bile izdelane, oziroma jih je še potrebno izdelati. Včasih je potrebno zgodovini izdelave neke sarže dodati še določene opombe in komentarje, ki ne vplivajo na nadaljno izdelavo, kar mora CAF sistem podpirati.

#### 2.4.2. Planiranje gibanja sarž

Sistem mora biti sposoben priporočati način gibanja sarž v "ročnih" proizvodnih linijah, oziroma mora nadzirati in voditi gibanje sarž v avtomatskih proizvodnih linijah. Koordinirati mora gibanje sarž skozi velike in zapletene proizvodnje z namenom ostvariti proizvodne plane na vsaki stopnji linije. Vgrajena mora biti tako imenovana "hitra" opcija gibanja, to je sistem naj samodejno pospešuje izdelavo prioritetenih sarž (na primer prototipne sarže) ne da bi občutno kasnil izdelavo ostalega materiala. "Planner" mora reagirati na slučajne dogodke, ki zmotijo pro-

izvodni cikel, vključujoč odpovedi naprav, pomanjkanje materiala, odsotnost operaterja, ipd. Ravno tako ne sme biti moten, ko izračunava in napoveduje premike sarž. Algoritem za planiranje gibanja sarž mora biti izdelan na osnovi izkušenj in zgodovinskih podatkov o zanesljivosti naprav, izkoristku, efektivnem delovnem času, sposoben pa mora biti izračuna novih predvidevanj nekaterih količin, kot na primer "povprečnega časa do okvare" (MTBF-mean time between failures). Ravno tako je zeleno, da je sposoben dati od sebe podatek, kdaj bo določena sarža končana, še posebej pa predvideti konec izdelave za hitre sarže že ob njihovem začetku.

#### 2.4.3. Načrt gibanja sarž

Večina VLSI tovarn ima dvojno (čeprav ne nujno identično) opremo za enega ali več kritičnih korakov, kot so na primer oksidacija, implantacija, jedkanje, fotolitografija. Ravno tako imajo nekatere tovarne dostop do zunanjih uslug kot na primer izdelava mask, epitaksija, implantacija in metalizacija. V primeru odpovedi opreme ali tehnoloških težav na določeni točki rutinske poti gibanja sarž, je potrebno poiskati nadomestne poti, bodisi doma ali zunanaj. CAF sistem torej mora biti sposoben ustrezne analize alternativnih poti za vsako saržo posebej. Dejstva, ki naj jih pri tem upošteva, so izdelavni čas, stroški, vpliv na ostale sarže v proizvodnji, izplen, itn. Realizacija takega cilja je mogoča le s specifičnim prirejenim programom, ki mora podatke črpati iz procesnih navodil in podatkovnih baz ter se popolnoma nasloniti na vgrajen opis tovarne (glej poglavje 2.2.1.).

#### 2.4.4. Sredstva za delo

Sredstva za delo je material, ki omogoča določenemu orodju ali opremi opravljati točno določeno nalogo (delo). Takšen tipičen primer v polprevodniški proizvodnji predstavljajo fotomaske. CAF sistem mora biti sposoben hraniti opis, popis zalog, zgodovino uporabe in seznam specifičnih lokacij, kjer se ta sredstva za delo uporabljajo.

#### 2.4.5. Izračun stroškov

Sistem mora zasledovati porabo repromateriala, beležiti izrabljenost vsake naprave in ljudi. Te številke je potrebno razbiti po saržah, oziroma oddelkih, če je potrebno. Beležiti je potrebno tudi prosti tek naprav in ljudi, kakor tudi vzroke za to (pomanjkanje materiala, odpoved naprav, itn.).

#### 2.4.6. Analiza izplenov

Na vsaki kontrolni točki je potrebno beležiti izplen in ga korelirati z ustreznimi dejavniki. Le-ti so pogoji delovnega okolja (temperatura, vlažnost, klasa čistosti, število ljudi v proizvodnji, pogostnost odpiranja vrat, ipd.) in pogoji dela (delni pritisk, število operacij, čas, ki je minil od zadnjega vzdrževanja, itn.).

#### 2.4.7. Funkcijsko testiranje

CAF sistem bi moral sodelovati pri oblikovanju funkcijskega testiranja, vendar zaradi velikega števila potrebnih podatkov in različnih vezij, prenos testnih vektorjev do testnih sistemov opravlja ločeno omrežje. Ravno tako CAF sistem ni odgovoren za samo izdelavo testnih vektorjev, vendar mora nadzirati upravljanje s testi; njegova naloga je ravno tako beležiti osnovne podatke o testiranju, kot na primer število dobrih tabletk (vezij), število slabih tabletk, seznam odpovedi po posameznih tipih testov, itn. Te informacije morajo biti nato na razpolago za nadaljnjo analizo.

### 3. RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA INTEGRIRANIH VEZIJ - REALEN PRIMER

#### 3.1. Opis proizvodnje integriranih vezij (IV)

S stališča avtomatizacije je proizvodnja IV sestavljena iz štirih funkcijskih področij:

- nadzor (status in planiranje dela, vzdrževanje opreme)
- inženirska podpora (procesna navodila, analiza podatkov)
- proces izdelave (zasledovanje pogojev, kontrola opreme, zbiranje podatkov)
- gibanje materiala (identifikacija in zasledovanje, kontrola delcev).

Vsako od teh področij nudi dovolj priložnosti za avtomatizacijo. Na voljo imamo že opremo, ki je avtomatizirana vsaka za sebe (računalniki, sistemi za transport rezin, merilna oprema, procesna oprema, itn.). Dejanska avtomatizacija tovarne pomeni povezati vse te naprave v celoto. Arhitektura takega sistema je močno odvisna od namena in karakteristik tovarne. Primer: tovarna namenjena raziskavam in razvoju mora biti dovolj prožna in proizvajati veliko različnih rezin (vezij) v eksperimentalni fazi v majhnih količinah in brez potrebe po visokih izple-

nih. Druga skrajnost je, da je tovarna zmožna proizvajati rezine (vezja) v ogromnih količinah, vendar samo enega tipa in v poznanem, utečenem procesu z visokimi izkoristki in ob čim nižjih stroških.

Nekje "vmes" se nahaja "tipična" tovarna, ki izdeluje vrsto različnih vezij v nekaj procesih (npr. CMOS, NMOS) v zmernih količinah. Ta tip tovarne ponavadi dela vezja po naročilu za interno uporabo znotraj večje DO ali SOZD. Nič neobičajnega torej ni, če tovrstna tovarna opravlja večnamensko funkcijo in služi za razvoj procesov, izdelavo prototipnih sarž in dejansko proizvodnjo IV. Katere stvari torej označujejo "tipično" tovarno integriranih vezij?

### 3.1.1. Osnovna proizvodnja

- visok investicijski vložek (30 - 50 mio \$)
- visoki tekoči stroški (5 - 10 mio \$)
- veliko število kosov zapletene opreme (140 kosov, 40 različnih proizvajalcev)
- večnamenskost (razvoj, prototipna proizvodnja, proizvodnja)
- zahteva po veliki čistosti (klasa 100 ali bolje)
- prilagodljivost na nove tehnologije (približno na 2 - 3 leta)
- uporablja nevarne snovi pri proizvodnji.

### 3.1.2. Proizvod

- zapletene, večnivojske VLSI strukture
- minimalne geometrije: 3  $\mu$ m v proizvodnji, 1  $\mu$ m v razvoju
- veliko število vezij (20 - 60 različnih vezij)
- vezja zelo občutljiva na procesne spremembe
- relativno nizek izplen (20 - 60 % na rezini)
- spremenljiv obseg dela (2000 - 4000 start rezin/teden).

### 3.1.3. Ljudje, ki delajo v taki proizvodnji

- velika skupina inženirjev različnih profilov
- veliko povpraševanje po izšolanih strokovnjakih
- relativno majhna, toda izšolana in spretna delovna sila (ciklično povpraševanje)
- neprijetno delovno okolje (mikroklima, delo z nevarnimi snovmi)
- zahtevano kontinuirano šolanje.

### 3.2. Kaj avtomatizirati

Avtomatizacija tovarne zahteva visok investicijski strošek,

vendar z velikimi pridobitvami. Najvarnejši pristop k avtomatizaciji je seveda postopen, po korakih. Najprej je potrebno avtomatizirati tista področja, za katera menimo, da prinašajo največje pridobitve. To so po vrstnem redu:

- zagotoviti varno in prijetno delovno okolje (instalacija sistema za nadzor parametrov okolja, proizvodov pomožne tehnologije in nadzor varnega dela)
- zagotoviti ponovljivo tehnologijo in tehnološke korake (uporabljati računalniško vodene naprave z možnostjo definiranja procesnega recepta s povratno zanko)
- povečati produktivnost delovne sile in proizvodne linije (z računalnikom nadzirati izvedbo posameznih tehnoloških korakov, zasledovati status dela in materiala v liniji, status opreme, vzdrževanje, ipd.).

Našteta področja zahtevajo za uspešno delo medsebojno izmenjavo podatkov v realnem času. To je omogočeno s povezavo posameznih računalniško vodenih procesnih modulov (difuzija, merilnica, foto, itn.) na nivoju centralnega računalnika.

To seveda še ni vse. V bodoče želimo z avtomatizacijo in uvedbo računalniško vodene proizvodnje povečati še inženirsko produktivnost in proizvodne izplene. Nekaj primerov: a) bolj učinkovito zbiranje inženirskih podatkov in analiza (meritve med procesom izdelave, meritve na gotovi rezini, stanje opreme)

b) preprečitev kontaminacije rezin (avtomatsko prekladanje rezin, avtomatsko gibanje rezin v napravah in v proizvodnji)

c) avtomatsko gibanje sarž in zasledovanje proizvodnje, planiranje prioritet in časovno zasledovanje.

Zbrano, prirejeno in prevedeno iz naslednjih člankov:

1. A CAM SYSTEM VIEW OF AUTOMATION, Jonathan Golovin, Consilium Inc.
2. A STRATEGY FOR AUTOMATION, Ulrich Kaempff, HP Laboratories
3. CONSIDERATIONS IN COMPUTER-AIDED FABRICATION, D. A. Antoniadis, M.I.T.

Avtorjev naslov: Iztok Šorli

Iskra Mikroelektronika  
Stegne 15 d  
61000 LJUBLJANA

## MOLEKULARNA ELEKTRONIKA U JAPANU

Djuro Koruga

Mada su se prvi radovi iz oblasti molekularne elektronike pojavili u SAD 1974. godine, od strane istraživača IBM (US Patent 3.833.894 od 3.09.1974. godine), Japan je u ovu novu oblast ušao tek 1981. godine. Međutim, kada je procenjeno da su se stekli svi potrebni uslovi za razvoj elektronskih naprava na molekularnom nivou, Japan je na nacionalnom planu, preko MITI-a (Ministarstvo za industriju i trgovinu) pristupio organizovanom razvoju ove oblasti. Država je potpomogla ova istraživanja sa 10 milijardi jena, a uključeno je još dvanaest kompanija, među kojima su: NEC, Hitachi, Fujitsu, Mitsubishi i dr.).

Postignuti su već i prvi rezultati u okviru Mitsubishi-a; izvršen je spoj metala i biomolekula, tako da je napravljen prvi stabilni molekularni biotehnički poluprovodnički elemenat na bazi citohroma C. Državnoj elektroničkoj laboratoriji u Tsukubi poverena je koordinacija istraživanja, i već je formiran istraživački tim.

Pored toga, u okviru Tokijskog tehnološkog instituta postoje dve istraživačke grupe koje se bave biosenzorima i biočipom. Istraživačka grupa koja se bavi biosenzorima postigla je zapažene rezultate u domenu prve generacije ovih biotehničkih naprava, a razradili su i koncept istraživanja biočipa na bazi biomolekula i to prvenstveno na bazi bakteriorodopsina. U oblasti biosenzora ne samo da su napravljeni laboratorijski prototipovi, nego je proizvedena i prva komercijalna serija. U ovu proizvodnju uključile su se firme, kao što su: Toshiba, Mitsubishi, Fuji Electric Co., Kyoto Daiichi Kagaku i druge.

Treća istraživačka grupacija okupljena je oko RIKEN Instituta, gde se pretežno radi na organskim polimerima i biopolimerima, odnosno oko Tokijskog Univerziteta gde se istražuju ne samo materijali za biočip, već i arhitektura, pa i koncepti biokomputera.

U cilju podsticaja ovih istraživanja, osnovana je i Asocijacija za istraživanje i razvoj elektronskih naprava budućnosti. Ova asocijacija pre godinu dana organizovala je skup "Bioelektronika i molekularne elektronske naprave" uz snažnu podršku države i privrede. Sadržaj Konferen-

cije dosta verno odslikava oblasti istraživanja u domenu molekularne elektronike pa se zato daje u celosti:

1. H. Kuhn:  
MOLECULAR ENGINEERING - A BEGIN AND ENDAVOUR
2. A. Barraud:  
LANGMUIR-BLODGET ACTIVE MOLECULAR ASSEMBLIES  
DESIGNED FOR A SPECIFIC FUNCTION
3. K. Fukuda:  
MOLECULAR ORGANIZATION IN LANGMUIR-BLODGETT  
FILMS FOR CONTROL OF PHYSICAL AND CHEMICAL  
PROCESSES
4. T. Takenaka:  
RECENT STUDIES OF LB FILMS BY FTIR-ATR SPECTRO-  
SCOPY
5. S.E. Rickert:  
PROCESS CONTROL IN THE PRODUCTION OF INTEGRA-  
TED LANGMUIR DEVICES
6. M.C. Petty:  
ELECTRONIC DEVICES INCORPORATING LANGMUIR-  
BLODGETT FILMS
7. T. Matsushita:  
STRUCTURAL STUDIES OF LANGMUIR-BLODGETT FILMS  
USING SYNCHROTRON RADIATION
8. S. Kuroda:  
CHARACTERIZATION OF MOLECULAR ELECTRONIC  
MATERIALS USING ESR AND ENDOR SPECTROSCOPY
9. E. Ando:  
J-AGGREGATION OF PHOTOCROMIC SPIROPYRAN IN  
LB FILMS
10. S. Baker:  
PHTHALOCYANINE LANGMUIR-BLODGETT FILMS
11. K. Ulmer:  
BIOMOLECULAR ASSEMBLY FOR BIOELECTRONIC DE-  
VICES
12. T. Kunitake:  
MOLECULAR ASSEMBLING IN BILAYER MEMBRANES

13. H. Sasabe:  
MOLECULAR ASSEMBLING AND MICROFABRICATION  
FOR MOLECULAR DEVICES
14. T. Moriizumi:  
SOLID STATE BIOSENSORS
15. Y. Kawabata:  
FORMATION AND DEPOSITION OF SUPERMONOMOLE-  
CULAR LAYERS BY MEANS OF SURFACE PRESSURE CON-  
TROL
16. M. Conrad:  
MOLECULAR COMPUTER DESIGN AND BIOLOGICAL  
INFORMATION PROCESSING
17. A.A. Lamola:  
RELATIONSHIP OF THE LIFE SCIENCES TO FUTURE  
ELECTRON DEVICES
18. H. Saito:  
PARALLEL AND SERIAL PROCESSINGS OF THE VISUAL  
INFORMATION IN THE MULTILAYER NEURON NET-  
WORK OF THE RETINA
19. S. Fujiwara:  
TOWARDS BIOELECTRONICS - A POSSIBLE MODEL OF  
VISUAL CORTEX
20. S. Amari:  
SELF-ORGANIZING CAPABILITIES OF NEURAL SYSTEMS
21. M. Oshuga:  
WHAT CAN BE LEARNED FROM THE SCALP EEGs?

Iz datih naslova se vidi da su bile dominantne tri teme: Longmuir-Blodget Films, Bioelektronske naprave i Bio-komputer.

Procenjuje se da će se kod molekularnih elektronskih naprava postići gustine pakovanja i do  $10^{18}$  gejt/cm<sup>3</sup>, sa brzinom rada prekidačkih elemenata od oko  $10^{-12}$  sekundi. Smatra se da će princip rada molekularnih biotehničkih naprava biti na principu solitona, kojim se omogućuje prenos elektrona skoro bez energetske gubitaka.

Oblast molekularne elektronike je u stadijumu prelaska iz fundamentalnih u razvojna istraživanja. Medjutim, poznato je da su Japanci najjači u oblasti primenjenih istraživanja, ali su oni isto tako postali svesni da bez fundamentalnih i razvojnih istraživanja više ne mogu ići napred, pa su u oblasti molekularne elektronike ušli u fazu njenog prelaska iz fundamentalnih u razvojna istraživanja.

U odnosu na Zapad, oni u ovoj oblasti imaju i prednosti i mana. Mana je što su slabiji u oblasti fundamentalnih istraživanja, a u prednosti što imaju bolji sistem upravljanja, kako u proizvodnji, tako i u istraživanju.

Adresa autora: Dr Djuro Koruga

Centar za molekularne mašine  
Univerzitet u Beogradu  
11000 BEOGRAD

# DOMAČA OPREMA ZA ELEKTRONSKO INDUSTRIJO

# DOMAČA OPREMA ZA ELEKTRONSKO INDUSTRIJO

## RAZVOJ DOMAČE OPREME ZA PROIZVODNJO FERITOV

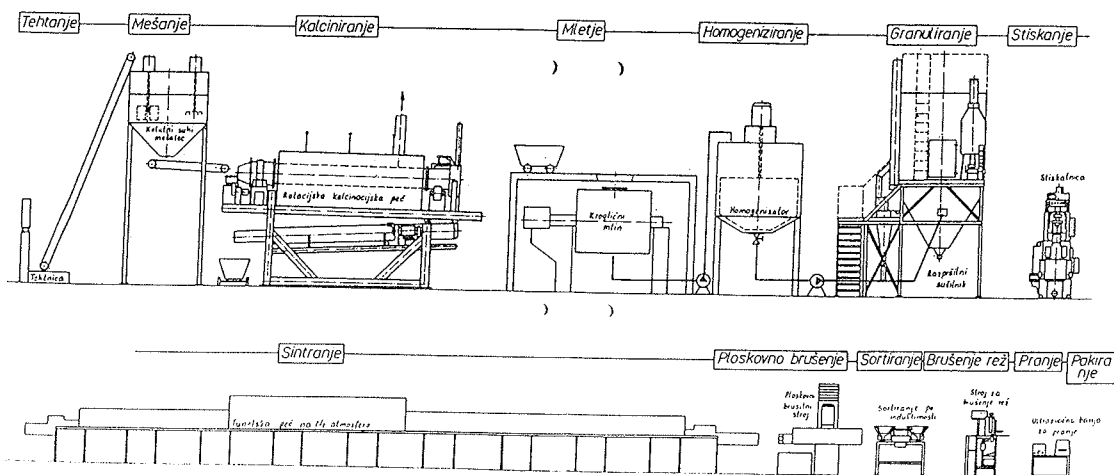
Andrej Češnovar, Dušan Dolničar

Od prvih začetkov razvoja in proizvodnje feritnih materialov in izdelkov v Iskri je minilo skoraj 35 let. V tem obdobju se je iz skromnih količin Ni-Zn feritnih palčk, ki so se uporabljale za izdelavo medfrekvenčnih transformatorjev, razvila tovarna feritov, ki praktično nudi popoln asortiman mehko in trdo feritnih materialov. Izredno širok spekter izdelkov je, poleg uporabe v zabavni elektroniki, prvenstveno namenjen profesionalni uporabi, telekomuni-

stroškov proizvodnje nam omogoča uspešnost nastopa v tujini.

Tako se je poleg standardne opreme za keramično tehnologijo v tovarni razvijala in se še razvija specifična oprema za tovrstno proizvodnjo. Te opreme ni mogoče dobiti na tržišču. Danes lahko tovarna nudi niz strojev in naprav za samo proizvodnjo, kot tudi za izvajanje specifičnih me-

PROIZVODNI PROCES MEHKO FERITNIH IZDELKOV  
FL in/ali RM jeder



kacijam, merilni tehniki, računalništvu, itd. Enako se trdo feritni materiali uporabljajo največ za izdelavo motorških segmentov za visoko zmogljive male motorje v beli tehniki, avtomobilski industriji, itd.

Vzporedno z razvojem feritnih izdelkov, se je predvsem v zadnjem obdobju razvila specifična tehnologija, kar je bilo posebno pomembno pri osvajanju tujih trgov. Ne samo ostrejšje kvalitetne zahteve, ampak stalno zniževanje

ritev in stalen nadzor kvalitete. Večina te opreme, izdelane v tovarni ali pri določenih specializiranih jugoslovanskih proizvajalcih, je optimalno zasnovana in ne malokrat računalniško podprta.

Ker so vse te naprave nastale iz potreb v sami proizvodnji, so direktno preizkušene in optimizirane v samem procesu. To pa ne pomeni, da marsikatero ni mogoče uporabiti z določenimi adaptacijami tudi na drugih področjih keramične tehnologije.



V nadaljevanju prikazujemo proces proizvodnje feritnega lončastega jedra, kot tipičnega predstavnika mehkoferitnih materialov in pripadajočo opremo za izvajanje posameznih operacij. Enako je prikazan proces motorskega segmenta, kot predstavnika trdoferitnih izdelkov.

### Kroglični mlin

je že dolgo poznana mlevska naprava za fino pomletev trdih, vendar krhkih materialov. Za mletje feritnih materialov je bil skonstruiran mlin s kapaciteto 1000 kg. Poleg ustreznega izbora notranjega plašča iz manganovega jekla, ki je odporen proti obrabi, je na zunanji strani izveden učinkovit sistem vodnega hlajenja. To omogoča trajno obratovanje brez kakršnihkoli zastojev. Poleg glavnega pogona je vgrajen še dodaten pomožni pogon za točno nastavljanje odprtine za polnenje oziroma praznjenje.

### Rotacijska peč za kalcinacijo

Razvita sta dva tipa rotacijskih peči in sicer:

- za mehkoferitne materiale rotacijska peč z indirektnim

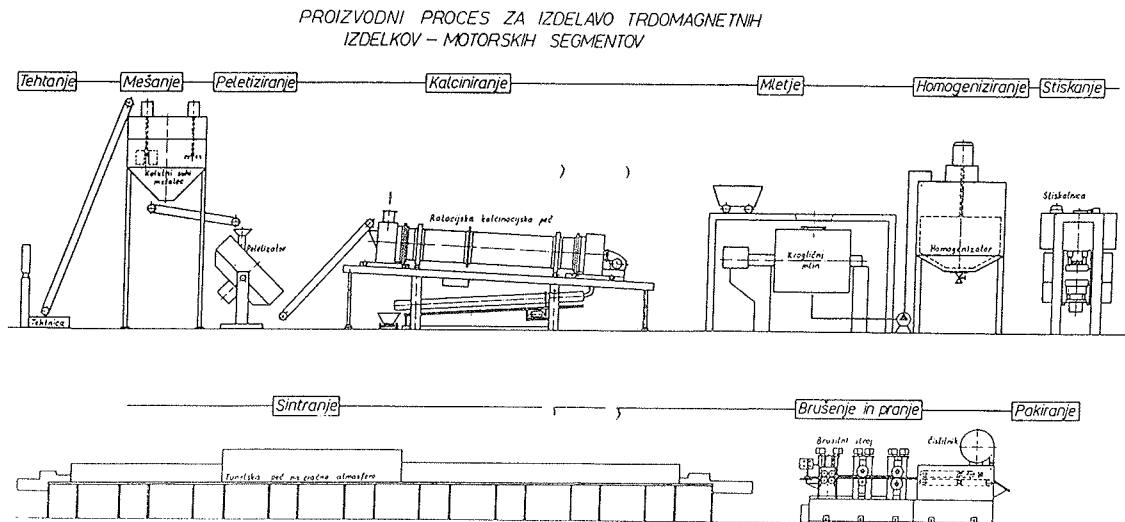
ni obzidana z ognjestalno keramično oblogo. Segrevanje je izvedeno s plinom, gorilnik je vgrajen na izstopnem delu žarilne cevi. Čas zadrževanja materiala na temperaturi je enaka kot zgoraj in je odvisen od hitrosti rotacije in naklona cevi. Hlajenje materiala je tudi tu izvedeno s presipavanjem v spodnjo hladilno, rotirajočo cev.

Za uspešno kontinuirno obratovanje rotacijskih peči so bili razviti filterski sistemi za odpraševanje izstopnega zraka oziroma plinov, testirani razni sistemi regulacije in kontrole temperature in ne nazadnje razviti in testirani keramični materiali, odporni proti visokim temperaturam in resistentni v dotiku s feritnim materialom.

Uvedba rotacijskih peči za kalcinacijo je omogočila bistven prihranek energije, saj je bila poraba energije pri tunnelski peči na vozičke preko 2 kW na kg feritnega materiala, dočim znaša pri rotacijski peči pod 1,2 kW na kg.

### Stiskalnica za stiskanje praškastih materialov

Oblikovanje mehko feritnih izdelkov poteka prvenstveno po



električnim ogrevanjem. Material, ki ga doziramo z linijskim vibracijskim dodajalnikom, se vsipava v vstopno odprtino rotirajoče žarilne cevi iz inconela. Glede na hitrost rotacije in naklon žarilne cevi se lahko spreminja čas prehoda materiala skozi cev. Na izhodu se material presipava v spodnjo hladilno cev, v kateri se ohladi.

- za trdoferitne materiale je žarilna cev z notranje stra-

postopku suhega stiskanja. Za ta namen so se stiskalnice uvažale od specializiranih tujih proizvajalcev. Tovarna feritov je v preteklih dveh letih uspela razviti popolnoma enakovredno stiskalnico z maksimalno silo stiskanja 16 ton. Na osnovi domače konstrukcije je Železarna Ravne izdelala najprej prototip, ki je bil testiran v proizvodnji, sedaj pa je možna že redna izdelava teh stiskalnic. Karakteristike te stiskalnice so popolnoma ekvivalentne lastnostim uvoženih.

Tudi za mokro stiskanje trdomagnetnih materialov je bil v tovarni razvit sistem za stiskanje v magnetnem polju. Kot osnovni agregat je uporabljena hidravlična stiskalnica, ki jo proizvaja Litostroj, izdelan pa je homogenizator za feritno suspenzijo, visokotlačna črpalka, magnetni jarem z usmernikom za doseganje ustreznega magnetnega polja, orodje za stiskanje in programska oprema za krmiljenje napajanja, odsesavanja, vključevanja polja in seveda stiskanja.

#### Električna tunelska peč na dušikovo atmosfero

Ob prvih predvidenih poskusih renoviranja in prezidav uvoženih tunelskih peči, najprej samo z domačimi strokovnjaki, kasneje pa tudi z domačimi ognjestalnimi materiali, smo pridobili toliko znanja in izkušenj, da smo samostojno pristopili k izdelavi tunelske peči na dušikovo atmosfero za sintranje mehkomagnetnih materialov. Prva peč, ki je seveda po osnovnih karakteristikah zadovoljila vsem pogojem, je bila izvedena s klasično temperaturno regulacijo. Kasneje smo vpeljali modernejšo tiristorsko regulacijo in prav sedaj zaključujemo peč, ki je krmiljena na vseh treh osnovnih parametrih, to je temperaturi, atmosferi in pomiku s pomočjo računalnika. Najprej bomo delovanje preizkusili v odprti zanki, kasneje pa bomo speljali še sistem zaprte zanke.

#### Stroj za sortiranje lončastih in RM-jeder

Razvili smo sistem za sortiranje lončastih jeder po induktivnosti. Sistem, ki deluje popolnoma avtomatsko, sortira ta jedra v tri razrede. Območja posameznih razredov so poljubno nastavljiva in izbrane vrednosti vnesemo v programator. Uporabljen je LCZ mostiček s komparatorjem, ki elektronsko krmili vse pnevmatske cilindre za podajanje in merjenje. Ta sistem je omogočil v nadaljevanju razvoj stroja za brušenje reže pri tovrstnih jedrih. Sortiranje po induktivnosti namreč omogoča brušenje rež z optimalnimi izkoristki in ozkimi tolerancami.

#### Stroj za brušenje rež

Podobno je zgrajen stroj za brušenje rež pri lončastih jedrih. Programator krmili pnevmatski sistem, ki avtomatsko transportira jedra iz zalogovnika na brusilno mesto. Na podlagi zahtevanih  $A_L$  vrednosti, so izračunane za vsako jedro odgovarjajoče globine reže, ki se vnesejo v programator. S tem dosežemo za vse izdelke ene serije po-

polnoma enako globino reže s točnostjo  $\pm 3 \mu\text{m}$ .

#### Oprema za merjenje elektromagnetnih lastnosti

Čedalje ostrejša zahteva glede kvalitete feritnih izdelkov so narekivale razvoj zanesljivega in avtomatiziranega sistema merjenja. Tako je bil že v letu 1980 v sodelovanju z Inštitutom Jožef Stefan razvit sistem za merjenje elektromagnetnih karakteristik mehko feritnih izdelkov in to permeabilnosti oziroma induktivnosti, histereznih izgub in izgubnega faktorja, faktorja desakomodacije, temperaturnega koeficienta ter frekvenčne temperature in časovne odvisnosti permeabilnosti. Kompletan sistem je sestavljen iz mikroračunalnika z napajalnikom, vmesnika, dveh LRC mostičkov z različnimi frekvenčnimi obsegi, temperaturne komore z obsegom od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ , menjalnika merilnih vzorcev in pisalnika.

#### Merilnik Hanna krivulj

V preteklem letu je bil razvit avtomatski merilni sistem za merjenje Hanna krivulj, to je odvisnost magnetne energije od amperskih ovojev. Ti podatki so zelo pomembni za izračun uporabnosti posameznih jeder za napajalnike in druge močnostne aplikacije. Sistem omogoča poleg meritve toroidnih jeder, tudi meritve drugih jeder s toroidalnim navitjem ali z merilno tuljav, poleg tega pa tudi meritve odprtih magnetnih krogov. Sestavljen iz mikroračunalnika, LRC mostička, monitorja in pisalnika.

#### Merilnik geometrijskih dimenzij

Za natančno merjenje geometrijskih dimenzij feritnih jeder je bil razvit poseben računalniški sistem. Za osnovo je izbran merilni instrument NP-37 in inkrementni linearni merilni dajalnik TGM. Mikroračunalnik z minimalno 48 K RAM, je preko vmesnika povezan z merilnikom, dodana je še disketna enota, monitor in pisalnik. Sistem omogoča merjenje vseh dolžin s točnostjo  $\pm 5 \mu\text{m}$  pri dolžini 2 m, statistično obdelavo vseh podatkov in prikaz rezultatov v obliki histograma.

Naslov avtorjev: Mag Andrej Češnovar, dipl.ing.  
Dušan Dolničar, dipl.ing.

Iskra Elementi - Feriti  
Stegne 19  
61000 Ljubljana

## PRIKAZ REALIZACIJE PROIZVEDENIH AUTOMATA, UREDJAJA I ALATA S NAGLASKOM NA PROBLEMATIKU PROIZVODNJE ELEKTROKONTAKTNIH ELEMENATA, RELEJA, TE OBRADU ELEKTROVODIČA

Mijo Šarlija

U OOUR-u ALPA (Alati i proizvodna automatika) RO "VLA-DO BAGAT", početkom 1982. godine počelo se s projektiranjem i proizvodnjom opreme za elektroničku industriju s naglaskom na problematiku izrade elektromehaničkih sastavnih dijelova.

Danas, nakon četiri godine, ova proizvodnja je organizirana u samostalnu RJ te uz alate za štancanje, plastiku i tlačni lijev čini jedan od razvojnih pravaca OOUR-a i RO.

Dosadašnja iskustva i zahtjevi tržišta izbacili su u prvi plan slijedeće grupe proizvoda:

KONTAKTNI AUTOMAT - "ALPAKONT" (patentno zaštićen) za elektrootporno zavarivanje kontaktnih elemenata u obliku profilne ili okrugle žice na najsloženije izratke dobivene štancanjem te obradom deformacije. Poseban pogon omogućuje vrlo visok radni učinak - do 1200 kontaktnih spojeva u minuti. Posebne pogodnosti na koso i obostrano zavarivanje.

Automat je izveden u linearnoj modularnoj tehnici s vrlo fleksibilnom namjenom pa omogućuje, osim zavarivanja kontaktnih elemenata, brzohodno narezivanje ili uvaljivanje navoja, oblikovanje, točkasto spajanje s dodanim elementima, ugradnju posebnih jedinica, na primjer za kontrolu, kalibriranje, sastavljanje podsklopova te primjereno odlaganje gotovih proizvoda ili elemenata u palete ili kutije.

Ovi automati mogu biti isporučeni i u jednostavnijoj verziji kao AUTOMATI ZA ŠTANCANJE - u kombinaciji 1-3 Mehaničke preše uz 1-2 posmaka (dodavača) trake ili rasutih elemenata. Mehanički dodavač je tako konstruiran da nema udarne graničnike niti trajna opterećenja, a može u standardnoj izvedbi postići do 400 pomaka u minuti i to u oba smjera transportiranja.

Posebna karakteristika ovih AUTOMATA je odbrojavanje željenog broja elemenata u segmentu te odsjecanje i prihvatanje istih. Glavni pogon je mehanički (elektromotor), a

kombinacija spojke-kočnice omogućuje brzo zaustavljanje i pokretanje. Promjena radne brzine je pomoću varijatora ili na zahtjev regulacijom istosmjernog motora.

AUTOMATI ZA OBRADU ELEKTROVODIČA - "ALPACRIMP" pojavljuju se kao prirodni slijed sastavljanja vodiča s potrebnim spojnim elementima koji su vrlo pogodni za izradu na Automatima za štancanje.

Na ALPACRIMP - automatima koji rade na principu rotacionog bubnja s elektromehaničkim pogonom moguće je u 2x8 stanica (posebna izvedba 2x12) obaviti:

- mjerenje i odsijecanje slobodno programirane dužine vodiča od 40-10.000 mm
- obostrano skidanje izolacije
- sukanje niti vodiča, obostrano
- zakivanje stopica, obostrano
- označavanje krajeva (na zahtjev)
- zavarivanje dodatnih elemenata (na zahtjev)
- brojanje i automatsko odlaganje.

Vrlo visok učinak (do 120 min<sup>-1</sup>) i različiti presjeci vodiča (0,5 - 16 mm<sup>2</sup>) omogućuju višenamjensku primjenu ovih automata.

AUTOMATI ZA SASTAVLJANJE (MONTAŽNI AUTOMAT), proizvode se na zahtjev kupca kao samostalni u grupnoj tehnologiji ili projektirani kao namjenske linije, posebno u masovnoj proizvodnji elektromehaničkih sklopova i proizvoda (releji, sklopke, telefonija i sl.).

Na primjeru montažne linije za proizvodnju mini releja TRK-22 omogućena je izrada vrlo visokih serija složenog proizvoda gdje ljudska ruka nije u mogućnosti pružiti kvalitet i brzinu koji se zahtjevaju na svjetskom tržištu.

Uz proizvodnju složenih automata i montažnih linija razvila se i proizvodnja pratećih modula i jedinica kompatibilnih u različitim zahtjevima a posebno mjesto zauzimaju:

- okretni stolovi s vlastitim pogonom (malteški križ)
- jedinice za uvaljivanje navoja (prijavljen patent)

- prijenosnici snage
- glave za zavarivanje kontaktno, rotacijsko i točkasto
- elektro-upravljačke jedinice
- visokoučinski transformatori s vodenim hladjenjem

Pored navedenog, razvojni cilj je usvajanje proizvodnje mikrozavarivanja u tehnologiji poluvodiča te još veća primjena tehnike ultrazvuka, laserskih zraka, lemljenja i lijepljenja. Intenzivno se radi i na izradi komponenti slabodno programiranih manipulatora koji su djelomično našli svoju primjenu u ALPA montažnoj tehnici.

Želja proizvođača je i dalje stajati na usluzi kupcu naših proizvoda dajući time svoj skromni doprinos razvoju domaće tehnologije u čemu smo našli na punu povjerenje domaćih korisnika među kojima posebno ističemo "ISKRU", "R. ČAJAVECA", "R. KONČARA", "ETU", "ENERGOINVESTA" i "SELKA".

Adresa autora: Mijo Šarlija, dipl.ing.  
RO "VLADO BAGAT"  
OOUR ALPA - ZADAR  
57000 ZADAR

## MATERIALI ZA ELEKTRONIKO

## MATERIJALI ZA ELEKTRONIKU

### JUGOSLOVANSKI METALURŠKI KOVINSKI SILICIJ

### KOT IZHODNA SUROVINA ZA POLPREVODNIŠKI SILICIJ IN ZA IZDELKE SILICIJEVE KEMIJE

Milan Slokan

V prejšnji številki Informacije MIDEM smo objavili pregled opreme domače izdelave za proizvodnjo elektronskih sestavnih delov in mikroelektroniko, ki je bila prikazana v plenarnih referatih in na posterjih ob priliki posvetovanja "Domača oprema SD - MIEL" v Ljubljani 7. oktobra 1986.

Posvetovanje je organiziralo Strokovno društvo MIDEM, z namenom, da bi premostilo pomanjkanje informacij o domačih dosežkih na področju izdelave opreme za našo stroko. V plenarnem delu posvetovanja, ki se ga je udeležilo okoli 80 zainteresiranih predstavnikov jugoslovanske elektronske industrije, smo slišali 12 referatov, v poster sekciji pa je bilo predstavljenih 25 domačih dosežkov v izdelavi opreme.

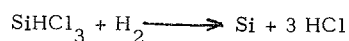
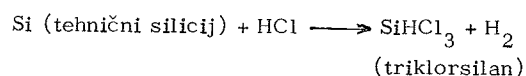
Ker pred posvetovanjem, niti kasneje, zaradi premajhne naklade nismo tiskali zbornikov, so pa nekateri referati zanimivi tudi za širši krog naših članov, smo se odločili, da objavimo izbor referatov v naših Informacijah MIDEM. Prvi del prispevkov je uvrščen v to številko, ostale referate pa bomo objavili v naslednjih dveh številkah.

Morda se ne zavedamo, da je v okoli 30 % polprevodniških elementov in integriranih vezij v svetu vgrajena osnovna surovina, ki izvira iz Jugoslavije. Ta osnovna surovina je metalurški kovinski silicij, ki ga proizvaja metalurški kombinat Elektrobosna v Jajcu ter z njim skoro v celoti oskrbuje firmo Wacker v Burghausenu, ZRN za proizvodnjo polprevodniškega polikristalnega silicija. Firma Wacker Chemietronic je največji proizvajalec tega polisilicija na svetu s količino 2200 ton letno v letu 1985, medtem ko je bila tedaj celotna letna svetovna proizvodnja približno 6600 ton. Elektrobosna dobavlja Wackerju cca. 3000 ton metalurškega kovinskega silicija čistoče minimalno 99,0% Si, Wacker pa proizvaja iz njega poleg super čistega silicija za polprevodnike še celo paleto izdelkov tako imenovane silicijeve kemije: silikone, klorsilane, organosilane, koloidno kremenico, silicijev karbid, silicijev nitrid, silicijeve termoizolacijske materiale in drugo.

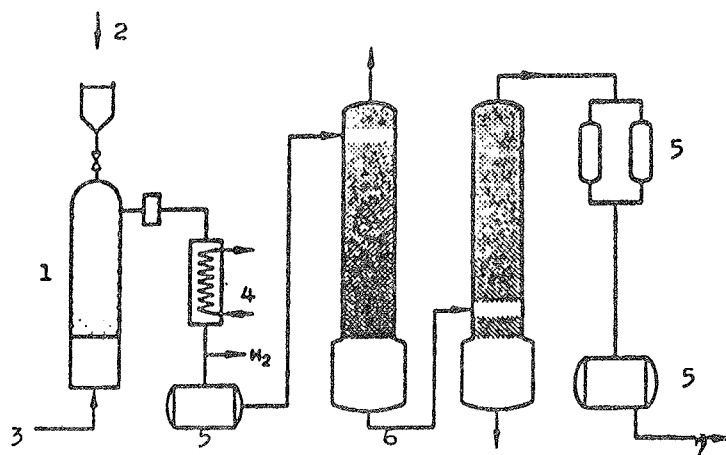
Dejstvo je, da želi Elektrobosna doseči višjo stopnjo predelave kovinskega silicija, zato je že v kooperaciji z Wackerjem pričela proizvajati silikonske kite (tesnilne materiale), načrtuje pa tudi v bodoče prehod na proizvodnjo čim širše palete silikonov. Za višjo stopnjo predelave tehničnega kovinskega silicija v polprevodniške kvalitete pa govori že razlika cene tehničnega silicija v izvozu (cca 1 \$ /kg) nasproti ceni polprevodniškega polikristalnega silicija, ki ga v celoti uvažamo v Jugoslavijo (cca 50 \$ /kg).

Da bomo lažje presodili problematiko čiščenja metalurškega silicija, na kratko prikazujemo princip tehnološkega postopka za polikristalni silicij, še prej pa navedimo nekaj podatkov o tehničnem metalurškem siliciju. Industrijsko ga pridobivajo z redukcijo kremenove ( $\text{SiO}_2$ ) rude z ogljikom iz premoga ali koksa. Nastali cca 99 %-ni tehnični silicij iz Elektrobosne za predelavo v polikristalni Si ima še 0,13 do 0,18 % Al, 0,40 do 0,45 % Fe, 0,71 do 0,22 % Ca, pod 0,1 % Mg ter še manjše količine titana, mangana, fosforja oziroma sledove žvepla in bora.

Superčisti polikristalni polprevodniški silicij se danes v svetu največ proizvaja s pretvorbo metalurškega silicija v triklorsilan, nato pa z redukcijo nazaj v elementarni silicij:



Reakcija nastajanja  $\text{SiHCl}_3$  teče v reaktorju s fluidizirano plastjo z izplenom pretvorbe okoli 90 %. Nizko vrelišče triklorsilana ( $31,8^\circ\text{C}$ ) omogoča zelo uspešno čiščenje s frakcionirano destilacijo, saj imajo skoraj vse možne nečistoče sorazmerno nizko hlapnost. Tehnološka shema na sliki 1 prikazuje faze proizvodnje in čiščenja triklorsilana, vendar je proces v resnici bolj kompliciran. Končna vsebnost električno aktivnih nečistoč v  $\text{SiHCl}_3$  je pod 1 ppb.

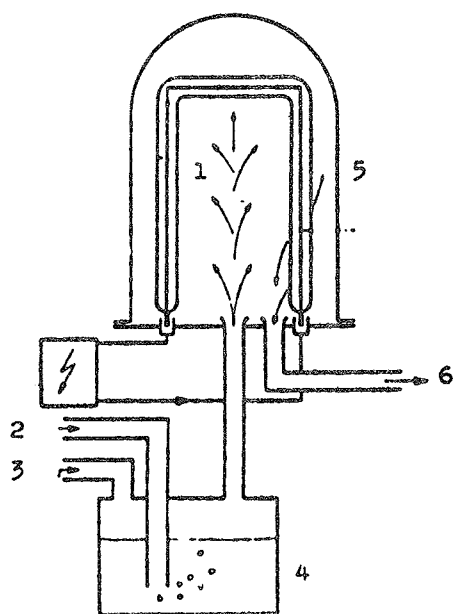


Slika 1: Tehnološka shema proizvodnje superčistega triklorsilana

1 - reaktor s fluidizirano plastjo, 2 - tehnični silicij,  
3 - klorovodik, 4 - kondenzacija, 5 - rezervarji, 6 - destilacijska kolona, 7 - triklorsilan.

Superčisti, tekoči triklorsilan je treba sedaj spremeniti nazaj v izredno čisti elementarni silicij. Zato ga vodijo skupaj z vodikom po površini vročih silicijevih palic, kjer pride do razkroja in depozicije iz parne faze (chemical vapour deposition CVD) v smislu iste reakcije kot pri nastanku triklorsilana, vendar v obratni smeri (Siemensov proces).

Ta proces, ki ga shematsko kaže slika 2 teče pri temperaturah med 900 do 1100°C. Žal lahko samo določen delež  $\text{SiHCl}_3$  spremenimo v silicij, kar je, med drugim, v glavnem odvisno od visokotemperaturnega ravnotežja koncentracij  $\text{SiCl}_4$  in  $\text{SiCl}_2$ .



Slika 2: Proizvodnja polikristalnega silicija s CVD

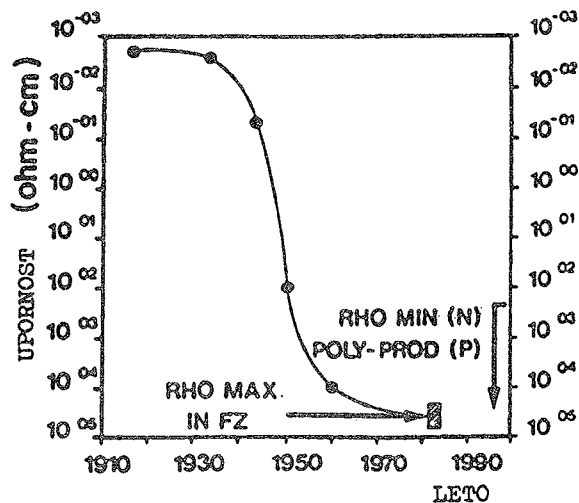
1 - kremenčeva komora, 2 - vodik, 3 - triklorsilan, 4 - saturator, 5 - polikristalni silicij, 6 - izhod plinov v kondenzacijo.

Silicij se izloča na cilindrični silicijevi podlagi s precej majhno hitrostjo depozicije (ca 1 mm/h).

Za uporabo v polprevodniški industriji spremenijo polikristalni silicij v monokristale brez dislokacij bodisi po postopku Czochralskega ali pa s tehniko plavajoče zone (floating zone), odvisno od zahtevane kvalitete in predvidene uporabe silicijevih rezin, ki jih kot končni izdelek dobavljajo kupcem.

Z dolgoletnimi izboljšavami in izkušnjami so prišli do današnje kakovosti, kar je prikazano na sliki 3. Prav tako

kaže slika najvišjo električno čistočo v večkrat prečiščenem materialu v plavajoči zoni z lastno upornostjo skoraj 100.000 ohmcm. Na desni strani te slike so razvidne tudi najvišje vrednosti nečistoč v današnji proizvodnji polikristalnega silicija.



Slika 3: Upornosti ("ravni nečistoč") polikristalnega silicija v teku preteklih desetletij

Za doseg take ekstremne čistosti so potrebne seveda tudi izjemne mere pri materialih, ki jih uporabljajo v procesu. Kot je razvidno iz osnovne enačbe Siemensovega procesa, sta to vodik in klorovodik, ki gresta skozi zahteven postopek čiščenja ter kemijskih in električnih kontrolnih preiskav. Slednje nepretrgoma izvajajo pri kontroli kakovosti  $\text{H}_2$  in  $\text{HCl}$ , polizdelka  $\text{SiHCl}_3$  in polikristalnega silicija s tako imenovanimi "preskusnimi depozicijami" polikristalnega silicija, iz katerega izdelajo monokristale ter jim izmerijo električne lastnosti.

Pri proizvodnji polikristalnega silicija iz triklorsilana nastaja kot sekundarni proizvod med drugim tudi precejšnja količina  $\text{SiCl}_4$ . Za zagotovitev ekonomske proizvodnje triklorsilana in polisilicija v Jugoslaviji bi bilo treba torej tudi zagotoviti uporabo in predelavo polizdelkov iz procesa, ki ne ustrezajo "electronic grade" kakovosti ter upoštevati naslednje možnosti:

- regeneracija dela  $\text{SiCl}_4$  nazaj v  $\text{SiHCl}_3$  za proizvodnjo polikristalnega silicija. Upoštevati moramo pri tem, da je postopek pri Wackerju patentiran;
- del proizvodnje  $\text{SiHCl}_3$  (in  $\text{SiCl}_4$ ), bi lahko uporabili za predelavo v izhodne surovine za proizvodnjo silikonov.

Kot smo že navedli, ima Elektrobosna že v proizvodnji finalizacijo silikonskih kitov, vendar vse potrebne surovine kupujejo v Wackerju. Prav tako bi lahko Prva Iskra Barič in Termika, ki sta oba proizvajalca silikonskih izdelkov nadomestila uvoz surovin z domačimi;

- v zadnjem času, s povečanjem zanimanja za keramiko na osnovi SiC in  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , so v teku raziskave o pridobivanju teh prahov iz silanov, pa tudi razmišljajo o industrijski proizvodnji. Več znanih firm v svetu dela na razvoju polindustrijskih naprav za pridobivanje SiC in  $\text{Si}_3\text{N}_4$  prahov (na primer Bayer). Glede na visoko ceno teh materialov in na perspektivo njihove uporabe (keramični motorji, turbine, toplotni izmenjevalci in podobno) bi bilo ekonomsko upravičeno izkoristiti surovinsko bazo ( $\text{SiHCl}_3$  in  $\text{SiCl}_4$ ), ki bi jo nudila proizvodnja polikristalne silicija za bodočo domačo proizvodnjo prahov SiC in/ali  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Po našem mnenju bi bil lahko Energoinvest, ki ima že nekaj izkušenj na področju SiC keramike ter ima tudi ustrezne razvojne načrte, koordinator del na tem področju. Za SiC in  $\text{Si}_3\text{N}_4$  keramiko pa so zainteresirani tudi v Elektrobosni. Kot ilustracijo navajamo podatke, da so letos v SSSR kupili licenco za proizvodnjo hitroreznih orodij na osnovi silicijevih nitridov
- določene količine  $\text{SiHCl}_3$  in  $\text{SiCl}_4$  bi verjetno lahko izvozili; te surovine se smatrajo na svetovnem tržišču kot strateške ter imajo visoko ceno
- manjše količine  $\text{SiCl}_4$  bi lahko uporabila domača elektronska industrija (na primer proizvodnja optičnih vlaken)
- predelava  $\text{SiCl}_4$  v bele saje ( $\text{SiO}_2$ , aktivna kremenica), ki jih danes industrija barv, gumarska industrija in drugi uvažajo.

V Jugoslaviji imamo poleg Elektrobosne v Jajcu le malo podjetij, ki imajo pogoje za silicijevo kemijo, ki pri nas sploh ni razvita. Silikone na primer proizvajata na osnovi uvoženih surovin še Prva Iskra Barič in Termika v Škofji Loki. Vendar ima Elektrobosna najdaljšo tradicijo v predelavi silicija in tudi proizvodnjo vseh drugih za triklorosilan potrebnih izhodnih surovin, predvsem plinasti HCl in vodik. Seveda vse to ni nastalo čez noč in kot zanimivost omenjamo, da je prav industrijalec Wacker pomagal ustvarjati temelje tedanje firme Bosnische Elektrizitäts AG, ki je imela sedež na Dunaju. Kmalu po avstrijski okupaciji Bosne je tuji, predvsem avstrijski in nemški kapital pričel sistematično pripravljati izkoriščanje ogromnih rudnih in energetskih bogastev v Bosni. Električna energija je bila izredno poceni, zato je pričela v Jajcu pred devetdesetimi leti, to je 1897, nastajati elektrotermična in elektrokemična industrija, ki je tudi neusmiljeno izkoriščala poceni domačo delovno silo. Prvi proizvod je bil kalcijev karbid, nato je nastala kloralkalna elektroliza ter kasneje po Wackerjevem patentu proizvodnja trikloetilena in tetrakloretana. Leta 1902 datira pričetek priprav za proizvodnjo ferosilicija, ki je pričela leta 1908.

Podjetje v Jajcu je delovalo v okviru multinacionalnega kapitala, ki se ni ukvarjal samo s proizvodnjo temveč tudi z raziskavami. Prijavljenih je bilo lepo število patentov. Kot primer in zanimivost objavljamo reprodukcijo patentnega spisa št. 302305 avstrijskega patentnega urada, izdanega leta 1917, ki štiti postopek za izdelavo prevlek silicija na železu in drugih kovinah na osnovi termičnega razkroja silicijevih halogenidov in silanov. Patent je lep dokaz za že tradicionalno zanimanje za silicij in njegovo uporabo v zgodovini Elektrobosne.

551

C 420.1.



KAISERLICHES

PATENTAMT.

## PATENTSCHRIFT

№ 302305

KLASSE 48 // GRUPPE 4.

AUSGEBEN 11. DEZEMBER 1917.

## BOSNISCHE ELEKTRICITÄTS-ACT.-GES. IN WIEN.

Verfahren zur Herstellung von Siliciumüberzügen, bei dem die zu überziehenden Stücke in heißem Zustande mit Halogen- oder Halogenwasserstoffverbindungen des Siliciums, nötigenfalls in Gegenwart von geeigneten, die Siliciumabscheidung bewirkenden oder fördernden Stoffen behandelt werden.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 4. April 1915 ab.

Für diese Anmeldung ist gemäß dem Unionsvertrage vom 2. Juni 1911 die Priorität auf Grund der Anmeldung in Österreich vom 20. April 1914 beansprucht.

Metallisches Eisen bildet mit Siliciumtetrachlorid in der Glühhitze Eisenchlorid und scheidet dabei freies Silicium ab. Ähnlich wie Eisen wirken andere Metalle; ebenso können an die Stelle des Siliciumchlorids die übrigen Halogen- und Halogenwasserstoffverbindungen des Siliciums treten.

Diese Reaktion ist bekannt. Technisch verwendet worden ist sie bisher jedoch lediglich zum Silicieren der Glühkörper in elektrischen Leucht- oder Heizvorrichtungen. So betrifft das Patent 53585 (Langhans) vom 18. Februar 1890 das Niederlegen von Silicium auf Kohle- oder Metallfäden zu dem ausgesprochenen Zwecke, sie mit einem Schutzmantel gegen die oxydierenden Einflüsse der Atmosphäre zu umgeben.

Es hat sich nun gezeigt, daß die Reaktion einer weit umfangreicheren Anwendung fähig ist; sie bietet nämlich die Möglichkeit, Gegenstandsgegenstände der verschiedensten Art mit einer dichten Decke zu versehen, die aus Silicium oder Siliciumlegierung bestehend da überzogene Material in vorzüglicher Weise gegen den Angriff von Säuren schützt. Gerade Eisen gibt unter den verschiedenen Metallen besonders leicht guthaftende Überzüge, da es sich mit dem frei werdenden Silicium zunächst oberflächlich legiert, bis es unter fortschreitender Umsetzung des so gebildeten Ferrosiliciums schließlich mit einer nahezu reinen Siliciumschicht bedeckt ist. Die Bedeutung, die diese Tatsache für die Technik, insbesondere die chemische Industrie, welche ein großes Bedürfnis nach säurefesten Eisenbehältern hat, gewinnen kann, liegt auf der Hand.

Für die Erzeugung der Siliciumüberzüge auf Gegenstandsgegenständen kommen im wesentlichen dieselben Methoden in Betracht, die sich für den gleichen Zweck in der Glühkörperindustrie bewährt haben, also insbesondere die Erhitzung des zu silicierenden Gegenstandes mit Siliciumhalogenid, nötigenfalls in Ge-

genwart von Wasserstoff oder anderen Substanzen, die geeignet sind, die Reaktion zu bewirken oder zu fördern. Nur wird praktisch in den meisten Fällen an die Stelle der unmittelbaren elektrischen Heizung eine Erhitzung auf andere Art zu treten haben. Im allgemeinen genügt es bei mittleren und größeren Stücken, sie glühend zu machen und so vorbereitet in die Silicierungskammer zu bringen. Kleinere Stücke, die sich leicht abkühlen, müssen während des Vorganges durch äußere Wärmezufuhr heißgehalten werden.

Gegenstände, deren Material eine Siliciumabscheidung aus den Halogeniden nicht selbst zu bewirken vermag, lassen sich in der Weise silicieren, daß ihnen vor Beginn des eigentlichen Silicierungsprozesses ein geeigneter Überzug aufgelegt wird. So können z. B. auf galvanischem Wege erzeugte Eisenniederschläge nachträglich in Überzüge aus Ferrosilicium oder Siliciummetall verwandelt werden.

## PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung von Siliciumüberzügen, bei dem die zu überziehenden Stücke in heißem Zustande mit Halogen- oder Halogenwasserstoffverbindungen des Siliciums, nötigenfalls in Gegenwart von geeigneten, die Siliciumabscheidung bewirkenden oder fördernden Stoffen behandelt werden, gekennzeichnet durch seine Verwendung zum Schutz von Gegenstandsgegenständen aus Eisen gegen die Einwirkung von Säuren und andere Angriffe.

2. Ausführungsart des Verfahrens zur Herstellung von Siliciumüberzügen nach Anspruch 1 auf Gegenstandsgegenständen aus nicht mit Siliciumhalogenverbindungen reagierendem Material, gekennzeichnet durch die vorherige Bekleidung dieser Gegenstände mit einem Überzuge, der zur Zerlegung der verwendeten Siliciumverbindungen imstande ist.



Po prvi svetovni vojni so v Jajcu pričeli leta 1930 s proizvodnjo dikloretilena, perkloretilena, pentakloreтана in heksakloreтана. Ob tem je vseskozi tekla proizvodnja ferosilicija, na primer leta 1927 4000 ton letno, kar je tedaj pokrivalo največji del svetovne potrošnje. Po drugi svetovni vojni je klorna elektroliza z obrati za solno kislino, tekoči klor in klorovo apno pričela delati šele leta 1947. Leta 1953 je elektroliza dajala na primer 1940 ton plinskega klora in 2180 ton natrijeve lužine. V šestdesetih letih je prišlo zaradi velikih potreb na tržišču, obenem pa zaradi cenene električne energije, do rekonstrukcije tovarne: iz elektrokemične proizvodnje je prihajala natrijeva lužina, solna kislina, komprimirani vodik, trikloretilen, natrijev hipoklorit in drugo, v elektrotermični proizvodnji pa so se povečale količine 75 % ferosilicija za petkrat, proizvajati pa so pričeli tudi 90 %-ni ferosilicij in kovinski silicij. Danes proizvaja Elektrobosna cca 25.000 ton letno kovinskega silicija 98,5 % in cca 3000 ton letno Si 99,0 %.

Surovinska osnova za proizvodnjo tehničnega silicija in ferosilicija so nahajališča kvarca in kvarcita v Podrašnici, Fojnici in Vlasenici, ter lignita, na primer površinski kop Raškovac.

Z laboratorijskim delom za pridobivanje polprevodniškega silicija so se proti koncu petdesetih in na začetku šestdesetih let ukvarjali tako v Beogradu (IHTM in TMT), Zagre-

bu (IRB) in v Ljubljani (Inštitut za elektrovezve in KIBK), vendar so zaradi pomanjkanja finančnih sredstev po uspešni laboratorijski osvojitvi tako DuPontovega kot triklorosilanskega postopka prenehali z delom. V tem času so se tudi pri Elektrobosni zanimali za polikristalni silicij in ga 1962/63 manjšo količino tudi poskusno izdelali. Vendar so kasneje vsa prizadevanja mirovala, dokler ni polprevodniška industrija v Jugoslaviji postala močnejša. Leta 1984 je Iskra, kasneje pa tudi Ei, v povezavi z Elektrobosno, sprožila iniciativo za pripravo kompleksne študije o ekonomski in tehnološki upravičenosti proizvodnje polikristalnega silicija v Jugoslaviji, vendar se je pokazalo, da razmere pri nas niso zrele za skupen finančni in tehnološki nastop elektronske industrije ter kemijske industrije.

Kljub večjemu poudarku materialom za elektroniko v strategiji tehnološkega razvoja Jugoslavije in predvidenih skupnih raziskovalnih programih pa tudi danes ni videti, da bo prišlo pri nas do celovitega tretmaja problematike silicijeve kemije, kar je osnovni pogoj za domači polikristalni polprevodniški silicij.

Avtorjev naslov: Mag. Milan Slokan

MIDEM  
61000 LJUBLJANA  
Titova 50

## ŠOLANJE KADROV ZA ELEKTRONSKE MATERIALE V JUGOSLAVIJI

### ŠKOLOVANJE KADROVA ZA ELEKTRONSKE MATERIJALE U JUGOSLAVIJI

Varužan M. Kevorkijan

Društvo MIDEM že več let organizira akcije za pospešitev razvoja, proizvodnje in uporabe domačih materialov za elektroniko in elektrotehniko. Te akcije povezuje tudi s svojimi tradicionalnimi prireditvami, to je letno konferenco SD (elektronski sestavni deli in materiali) ter letnim posvetovanjem MIEL (mikroelektronika).

Na primer ob zadnjem posvetovanju MIEL maja 1986 v Beogradu smo organizirali tudi okroglo mizo na temo "Domači materiali za elektroniko in elektrotehniko", ki se je je udeležilo okoli 100 strokovnjakov (univerzitetni profesorji, strokovni delavci iz industrije in inštitutov) iz vse države. Okrogla miza je pokazala, da je velik problem pri osvajanju sodobnih materialov šolanje kadrov. Za tako interdisciplinarno pomembno področje kot je materials science, posebej pa za zelo zahtevne materiale za elektroniko, še vedno ne posvečamo vzgoji kadrov zadostne pozornosti.

Upoštevajoč vse to smo na letnem občnem zboru MIDEM oktobra 1986 v Ljubljani sprejeli v program, da bomo v okviru XXIII. jugoslovanskega simpozija SD 87, organizirali Forum o šolanju domačih strokovnjakov na področju materialov, predvsem materialov za elektroniko.

Forum naj bi pokazal, kakšno je sedanje stanje šolanja kadrov za materials science na posameznih fakultetah in sredinah, in kar je še važneje, kako organizirati in usmerjati tako šolanje v prihodnosti v skladu s politiko zmanjševanja tehnološke zaostalosti v SFRJ. Želeli bi tudi dobiti odgovore, kakšne so dejanske potrebe naše elektronske industrije po dodatnem šolanju svojih kadrov na področju materialov in kakšno naj bi bilo pri tem mesto univerz, inštitutov ter industrije v skupni akciji.

Zaradi tega vabimo na Forum predstavnike vseh univerzitetnih centrov v Jugoslaviji in Skupnosti univerz, predstavnike zveznega in republiških komitejev za raziskovalno dejavnost in tehnologijo, predstavnike republiških skupnosti za znanost in izobraževanje, najeminentnejše profe-

Društvo MIDEM je več više godina organizator akcije razvoja domačih materijala za elektroniko i elektrotehniku. U tom smislu Društvo već tradicionalno organizuje jedared godišnje Konferenciju SD (Elektronski sastavni delovi i materijali) i Konferenciju MIEL (Mikroelektronika).

Na poslednjoj Konferenciji MIEL u Beogradu, maja 1986 godine bio je organizovan i okrugli sto na temu: "Domaći materijali za elektroniko i elektrotehniku" na kojem je prisustvovalo stotinak stručnjaka iz cele zemlje (univerzitet-ski profesori, predstavnici instituta i industrije). Okrugli sto je pokazao da je jedan od velikih problema na putu osvajanja savremenih materijala školovanje kadrova. Kao što je poznato, u našoj zemlji se školovanju kadrova na području materials science - šire, a posebno na stvaranju stručnjaka za veoma zahtevne elektronske materijale još uvek ne pridaje potrebna pažnja.

Imajući to u vidu, na godišnjoj skupštini MIDEM-a u Ljubljani, prihvatili smo se obaveze da u okviru XXIII Simpozija SD 87 organizujemo Forum o obrazovanju domačih stručnjaka na području materijala (pretežno elektronskih materijala).

Želja nam je da na Forum pozovemo predstavnike svih univerzitet-skih centara u Jugoslaviji, predstavnike Zajednice univerziteta Jugoslavije, predstavnike Saveznog Komiteta za nauku i tehnologiju, najeminentnije profesore na području materijala u Jugoslaviji, ljude sa instituta i iz industrije, predstavnike Republičkih zajednica za nauku i kulturu kako bi kroz pozvana predavanja i kasnije kroz diskusiju došli do nekih jasnijih opredeljenja kakva je sadašnja situacija na području školovanja kadrova za material science i, što je mnogo važnije, kako organizovati i usmeriti školovanje u budućnosti, u skladu sa politikom smanjenja tehnološke zaostalosti SFRJ, kakve su stvarne potrebe domaće elektronske industrije, mesto univerziteta, instituta i industrije u toj akciji i sl.

sorje iz področja materialov, vodilne delavce elektronske in elektroindustrije in inštitutov ter seveda vse njihove zainteresirane strokovnjake, da bi z vabljenimi predavanji in v razpravi osvetlili odprta vprašanja ter predlagali ustrezne rešitve.

Do 10. aprila 1987 smo dobili potrdilo za 4-5 uvodnih referatov iz SR Srbije (med drugimi akademik prof. Momčilo M. Ristić iz SANU), 4 referate iz SR Slovenije ter nekaj referatov iz SR Bosne in Hercegovine. Na Forumu pričakujemo tudi udeležbo predstavnikov Zveznega komiteja za znanost in tehnologijo ter Republiškega komiteja za raziskovalno dejavnost in tehnologijo SR Slovenije.

Vsi uvodni referati, celotna razprava in sklepi Forumu bodo objavljeni v časopisu Informacije MIDEM.

Forum bo 11. septembra 1987 od 8.30 do 11.30 ure v Topolšici pri Titovem Velenju. Po Forumu je ob 12.00 uri predviden obisk tovarne Gorenje.

Roki za prijave:

- prijava uvodnega referata: do 15. maja 1987
- skrajni rok za prejem referata: 1. avgust 1987
- prijava za razpravo: do 15. maja 1987
- (ob prijavi prosimo, da sporočite teme, o katerih želite razpravljati)
- prijava udeležbe na Forumu: do 1. septembra 1987.

Čas za podajanje referata je največ 10 do 15 minut (5 do 7 tipkanih strani referata).

Udeležba na Forumu je brezplačna.

Referate, prijave in vsa vprašanja v zvezi s Forumom, prosimo, pošljite na naslov:

Varužan Kevorkijan, Inštitut Jožef Stefan, Jamova 39, 61000 Ljubljana, telefon (061) 214-399, int. 377.

Predsednik komisije za materiale  
pri MIDEM  
Mag Varužan M. Kevorkijan

Do 10. aprila dobili smo potvrdu za 4-5 uvodnih referata iz SR Srbije (medju ostalim akademik prof. Momčilo M. Ristić iz SANU), 4 referate iz SR Slovenije, te nekoliko referata iz Bosne i Hercegovine. Očekujemo i učešće predstavnika SK za nauku i tehnologiju te republičkog komiteta za istraživačku delatnost i tehnologiju SR Slovenije.

Forum će se održati 11. septembra 1987. godine od 8.30 do 11.30 u Topolšici kraj Titovog Velenja. Po Forumu je u 12.00 predvidjena poseta fabrici Gorenje.

Svi pozvani referati, kompletna diskusija i zaključci sa Forumu biće objavljeni u časopisu Informacije MIDEM, koji izdaje naše Društvo.

Rokovi prijave:

- Prijava za diskusiju: do 15. maja 1987. godine
- Krajnji rok za pošiljanje referata: 1. avgust 1987. god.
- Prijava za diskusiju: do 15. maja 1987. godine  
(Uz prijavu obavezno poslati teme o kojima želite diskutovati).
- Prijava učešća: do 1. septembra 1987. godine.

Učešće na Forumu je besplatno.

Vreme predvidjeno za čitanje/izlaganje referata: max. 10 - 15 minuta.

Referate, prijave kao i bilo kakva dodatna pitanja u vezi Forumu šalžite na adresu:

Varužan Kevorkijan, Institut Jožef Stefan, Jamova 39, 61000 Ljubljana, telefon (061) 214-399, int. 377.

Predsednik komisije za materijale  
kod MIDEM  
Mr. Varužan M. Kevorkijan

## PRILOG RASPRAVI O KNJIZI »MIKROELEKTRONSKA REVOLUCIJA I DRUŠTVENE POSLEDICE«

Ljutica Pešić

("SAVA"-CENTAR, Beograd, 22.12.1986)

Kada smo pre četvrt veka (1963) u Beogradu krenuli u razvoj mikroelektronskih integralnih kola tvrdili smo, kao i svi ubedjeni "revolucionari", da će ova tehnologija delovati revolucionarno na elektroniku i znali smo da je elektronska "so" industrije, ali, moram priznati, tada nismo videli ni nagoveštaje nekog revolucionarnog dejstva mikroelektronike na društvo.

Prvi put sam toga postao svestan na kopaoničkim bačijama (1980), kada sam kao jedini proizvod savremenog sveta spazio tranzistorski radio prijemnik, dok su svi ostali bačijski predmeti, same bačije, primenjivana tehnologija, kao i način života bili iz doba Svetog Save; tako da mi sada ova knjiga pred nama deluje sasvim razumno i potrebno.

Poslednjih godina smo svedoci povećane propagande u korist mikroelektronike, što nama koji smo u tom mikroelektronskom poslu svakako godi, a povećano interesovanje društva za našu tehniku doživljavamo kao stvaranje "duhovne klime" koja će možda dovesti do usmeravanja društvene akumulacije u našu tehnologiju. Svestan sam da je ovaj proces spor i možda će proći 5-10 godina od početka stvaranja ove "klime" do operativnih tehničko-finansijskih poteza.

Medjutim, ne treba smetnuti s uma da je mikroelektronika pre svega vrlo unosan posao gde se ulog brzo i mnogostruko vraća ulagaču i samim tim njoj nije potreban novac od poljoprivrede ili rudarstva, ona može biti u stanju da sama sebe finansira ako je dobro spregnuta sa proizvodjačima elektronskih uređaja i sistema.

Zbog toga mi anahrono i kvazirevolucionarno deluju ljudi koji u stilu "Pokaj se, pokaj, doći će strašni sud" opominju društvo da obrati veću pažnju mikroelektronici.

Pošto se ne osećam dovoljno pametnim da govorim o posledicama mikroelektronike na društvo ja bih vašu pažnju za trenutak usmerio na jedno od mogućih razvoja mikroelektronike kod nas.

Danas smo se dosta naslušali svakojakih žalopojki o našem zaostajanju u odnosu na taj "beli svet". Dobro, neću da kažem da ne zaostajemo, i da se to zaostajanje, koje je u početku (1963. godine) bilo 4 godine (jer 1959. godine je patentirano prvo integralno kolo) povećalo danas na 10-tak godina, medjutim mi nismo bez šansi.

Najpre, mi imamo JNA koja sa svojim jakim budžetom, kvalitetnim tehničko-menadžerskim kadrom, dobro odabranim ciljevima razvoja i što je važno dugoročnim i upornim istrajavanjem na domaćem razvoju deluje kao lokomotiva razvoja mnogih novih tehnologija. Najbolje što danas imamo u mikroelektronici je zasluga zapravo JNA.

Šteta je, što PTT do sada nije uopšte sledila primer JNA i ne insistira na domaćoj tehnologiji već se zadovoljava samo domaćim uređajima, a ne zahteva da i komponente (tehnologija) budu domaći.

Druga šansa je u otvorenosti naših granica. Ja sam se plašio, kada je obelodanjen dug Jugoslavije, da će se granice zatvoriti. One su se samo delimično zatvorile t.j. postale su selektivne i to je dobro. Ovakva polupropustljivost granice ovih godina deluje povoljno na jugoslovensku elektroniku. Osim toga, proizvodi mikroelektronike u potrošačkoj elektronici su jeftini, malih dimenzija i često inoviraju, a zbog otvorenosti granica su dostupni našim ljudima i lako prenose preko granice, te se i na taj način osećamo da smo deo Evrope. Ovaj uvoz sa svoje strane inspirativno deluje i na naše proizvodjače, jer im služi kao marketing pri odlučivanju da li da se udje u nov proizvod ili ne.

Sledeća naša šansa u mikroelektronici je kopiranje naše konfekcije, koja se vrlo uspešno uklapa u svetsku modu i evropski biznis. Mikroelektroničari bi trebalo da otvaraju manje pogone (30-200 ljudi) i to izvan postojećih elektronskih industrija (Bi, Iskra,...), za montažu integralnih kola i drugih mikroelektronskih sazdeli koji bi tehnološki bili istina vezani za strana rešenja i kapital, ali bi na našem tlu po svetskim cenama, to znači jeftino, radili mikroelektronske delove za široku potrošnju.

Na ovaj način bi se kompletirala naša tehnološka mapa: za vojnu i profesionalnu elektroniku uključujući i PTT, gde cena delova nije odlučujuća, mogli bi se ugradjivati domaći sazdeli, razvijeni našom tehnologijom, a za elektroniku široke potrošnje imali bi komponente po svetskim cenama kao u Maleziji ili Hong-Kongu.

Fondovi za naučni rad bi mogli takodje biti podstrek mikroelektronici ali tek kad se poveća odgovornost i Fonda i instituta za uradjeni posao, ali za sada je uloga i ugled Fonda zanemarljiv.

Što se kadra tiče vidi se nedostatak vrednih, preduzetnih ljudi, od kojih zavisi dokle će se neka tehnička oblast ili pogon razviti. Posebno, na uspešnost preduzeća deluje pogubno insistiranje Partije da najodgovorniji ljudi (direkto-

ri) moraju biti članovi SKJ čime se društvo neminovno udaljava od svoje optimizacije.

Pri školovanju novog kadra daleko je bolje deci u srednjoj školi pružiti široko humano i prirodno-matematičko obrazovanje, kao što je gimnazija, a studente osposobiti fundamentalnim znanjima buduće struke, te tako pripremiti ljude za buduće česte tehnološke promene, kako bi se brzo i pravilno snašli u budućim "revolucijama". Ovo je važno i stoga da bi kadar bio pokretljiv i da oko "nedaj bože" mikroelektronici podje loše mogu ljudi preći u druge oblasti ljudske delatnosti bez velikog ličnog šoka.

Adresa autora: Ljutica Pešić, dipl.ing.

Institut "Mihajlo Pupin"  
11000 BEOGRAD, Volgina 15

## **POROČILO PREDSEDNIKA DRUŠTVA MIDEM NA SEJI IO DRUŠTVA 12. 2. 1987 V LJUBLJANI**

**Rudi Ročak**

Po ustanovitvi društva MIDEM v Ljubljani, dne 29.01.1986 smo uspeli potrditi statut društva 23.04.1986. Na prvi seji IO je bil izbran sekretariat društva s 15 člani. Po sklepu ustanovnega občnega zbora je strokovno društvo MIDEM član Elektrotehniške zveze Slovenije, ki je sprejelo s svojim sklepom 04.12.1985 društvo MIDEM v Zvezo. Hkrati je član jugoslovanske zveze za ETAN, ki je na seji predsedstva 4.6.1985 v Nišu dala podporo in 21.02.1986 v Beogradu predala vse pristojnosti bivše SSESĐ društvu MIDEM.

Na izrednih občnih zborih SSESĐ in MIDEM dne 15.05.1986 v Beogradu je bil izvršen formalni prenos obvez. V Ljubljani je bil 29.01.1986 potrjen izbrani izvršni odbor in predsedstvo društva.

Sekretariat društva je zasedal šestkrat. Sej sekretariata so se udeležili večkrat tudi mnogi aktivni člani, bodisi iz IO, bodisi iz članstva. Sekretariat je skupaj z organizacijskimi odbori posameznih manifestacij uspešno organiziral naslednje akcije:

1. 14. jugoslovansko posvetovanje MIEL '86 v Beogradu od 14. do 16. maja 1986. Na posvetovanje je bil sprejet 101 referat, prisostvovalo pa je okrog 160 registriranih udeležencev. Poleg le-teh so se otvoritve posvetovanja udeležili mnogi povabljeni iz gospodarskega in političnega življenja SR Srbije. Posvet je doživel tudi veliko zanimanje novinarjev in jugoslovanske strokovne javnosti.
2. Ob posvetu MIEL '86 je bila organizirana diskusija (okrogla miza) na temo: RAZVOJ IN PROIZVODNJA DOMAČIH MATERIALOV ZA ELEKTRONIKO z okrog 80 udeleženci in 25 posterji.
3. Ob posvetu MIEL '86 je bila organizirana tudi razstava izdelovalcev elektronskih sestavnih delov (16 udeležencev).
4. 22. jugoslovanski simpozij o elektronskih sestavnih delih SD '86 na Otočcu (Šentjernej) od 10. do 12. septembra. Na posvetovanju je bilo 11 povabljenih referatov in 55 referatov v obliki posterja. Simpozij je v svoji novi obliki doživel popoln uspeh, saj se ga je udeležilo 130 registriranih strokovnjakov iz vse Jugoslavije.
5. Ob simpoziju SD '86 je bila organizirana tudi okrogla miza o površinski montaži elementov z 80 udeleženci.
6. Prvo jugoslovansko posvetovanje "Domača oprema za proizvodnjo elektronskih sestavnih delov in mikroelektroniko" je bilo organizirano v Ljubljani dne 7. oktobra ob priložnosti razstave Sodobna elektronika. Posveta se je udeležilo 64 strokovnjakov. Podanih je bilo 12 referatov in 19 prispevkov v obliki posterjev.
7. Sodelovanje ob organizaciji letne konference ETAN v Herceg Novem od 2. do 6.6. je pomagalo k uspešnemu delu komisije za sestavne dele. Društvo MIDEM je podelilo denarno nagrado najbolje ocenjenemu referatu.
8. Sodelovanje društva MIDEM na MIPRO '86 je bilo omejeno le na sodelovanje članov društva MIDEM na seminarju OBLIKOVANJE, PROJEKTIRANJE I PRI MJENA MOS I CMOS MIKROELEKTRONIČKIH SKLOPOVA.
9. Od 24. do 27. novembra 1986 je bil organiziran v Iskri - Mikroelektroniki seminar SIMULACIJSKA ORODJA PRI RAZVOJU POLPREVODNIŠKIH PROCESOV z 11 sodelujočimi in s 5 predavatelji.
10. Ekskurzije na razstavo Elektronika v Münchenu se je

v sodelovanju z INEX-om v novembru 1986 udeležilo 150 strokovnjakov, ekskurzije na razstavo PRONIC v Parizu pa 24 udeležencev. 25 udeležencev je sodelovalo na ekskurziji SEMICON v Zürich v mesecu marcu.

11. Sodelovanje z delovnimi organizacijami s področja delovanja društva MIDEM je postalo enostavnejše s pravno regulacijo društva in zato tudi živahnije. V letu 1986 nam je uspelo povečati število sponzorjev, ki jih reklamiramo, pa tudi prva pogodba za izdelavo strokovnih projektov je bila v obojestransko korist.

Poleg navedenih manifestacij je sekretariat v letu 1986 intenzivno delal tudi na organizaciji posvetovanja v 1987 letu, kar bo vidno iz programa za leto 1987.

Glasilo društva INFORMACIJE MIDEM je šestčlanski uredniški odbor uspel zadržati na relativno kvalitetnem nivoju. Prvi dve številki sta izšli pravočasno, tretja z zamudo, prav tako pa z zamudo pričakujemo še četrto številko. Glasilo je postalo brez dvoma, kot pravi glavni in odgovorni urednik, most med članstvom. Zato moramo dalje bedeti nad njegovo kvaliteto in popraviti točnost izhajanja. Obseg časopisa se je povečal. 16. letnik bo imel približno 260 strani ali v povprečju 65 strani na številko. Glasilo je bilo tiskano v 1.000 izvodih, ki so jih člani dobivali brezplačno. Ostale izvode so dobili sponzorji, strokovne knjižnice, mnoge pa smo uporabili ob manifestacijah za propagiranje društva MIDEM.

Publikacije: Zbornik MIEL '86 3 knjige A5  
Zbornik SD '86 1 knjiga A4

Članstvo se je povečalo na 536 članov. Njihove prijavnice so zložene v arhiv članstva. Poleg tega se podatki o članstvu vnašajo v računalnik. Napravili smo nove izkaznice, ki bodo veljale dve leti. Spisek vseh članov bo objavljen v prvi številki INFORMACIJ MIDEM v letu 1987.

Na koncu poročila upam, da lahko preteklo leto ocenimo kot uspešno, zelo aktivno in spodbudno za nadaljnje delo Sekretariata, Izvršnega odbora in vseh članov našega strokovnega združenja.

Predsednik MIDEM: Dr. Rudi Ročak  
MIDEM  
Titova 50  
61000 LJUBLJANA

## ZAPISNIK 2. SJEDNICE IZVRŠNOG ODBORA MIDEM

Miroslav Gojo

2. sjednica Izvršnog odbora MIDEM održana je 12.02. 1987 godine u Ljubljani s početkom u 12,00 sati.

Prisutni članovi IO MIDEM: Ž. Butković, J. Čupurdija, J. Dobeic, J. Furlan, M. Gojo, F. Jan, A. Keber, R. Krčmar, M. Mekinda, E. Pirtovšek, R. Ročak, A. Rožaj Brvar, M. Slokan, P. Tepina, S. Ursić.

Ostali prisutni: B. Trokić (Nadzorni odbor), R. Marić RIZ - TPV

Ispričani: V. Pantović

### Dnevni red:

1. Potvrda zaključaka Sekretarijata
2. Potvrda članstva
3. Izvještaj o radu Društva u 1986 godini
4. Financijski izvještaj i zaključni račun za 1986. godinu
5. Saziv godišnje skupštine Društva
6. Program rada za 1987 - 1988 godinu
7. Financijski plan

Na predloženi dnevni red poslana je primjedba M. Arbanaša sa zahtjevom za dopunu u smislu razrješenja dileme oko suorganizatorstva MIEL 88. Predsjednik je predložio, a prisutni prihvatili, da se nadopuna razmatra u okviru točke 6.

Zaključak 1.1: Prihvaćaju se svi zaključci Sekretarijata koji su donešeni u 1986 godini i svi su izvršeni.

Zaključak 2.1: Prihvaćaju se članovi MIDEM-a po spisku.

Zaključak 2.2: Zadužuje se P. Tepina da pošalje svima članske iskaznice koje vrijede do 1989 godine.

Zaključak 2.3: Spisak članova neka se objavi u Informacijama MIDEM

Zaključak 3.1: Prihvaća se izvještaj predsjednika Društva R. Ročaka o radu Društva u 1986 godini.

Zaključak 3.2: Izvještaj predsjednika će se objaviti u Informacijama, kao i zaključci Izvršnog odbora MIDEM.

Zaključak 4.1: Prihvaća se izvještaj A. Rožaj-Brvar o financijskom stanju.

Zaključak 4.2: Prihvati i potvrđuje se završni račun za 1986 godinu.

Zaključak 4.3: Odobrava se honorar za izradu završnog računa.

Zaključak 5.1: Izvršni odbor saziva Godišnju skupštinu Društva u Topolšici (Titovo Velenje) za vrijeme održavanja Simpozija SD-87. Točan datum i sat održavanja Godišnje skupštine odredit će predsjednik uz suradnju Programskog odbora SD-87.

Zaključak 6.1: Prihvaća se program rada za 1987 godinu.

Zaključak 6.2: Organizator MIEL-a je Društvo MIDEM, koje uključuje u suorganizaciju sve koji to žele.

Zaključak 6.3: Za Predsjednika Lokalnog organizacijskog odbora imenuje se V. Srića, Potpredsjednici Mr. Kovačec (R. Končar) i netko iz RIZ-TPV ukoliko se toga prihvate. Za članove lokalnog organizacijskog odbora: O. Vagić, M. Turina, J. Čupurdija, S. Ursić (R. Končar), P. Biljanović (ETF Zagreb), te još nekoliko članova iz RIZ-TPV (nakon dodatnog dogovora).

Zaključak 6.4: MIDEM povjerava suorganizaciju MIEL-88 Republičkom komitetu za znanost i tehnologiju SR Hrvatske, Elektrotehničkom fakultetu, SOUR Rade Končar i RIZ Tvornici poluvodiča.

Zaključak 6.5: Zaključcima se upoznaju zainteresirane radne organizacije.

Zaključak 7.1: Prihvaća se financijski plan za 1987 godinu.

Zaključak 7.2: Članarina za Društvo u 1987 godini iznosi 1.000.- dinara.

Zapisao: Mag Miroslav Gojo

MIDEM  
Titova 50  
61000 Ljubljana

POROČILO O FINANČNEM POSLOVANJU DRUŠTVA MIDEM  
V LETU 1986 OD 1.VII. DO 31.XII. 1986

IZDATKI

Pisarniški in režijski material	78 746
Tiskarske storitve	2 155 479
Pogodbe, avtorski honorarji	1 289 565
Avtorski honorarji - del. org.	4 680 000
Strokovno izobraževanje	418 288
Reprezentanca	259 848
MIEL v BG	175 100
Stroški za SDK	13 810
Dnevnice, nočnine	120 349
Potni stroški	204 407
Študentski servis	271 510
Vračilo posojila EZS	1 889 647
Davki in prispevki iz dohodka	5 080
Dotacije ETAN	20 000
	<u>11 581 829</u>

DOHODKI

Plačane članarine	101 900
Kotizacije: Oprema	252 000
SD	773 000
MIEL	2 194 265
Sponsorstvo	3 416 000
Prihodki drugih organizacij	520 000
Sodelava z DO	<u>4 680 000</u>
	11 937 165

Razlika med izdatki in dohodki v znesku 355 336 din predstavlja presežek za leto 1986 in se prenese na Poslovni sklad.

Blagajnik: Alenka Rožaj-Brvar

**PLAN DELA DRUŠTVA MIDEM ZA LETO 1987 IN PRIPRAVE ZA LETO 1988**

Rudi Ročak

a/ 1. Izdajanje zbornika Informacije - MIDEM v sedanji obliki in obsegu

2. Združevanje članov in aktivnosti članov v skladu s pravili društva. Cilj je daljnje povečanje članstva (800)

3. Realizacija posveta MIEL '87 Banja Luka z obrobniimi manifestacijami

4. Realizacija posveta SD '87 Velenje s forumom o problematiki šolanja znanosti o materialih

5. Realizacija posveta SE '87 Ljubljana s posvetom CEOKA (celovito obvladovanje kvalitete)

6. Ekскурzije z Inex-om na Productronico (München) in Electronics (Pariz)

7. Sodelovanje z delovnimi organizacijami

8. Občni zbor v Velenju na SD '87

9. Sodelava ob konferenci ETAN '87

10. Sodelava ob manifestaciji MIPRO '87

b/ 1. Priprava posveta MIEL '88

2. Priprava posveta SD '88

3. Priprava posveta SE '88

4. Daljnje utrjevanje društva in povečevanje članstva - aktivnosti v interesu družbe in članov

5. Sodelava ob konferencah ETAN, MIPRO in akcija EZS in ETAN.



## FINANČNI PLAN ZA LETO 1987

IZDATKI	
Pisarniški in režijski material	320 000
Tiskarske storitve	8 620 000
Pogodbe o delu, avtorstva	3 156 000
Izdatki za reprezentanco	936 000
Stroški za SDK	52 000
Službena potovanja	480 000
Potni stroški	816 000
Stroški za študentski servis	540 000
Elektrotehniška zveza Slovenije	3 900 000
Davki in prispevki od dohodka	20 000
Dotacije ETAN	50 000
	-----
	18 890 000

## DOHODKI

Ostanek od prejšnjega leta	355 336
Prihodki od plačanih članarin	500 000
Elektrotehniška zveza Slovenije	300 000
Naslovnica INFORMACIJ	1 640 000
Dohodek s konferenc	5 000 000
Sponsorstvo	6 974 000
Sodelava z DO	4 121 000
	-----
	18 890 000

Blagajnik: Alenka Rožaj-Brvar

## SEJEM SEMICON / EUROPA V ZÜRICHU

## Iztok Šorli

Tradicionalni sejem opreme in dejavnosti za polprevodniško industrijo je znova privabil v dneih od 10. do 12. marca 1987 na tisoče razstavljalcev in obiskovalcev iz vsega sveta v mrzli Zürich.

Trije dnevi so bili prekratki in vendarle dovolj dolgi, da smo po enem letu premora zopet lahko v šestih halah videli za generacijo boljše opremo kot lansko leto.

Vzporedno z razstavo je vse tri dni potekala tehniška konferenca. Njena rdeča nit je bila submikronska fotolitografija, novi procesni postopki za realizacijo submikronskih elementov, avtomatizacija postopkov in linij.

Takšna vsebina predavanj ni bila izbrana slučajno. Hote-nja proizvajalcev in uporabnikov opreme so bila razvidna na vsakem koraku: kako narediti manjše, hitreje, boljše, s čim večjim izplnom in ceneje.

Na koncu tega kratkega poročila so naslovi predavanj. Zbornik imamo v ISKRI-Mikroelektroniki. Če koga zani-

ma specifičen članek, mu ga lahko preko društva MIDEM skopiramo.

Robotizacija, avtomatizacija, kontrola procesov na licu mesta, upeljave novih merilnih metod za vrednotenje teh postopkov, računalniško vodenje in obdelava meritev, shranjevanje in analiza ogromnega števila podatkov - to so le nekatere od postavk, ki zagotavljajo uresničitev zgoraj omenjenih hotenj.

Letos je SEMICON v Evropi preskočil magično mejo "enega mikrona". Vsi so izbrali novo enoto za dolžino: desetinko mikrona. Tako se bomo nadalje pogovarjali o širini linij, velikosti kontaktnih odprtín, ločljivosti, tolerancah med posameznimi nivoji, velikosti delcev in podobnem samo v desetinkah mikrona.

Po končanem sejmu so občutki mešani. Nekateri že razmišljajo o nujnih nakupih najmodernejših naprav, ki so bile razstavljene, nekateri pa le ugotavljajo, da bodo ponovno še za eno stopničko za razvito Evropo.

Priloga: Spisek naslovov referatov, ki so bili predstavljeni na tehniški konferenci Semicon/Europe '87 v Zürichu.

1. M. McCreary, Eastman Kodak Co., Rochester, New York, U.S.A.  
PHOTORESIST SCHEMES FOR SUBMICRON OPTICAL LITHOGRAPHY
2. F. Coopmans, IMEC, Leuven, Belgium  
DESIRE FOR VERSATILE DRY DEVELOP LITHOGRAPHY
3. G. Westerberg and L. Quist, Micronic Laser System AB, Stockholm, Sweden  
LASER SCANNING FOR COST EFFECTIVE AND QUICK TURN-AROUND RETICLE GENERATION
4. E. Cullman, Karl Suss AG, Garching Munchen, West Germany  
SOURCE CONSIDERATIONS IN X-RAY LITHOGRAPHY
5. G. Vento, SGS, Agrate, Italy  
STEP AND REPEAT EVALUATION BY AUTOMATIC CONTROL OF TEST STRUCTURES
6. Mr. Peuch, Alcatel, Annecy, France  
DRY ETCHING APPROACH TO ADVANCED AUTOMATED FABRICATION
7. Richard E. Novak, FSI Corporation, Chaska, Minnesota, U.S.A.  
WET CHEMICAL STRATEGIES FOR VLSI/ULSI
8. D. Boardman, Plessey Research, Caswell, United Kingdom  
THE MEGACELL TEST STRATEGY-A COST EFFECTIVE SOLUTION FOR ASIC
9. K. Beenakker, Philips N.V., Nijmegen, The Netherlands  
HIGH PIN COUNTS, HIGH SPEED PACKAGES AND NEEDS FOR STANDARDIZATION
10. H. Villers, Texas Instruments, Dallas, Texas, U.S.A.  
INFLUENCE OF TEST AND ASSEMBLY OF FUTURE PRODUCT DESIGN CONCEPTS
11. David W. Smith, Kulicke and Soffa, Willow Grove, Pennsylvania, U.S.A.  
DEVELOPMENTS FOR PROCESS MATERIALS AND EQUIPMENT FOR DICING, DIE ATTACH AND WIRE BONDING
12. W. Verwoerd, ASM-FICO, Herwen, The Netherlands  
ASSEMBLY AUTOMATION
13. C. Cognetti and R. Tiziani, SGS, Agrate, Italy  
THERMAL MANAGEMENT IN SURFACE MOUNT TECHNOLOGY
14. J. Villieres, Thomson Semiconductors, Aix-les-Bains, France  
ONE YEAR EXPERIENCE WITH AUTOMATED ASSEMBLY PRODUCTION
15. P. Paduschek, Plasmos GmbH Prozesstechnik, München, West Germany  
PLASMA-OXIDATION OF SILICON
16. E. Bussmann and H. Wendt, Siemens AG, München, West Germany  
RAPID THERMAL PROCESSING FOR VLSI
17. N. Harder and E. Merck, Darmstadt, West Germany  
THE MAINTENANCE OF A POINT-OF-USE GUARANTEE FOR PROCESS CHEMICALS IN SEMICONDUCTOR
18. L.T. Lamont, Machine Technology, Inc., San Jose, California, U.S.A.  
MATERIALS ISSUES IN THE PLANARIZATION OF SINGLE AND MULTI-LAYER STRUCTURES
19. J. Hems and A. McGeown, ET Electrotech, Bristol, United Kingdom  
PLANARIZATION OF METAL USING BIAS SPUTTERING
20. C.T. Sorenson, MSD, Aschheim bei München, West Germany  
ADVANCES IN VLSI/ULSI PLASMA ETCHING PROCESS TECHNOLOGY
21. K. D. Sauter, Fraunhofer Institute for Production Engineering and Automation (IPA), Stuttgart, West Germany  
AUTOMATED MATERIAL HANDLING FOR DEFECT REDUCTION

Sestavil: Iztok Šorli

Iskra Mikroelektronika  
Stegne 15 d  
61000 Ljubljana

## OB ŠESTDESETI OBLETNICI ZDRAVKA BENDEKOVIČA, DIPL. ING.

Lojze Trontelj

Starosta jugoslovanske mikroelektronske srenje je bil rojen 5.2.1927 v Sartovcu pri Kutini. Diplomiral je na zagrebški elektrotehnični fakulteti. Svojo strokovno kariero je začel kot pripravnik v zagrebškem Philipsu. V Radio industriji Zagreb je deloval na področju izboljšav v tehnologiji proizvodnje radioaparatorov in televizorjev ter njihovih sestavnih delov.

Konec petdesetih let se je prvič srečal s polprevodniško tehnologijo, ki ji je zapisan še danes.

Zdravko je predan in zavzet industrijski strokovnjak – inženir v pravem pomenu besede. Z njemu lastno pronicljivostjo, vztrajnostjo in širokim znanjem je kos še tako zahtevnim tehničnim problemom. Dolg je spisek njegovih inovacij in patentov tako iz področja mikroelektronskih tehnologij kot tudi na spremljajoči proizvodni opremi.

Zdravko je vseskozi aktiven tudi na strokovnih konferen-

cah in v znanstveni periodiki. Spisek njegovih publikacij iz zadnjega srednjeročnega obdobja obsega preko petnajst prispevkov, ki se odlikujejo z njemu lastno natančnostjo in izvirnostjo. Zdravko Bendekovič je zavzet Jugoslovan. Nesebično je sodeloval pri izgradnji raziskovalnega laboratorija na ljubljanski univerzi in pri projektiranju Iskrične tovarne mikroelektronike. Vedno je bil na razpolago s svojim nasvetom in pomočjo tudi drugim mikroelektronskim centrom v državi. Zavzema se za jugoslovansko družino mikroelektronikov, ki naj bi delovala predvsem na poštenih in prijateljskih osnovah ter na medsebojni pomoči in sodelovanju.

Zdravko, želim Ti, da boš ta cilj dosegel in Ti kličem še na mnoga leta!

Napisal: Prof. dr. Lojze Trontelj

Fakulteta za elektrotehniko  
Tržaška 25  
61000 LJUBLJANA

## SLOVO OD PROF. DR. EVGENA KANSKEGA — PIONIRJA RAZISKAV ELEKTRONSKIH SESTAVNIH DELOV

V drugi številki našega glasila v letu 1986 smo obširneje predstavili delo prof dr Evgena Kanskega ob podelitvi Kidričeve nagrade za njegovo življenjsko delo.

Ni še minilo leto dni, ko nas je presunila novica, da se je 20.3.1987 po kratki in težki bolezni iztekla življenjska pot našega predanega člana.

V strokovnih krogih in v vrstah elementašev je zapustil globoko vrzel, ki jo bo težko zapolniti. Kansky je bil vse svoje življenje predan trdemu delu in odpovedovanju, za katerega je žrtvoval vse svoje umske, strokovne, organizacijske in pedagoške sposobnosti. Znanost, ki se ji je predajal in ji služil vse do poslednjih moči, je imela ab-

solutno prednost pred ostalimi življenjskimi obveznostmi. Kot človek je bil Kansky izjemno preprost, dostopen in voljan pomagati vsakomur, ki je bil njegove pomoči potreben.

V naših vrstah je bil vsa leta med najaktivnejšimi, zato ga ne bomo pogrešali le sodelavci IEVT, marveč vsi tisti, s katerimi je sodeloval, saj so bile njegove strokovne aktivnosti prisotne v širšem domačem in svetovnem prostoru. Rečemo lahko le hvala. Prof dr Evgen Kansky nam bo ostal kot vzornik pri delu in v stroki v trajnem spominu.

Društvo MIDEM

## SPISEK ČLANSTVA STROKOVNEGA DRUŠTVA MIDEM

Rudi Ročak

V današnji številki našega strokovnega glasila objavljamo imena članov strokovnega društva MIDEM, ki so izpolnili prijavnico društva oziroma v preteklosti prijavnico SSESD.

Z ljubeznivostjo delovne organizacije ISKRA Mikroelektronika, oziroma njenega glavnega direktorja in člana izvršnega odbora mag. Milana Mekinde, smo podatke o našem članstvu uspeli računalniško obdelati. Vendar vsa računalniška podpora ne bo veliko veljala, če bodo podatki, ki jih vnašamo, napačni. Zato prosimo, da preverite, če je vaše ime v spisku naših članov in nas opozorite na spremembe, ki so povezane z vami.

Tudi letos vam bomo poslali prijavnice. Izpolnite jih, pa čeprav ste že člani. Na takšen način nam boste omogočili ažuriranje podatkov. Opozorite svoje kolege, ki jih ne boste našli v seznamu, da se včlanijo.

AHMETSPANIC SAID	ALJEC BOJAN	BUH MARIJA	BUNDALO ZLATKO
ALEKSIC OBRAD	AMBROZ DANILO	BURAZIN TOMISLAV	BUTKOVIC ZELJKO
AMBROZIC MARKO	AMON SLAVKO	CADEY IVO	CADEZ IVO
ANDJELKOVSKI ZIVKO	ANTESEVIC STOJANKA	CAVCIC DUNJA	CERGOLJ MIRJAM
ANTIC SLAVKO	ANTONCIC MAGDA	CERNETIC JOSIPINA	CEROVAC KRESIMIR
ARANDELOVIC VLADA	ARBANAS MLADEN	CESNOVAR ANDREJ	CIRIC RADMILA
BABIC RUDI	BAJIC STANE	COKAN ALES	COLARIC JOŽE
BAJD TADEJ	BAJIC MILORAD	CRNADAK MIHAILO	CRNIC DRAGO
BALOS AUREL	BANIC IVO	CUK FRANC	CUKELJ ZLATKO
BANKO MARTIN	BANOVEC ANDREJ	CUPURDIJA JASMINKA	CUROVIC MILIC
BARAGA VIKTOR	BASTER JANEZ	CVETKOVIC MIROSLAVA	CVOK STJEPAN
BEGOVIC HERMINA	BEKCIC IVAN	DAMNJANOVIC DRAGAN	DAMNJANOVIC SVETLANA
BELAVIC DARKO	BENDA JOSIP	DANCIC BRANE	DEBELJACKI VESELIN
BENDEKOVIC ZDRAVKO	BERAVC FRANC	DELAC NATONIJA	DESPOTOVSKI LAZAR
BERGANT STANE	BESENICAR SPOMENKA	DEVETAK MIRAN	DIMIROVSKI GEORGI
BILJANOCIC PETAR	BILJANOVIC PETAR	DJAKOVIC DRAGAN	DJOKIC MILIVOJE
BIZJAK IGOR	BIZJAK MARTIN	DJURIC ZORAN	DOBEIC JANEZ
BOGATAJ BRANKO	BOJC FRANC	DOBRICIC VLADIMIR	DOBRIJEVIC ZORAN
BORAS MILAN	BOSAN DJORDJE	DOGANOC MILAN	DOGSA TOMAZ
BOSKOVIC SLOBODAN	BOZIC VINKO	DOKIC BRANKO	DRAGANOVIC DRAGAN
BRALA ANTON	BRECELJ FRANC	DRAGO COTMAN	DRAGOSAVIC LJUBICA
BREZNIK BOJAN	BRICELJ BOGDAN	DRMAZ JANEZ	DUKANOVIC ZIVKO
BRKOVIC VUKMAN	BUDIN LEO	DURASEVIC MILORAD	DURJEVEC DANIEL
		DZEKOV TOMISLAV	DZIN SLOBODANKA
		EISENHUT VILI	ERZEN BOZIDAR
		FALESKINI RADO	FERINA SLAVKO
		FERMISEK BOJAN	FLAM DRAGUTIN
		FURLAN JOZE	GABRIJELCIC DUŠAN
		GALEKOVIC BRANIMIR	GARDASEVIC VOJIN
		GASEVIC BRANKO	GAVRILOVIC ALEKSANDAR
		GERGIC DRAGUTIN	GERIC IVAN
		GESSNER MARIJAN	GJURANIC MILAN
		GLAMOCAK HUZEIR	GLINSEK FRANC
		GLOZINIC IVAN	GNIDOVEC DUSAN
		GODEC DANIEL	GOLUBIC STJEPAN
		GORISEK MARJAN	GORJANC NEVENKA
		GOSOVIC NADA	GRAHORNIK EMIL
		GRGIC BERISLAV	GRILC DANIEL
		GRUBIC FRANCI	GRUJIC BILJANA
		GRUM ANDREJ	GRUNDLER DARKO
		GUBENSEK ANTON	HADZIOMEROVIC DAVOR

HALAS MARIJA	HALIMIC MIRSAĐ	LEKOVIC NADA	LENARDIC BORUT
HARBAS ENES	HIRSMAN MATJAZ	LEONARDIS SAVO	LICITAR KRESIMIR
HORVAT BOGOMIR	HOZIC FIKRET	LIMPEL META	LIPOVAC PETAR
HRIBERNIK BOZO	HRIBSEK MARIJA	LITOVSKI VANCO	LIVADA BRANKO
HUSAR IVAN	HUSOVIC NAZIF	LORENCIN MIODRAG	LUKEZIC MARINO
ILIC BRANISLAVA	INDOVSKI PETAR	LUKIC LAZAR	LUSTEK PETER
INJAC RANKO	IRMANCNIK LIDIJA	LUZAR JOZE	LUZAR RADKO
ISAILOVIC VLADISLAV	IVCEVIC VLADIMIR	MACANKOVIC BOJANA	MACEK MARIJAN
JAN FRANC	JANCAR PETAR	MAGNIK VLADIMIR	MAIER ZVONKA
JANCAR RUDI	JANEV VANCO	MAJSTOROVIC MILORAD	MALESEVIC JOVAN
JAPELJ JANEZ	JAZBEC HERMAN	MALESEVIC PREDRAG	MALIC DJURADJ
JELISAVLJEVIC DOBRIVOJ	JENKO BOJAN	MANSOOR ALI	MARCIC MARIO
JERIC STANE	JESENKO ANDREJ	MARJANOVIC MILKA	MARKO HROVAT
JEVNIK STEFAN	JEVTIC DR MILAN	MARKOV JANI	MARKOVIC OLGA
JEVTIC MILAN	JOSIFOVIC OLIVERA	MARS LEPOSAVA	MATIJEVIC BRANKO
JOVANOVIC DRAGAN	JOVANOVIC VESNA	MATOVIC JOVAN	MAVER JASNA
JOVCESKI PETAR	JOVIC VESNA	MEDIC MIODRAG	MEDLE JOZE
JUNGIC SLAVICA	JURCAN MIRNA	MEDVED BRANKO	MEKINDA MILAN
KADIC AZRA	KASTIC SLADZANKA	MENCL BORISLAV	MESTNIK BRIGITA
KEBER ALOJZIJ	KETTE BORIS	METLJAK DRAGO	MIKANOVIC MIHAJLO
KEVORKIJAN VARUZAN	KIT FRANC	MIKLAVCIC BOGO	MILATOVIC IVAN
KLAKOCAR VLADIMIR	KLAVS VLADIMIR	MILCIC ZORAN	MILIC BRANISLAV
KLOBCAR JOZE	KNEZ DANIEL	MILIC STRKALJ OGNJEN	MILICEVIC MIODRAG
KNEZEVIC DRAGAN	KNOLL MILENA	MILJKOVIC ZIVOJIN	MILOVANOVIC DRAGISA
KOBE MARJANCA	KOBE MILOS	MILOVANOVIC RAJKO	MIRJANIC DRAGOLJUB
KODRIC DARKO	KOJADINOVIC ZORAN	MIROSLAV GOJO	MITROVIC MILAN
KOLLER LIDIJA	KOMAN MOJCA	MLADENOVIC LJUBISA	MOCNIK IVAN
KOMLJENOVIC MILAN	KONDA TONE	MOZETIC VOJKO	MURCEHAJIC MUHAREM
KOPANJA DRAGOJLO	KOPLAN FRANC	MUSTRA SRECKO	MUZEVIC MARIJAN
KORUGA VLADO	KOS DARJA	NADIZAR BRANISLAV	NAJRAJTER ALMA
KOSAK NUSA	KOSEC MARIJA	NENADOVIC TOMISLAV	NESKOVIC ALEKSA
KOSELJ MICOVIC SANJA	KOSIR SASO	NIKOLIC ZORAN	NOVACIC LADISLAV
KOSTIC SLADZANKA	KOSTOVSKI DUSAN	NOVAK JURICA	NOVAK MATJAZ
KOTAR JOZE	KOVACEVIC DARINKA	NOVAK MATJAZ PR	NOVICA JOSIC
KOVACEVIC IBRAHIM	KOVACIC MIROSLAV	NOVINSEK BORIS	OBLAK JOZE
KOZELJ MATJAZ	KOZINA LOTAR	OGRIN TOMAZ	PANTIC DRAGAN
KOZINC ALOJZ	KRAJNC JOZE	PANTOVIC VLADIMIR	PARADIS DUBRAVKO
KRAJNC MARJETA	KRANJC JOZE	PASALIC HARIS	PAVLIN BOZIDAR
KRASNA JOZE	KRCMAR RATKO	PAVLOVIC ZORAN	PECUR DRAGO
KREGAR VLASTA	KREN BRANE	PEGAM MATJAZ	PEHANI BENO
KRIVOKAPIC ZORAN	KRIZNAR VLADIMIR	PEJOVIC MOMCILO	PEJOVIC VERICA
KRSTAJIC ZORAN	KRZAK ZORICA	PEPELNIK CVETKO	PERIC VLADIMIR
KUNOVAC DRAGANA	KURINCIC BOJAN	PERLIC STEVAN	PERMAN JANEZ
KUSIC KARMEN	KUZMIN JELKO	PESIC LJUTICA	PETERCA FRANC
LAKETIC DRAGOMIR	LATINOVIC TIHOMIR	PETKOVIC DRAGAN	PETKOVIC NOVICA
LA VRENCIC BORUT	LEKOVIC DANICA	PETRINEC MARIJA	PETROVIC BRANIMIR

PETROVIC MIODRAG	PETROVIC RADOMIR	STAMPEK SIMON	STANDEKER CVETO
PETROVIC VIDA	PHYSICOS CHRISTODOUL	STANISIC GORAN	STANKOVIC GORDANA
PINTAR AURELIA	PINTERIC FRANC	STANKOVIC TODOR	STANOJEVIC SNEZANA
PIRC MARIJA	PIRC SLAVKO	STEFANOVIC LJUBINKA	STEGEL IZTOK
PIRKOVIC JOZE	PIRKOVIC MARJAN	STEGLIC MAKS	STEMBERGER RADO
PIRTOVSEK ERVIN	PIVAC BRANKO	STIGLIC BRUNO	STOJADINOVIC NINOSLAV
PIVK MARJAN	PODNAR PETER	STOJAK SIMO	STOJANOVIC BILJANA
POKRIVAC TOMISLAV	POLAK JOZE	STOJANOVIC JOVAN	STOJANOVIC VLADIMIR
POLOVINA RADMILA	POLUTNIK MATJAZ	STOJANOVIC ZORAN	STOJANOVSKI JORDAN
POLZELNIK IVAN	POMPE IGOR	STOJANOVSKI PETAR	STRIZAK NENAD
POF GEORGIEV GLIGOR	POPOVIC RAJKO	STULAR ANTON	STULIC MLADEN
POPOVIC ZORAN	POSARIC JURAJ	SUBOTIC VELIBOR	SUSTARSIC BORIVOJ
POTOCAR JOZICA	POVRZENIC ZLATKO	SVAJČER ANICA	SVETA JOVICIC
PRASTALO RADOJKA	PREGELJ ANDREJ	TANCEV ASEN	TANJGA PETAR
PRERADOVIC ZAGORKA	PROKIC MIODRAG	TAVZES RADOVAN	TEPINA PAVLE
PUCELJ JOZE	PURGARIC BRANISLAV	TJAPKIN DIMITRIJE	TODOROVIC DUSAN
PUST SRECKO	RADIVOJEVIC JADRANKA	TOMAZIN VIKTOR	TOMIC MILICA
RADJENOVIC MILORAD	RADOVIC SNEZANA	TORIC HASIM	TOSIC BRATISLAV
RAJIC SLOBODAN	RATKOVIC MILICA	TRIFUNOVIC GORDANA	TRKULJA MILOS
PECNIK ANDREJ	REGODA RATKO	TROKIC BEDRUDIN	TRONTELJ JANEZ
RIBARIC SLOBODAN	RIDZAL SEAD	TRONTELJ LOJZE	TRONTELJ MARIJA
RISTIC LJUBISA	RISTIC MOMCILO	TRTANJ DARKO	TUFEKCIC IZET
ROCAK DOBRAVKA	ROCAK RUDOLF	TURINA MIROSLAV	TUSEK TADIC LJERKA
RODE BOJAN	ROZAJ BRVAR ALENKA	URSIC SREBRENKA	UVODIC DARJA MARTINA
ROZIC MIRKO	ROZMAN IRENA	VALANTIC BOJAN	VALENCIC BRANE
RUDEL DRAGO	RUHEK ANTON	VALENCIC MATJAZ	VALENCIC VITOS
RUNDIC SLAVOJKA	RUNOVČ FRANC	VARDJAN VITO	VENGAR SRECO
SAJFAR IVAN	SAMARDZIC NATALIJA	VERES VESIC DRAGICA	VETER JORG
SANCANIN STEVO	SANTO MARINA	VIDMAR HERMAN	VIDMAR STANISLAVA
SARAJCIC RANKO	SARCEVIC SLOBODANKA	VINSEK SILVESTER	VISINSKI GORDANA
SARIC MIRO	SAVKOVIC STEVANOVIC	VODOPIVEC MARIO	VOJNOVIC BOZIDAR
SEF MARJAN	SEGOTA ERAZMO	VRDOLJAK MIRJANA	VUCENOVIC DRAGAN
SEJAD SALAM	SELAR IVAN	VUK DAMIR	VUKELIC DRAGAN
SESTIC MLADEN	SETRAJCIC JOVAN	VUKELIC GORDAN	VUKELIC MILAN
SEVER VINKO	SIKILJIC MIHAJLO	VUKOJEVIC DRAGAN	VUKSAN LJUSTINA GORD
SILJANOSKI VLADO	SIMON FRANCI	ZABKAR ANTON	ZADRAVEC JURICA
SIMONCIC ALOJZ	SINCIC DAVOR	ZAJKOSKI PERE	ZALAR ANTON
SINOVCEVIC RENATA	SIRBEGOVIĆ SEDAT	ZDESAR MATIJA	ZELJEZNJAK ZELJKO
SKAKIC KARMEN	SKILJIC MAHAILO	ZEMLJIC ZOLTAN	ZIVANOV LJILJANA
SKRBINC DRAGO	SLOKAN MILAN	ZIVANOV MILOS	ZIVIC ZORAN
SMILJANIC MILOLJUB	SOBA STOJAN	ZLATANOVIC DRAGAN	ZOHAR BRANKO
SOFTIC FERID	SOLAR MITJA	ZORKO RUDI	ZORMAN SASO
SOLAR STANISLAV	SOLIC DRAGUTIN	ZUPAN MOJCA	ZUPAN PIRKOVIC ERIKA
SOLJACIC VINKA	SORLI IZTOK	ZUPANCIC JURE	ZUPIC JOSIP
SOSTAREC IVAN	SROL TATJANA		

## PROGRAM XV. JUGOSLOVANSKEGA POSVETOVANJA O MIKROELEKTRONIKI V BANJA LUKI

Pavle Tepina

MIEL - jugoslovansko posvetovanje o mikroelektroniki z mednarodno udeležbo predstavlja že tradicionalno srečanje evropskih strokovnjakov, ki se bavijo z raziskavami, razvojem, proizvodnjo in uporabo mikroelektronike.

Tradicionalno posvetovanje, katerega internacionalizacija se je začela prav v Banja Luki leta 1982, pa bo tudi obeležilo 25-letnico obstoja Elektrotehniške fakultete Banja Luka, ki je poleg ostalih tudi organizator posvetovanja MIEL-87.

### SPLOŠNE INFORMACIJE

Posvetovanje bo potekalo v Domu kulture v Banja Luki od 14. do 16. maja 1987.

Uradni jeziki posvetovanja so vsi jeziki jugoslovanskih narodov in angleščina. Del domačih referatov bo simultano prevajan v angleščino.

Recepcija posvetovanja bo odprta v sredo 13. maja od 15. do 19. ure v hotelu Bosna, ostale dneve pa v Domu kulture od 8. do 18. ure.

Ob posvetovanju bo tudi razstava mikroelektronskih komponent, materialov in literature domačih proizvajalcev.

### KOTIZACIJA

Kotizacija za sodelovanje na posvetovanju znaša:

Vplačana do 01. maja 1987:	din 25.000.-
Vplačana po tem datumu:	din 30.000.-

Kotizacijo vplačajte na žiro račun:

MIDEM, 61000 Ljubljana, Erjavčeva 15, številka računa: 50101-678-74701 z oznako MIEL

Prosimo vas, da ob registraciji predložite kopijo vplačila kotizacije.

### REZERVIRANJE PRENOČIŠČA:

Rezerviranje prenočišča smo poverili turistični organizaciji "Generalturist". Zato vas prosimo, da prijave za rezervacijo prenočišča pošljete izključno na "Generalturist" Kongresni oddelek, 41000 Zagreb, Praška 5.

XV jugoslavensko savjetovanje o mikroelektronici s mednarodnim sudjelovanjem je tradicionalni skup stručnjaka iz područja mikroelektronike, istraživača, proizvođača ili potrošača.

Tradicionalno savjetovanje, čija je internacionalizacija započela upravo u Banja Luci 1982. godine, obilježava i 25-godišnjicu rada Elektrotehničkog fakulteta Banja Luka, jednog od organizatora MIEL-87.

### OPĆE INFORMACIJE

Savjetovanje će se održati u Domu kulture u Banja Luci od 14. do 16. maja 1987. godine.

Službeni jezici Savjetovanja su svi jezici naroda Jugoslavije i engleski jezik. Dio domaćih referata prevodit će se simultano na engleski jezik.

Savjetovanje prati i izložba proizvoda domaćih proizvođača mikroelektroničkih komponenata, materijala i literature.

Recepcija za registraciju sudionika Savjetovanja radit će: srijeda, 13. maj 1987. godine od 15 do 19 sati u hotelu Bosna a ostale dane od 08 do 18 sati u Domu kulture.

### KOTIZACIJA

Kotizacija za sudionike na XV jugoslavenskom savjetovanju o mikroelektronici iznosi:

uplaćena do 01.05.1987. godine	25.000.- din
nakon 01.05.1987. godine	30.000.- din

Kotizaciju uplatiti na žiro račun:

MIDEM, Ljubljana, Erjavčeva 15, broj žiro računa: 50101-678-74701 s naznakom MIEL

Molimo da prilikom registracije priložite kopiju uplatnice.

### REZERVACIJA SMJEŠTAJA

Smještaj svih sudionika Savjetovanja povjeren je turističkoj organizaciji "Generalturist". Stoga vas molimo da prijave za rezervaciju smještaja šaljete isključivo na "Generalturist" Kongresni odjel, 41000 Zagreb, Praška 5.

DRUŽABNI PROGRAM

V četrtak, 14. maja bo za vse udeležence s plačano kotizacijo sprejem v Domu kulture. Skupna brezplačna večer-ja za vse udeležence s plačano kotizacijo bo 15. maja.

DRUŠTVENI PROGRAM

Za sve sudionike s plaćenom kotizacijom održat će se pri- jem u četvrtak, 14. maja 1987. godine u Domu kulture u Banja Luci u 20 sati. U petak, 15. maja 1987. godine or- ganizirat će se zajednička večera u prostorijama Doma kulture u 20.30 sati. Za sve sudionike s plaćenom kotiza- cijom večera je besplatna.

DAN DAY	SALA HALL	PREPODNE MORNING	SEKCIJA SESSION	POPODNE AFTERNOON	SEKCIJA SESSION
14.05 ČETVRTAK THURSDAY	A	09.00-09.45	OTVARANJE SAVJETOVANJA CONFERENCE OPENING	15.30-16.30	UVODNI REFERAT INVITED PAPER
		10.00-11.15	UVODNI REFERAT INVITED PAPER I. + II.	16.45-18.00	DIZAJNIRANJE INTEGRIRANIH SKLOPOVA I. IC 's DESIGN I.
		12.30-14.00	MONOLITNI INTEGRIRANI SKLOPOVI MONOLITIC IC 's	18.15-19.15	DIZAJNIRANJE INTEGRIRANIH SKLOPOVA II. IC 's DESIGN II.
	B	12.30-14.00	MJERENJA MEASUREMENTS	16.45-18.00	TEHNOLOGIJA INTEGRIRANIH SKLOPOVA I. IC 's TECHNOLOGY I.
				18.15-19.15	SAW ELEMENTI SAW DEVICES
15.05 PETAK FRIDAY	A	08.00-09.00	UVODNI REFERAT INVITED PAPER	15.30-17.00	MODELIRANJE I. MODELLING I.
		09.15-10.15	NOVI ELEMENTI NEW DEVICES	17.15-18.30	MODELIRANJE II. MODELLING II.
		10.45-11.45	UVODNI REFERAT INVITED PAPER		
		12.00-13.30	DIZAJNIRANJE INTEGRIRANIH SKLOPOVA III IC 's DESIGN III.		
	B	09.15-10.30	HIBRIDNI HYBRIDS	15.30-17.00	KVALITETA QUALITY
		12.-13.30	TEHNOLOGIJA INTEGRIRANIH SKLOPOVA II. IC 's TECHNOLOGY II.	17.15-18.30	ZAKAŠNJELI REFERATI LATE PAPERS
16.05 SUBOTA SATURDAY	A	09.00-10.00	UVODNI REFERAT INVITED PAPER		
		10.15	ZAKLJUČAK SAVJETOVANJA CONFERENCE CLOSING		

**Četvrtak, 14. maj**  
**Thursday, May 14th**

**Sala A**  
**Hall**

UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER

Predsjednik:  
Chairman: B.Trokić

09.00 Otvaranje  
Opening  
Predsjednik:  
President:

I.Blentić, predsjednik OK  
President of OK

11.15 D.Kranzer, Siemens, München - D  
1 AND 4 Mbit VLSI MEMORY

12.15 Odmor  
Break

Pozdravni govor:  
Wellcome adrese: R.Ročak, predsjednik MIDEM  
President od MIDEM

Otvoranje savjetovanja:  
Conference opening: Predstavnik SIV -a SFRJ  
Representative of FC of SFRJ

Podela priznanja  
Awards

Odmor  
Break

UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER

Predsjednik:  
Chairman: R.Ročak

SEKCIJA A-1  
SESSION Monolitni integrirani sklopovi  
Monolithic IC 's

Predsjednik:  
Chairman: S.Ursić

12.30 R.Jakšić, RSUP SRH, Zagreb  
B.Modlic, Elektrotehnički fakultet, Zagreb  
OSOBITOSTI MJERENJE OSJETLJIVOSTI DETEKTORA  
FAZE U OKVIRU PLL INTEGRIRANIH SKLOPOVA

12.45 SOME SIMPLE METHODS OF PHASE DETECTOR SEN-  
SIVITY MEASUREMENT IN INTEGRATED PLL-CIRCUITS  
V.Kunc, J.Trontelj, L.Trontelj, Fakulteta za elek-  
trotehniko, Ljubljana  
M.Štiglic, Iskra - Center za elektrooptiko, Ljubljana  
DRUŽINA INTEGRIRANIH VEZIJA ZA INTELIGENTNO  
SENZORSKO POLJE

VLSI CIRCUITS FOR INTELIGENT SENSOR ARRAY

13.00 G.Božić, T.Švedek, M.Boltužić, ETI-R.Končar, Zagreb  
Z.Stojanović, EI-Poluprovodnici, Niš  
ASIC NA BAZI LOGIČKOG NIZA GEM-21 - FIZIČKO  
PROJEKTIRANJE, SIMULACIJA I TESTIRANJE

10.00 W.A.Ledeboer, PHILIPS Corporate Development  
Coordination - NL  
EUROPEAN MICROELECTRONICS PROJECTS

11.00 Odmor  
Break



- THE EXAMPLE OF ASIC IMPLEMENTED IN GATE ARRAY GEM-21 WITH EMPHASIS ON PHYSICAL DESIGN. SIMULATION AND TESTING PROCEDURES
- 13.15 Lj.Ristić, T.Smy, H.P.Baltes, I.Filanovsky, T  
The University of Alberta, Edmonton - Canada  
A HIGHLY SENSITIVE MAGNETIC FIELD SENSOR BASED ON MAGNETOTRANSISTOR ACTION WITH SUPPRESSED SIDEWALL INJECTION
- 13.30 E.M.Saad, Faculty of Ingeneering and Technology, Helwan, Egypt  
FINITE IMPULSE RESPONSE FILTER FOR DETECTION OF BINARY SIGNALS
- 13.45 A.I.Abd Elfatah, Elmasoura University, Egypt  
A.A.Shaaban, Suez Canal University, Egypt  
A SWITCHED CAPACITOR OSCILATOR CIRCUIT USING A SINGLE UNITY GAIN AMPLIFIER
- Objed  
Lunch
- UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER
- Predsjednik:  
Chairman: R.Krčmar
- 15.30 T.M.G.Krijnen, Varian Associates Inc., Amsterdam  
NEW DOSIMETRY SYSTEM FOR A SERIAL PROCESS ION IMPLANTER
- 16.30 Odmor  
Break
- SEKCIJA A-2 Dizajniranje integriranih sklopova I.  
SESSION IC Design I.
- Predsjednik:  
Chairman: R.Krčmar
- 16.45 F.Runovc, M.Jenko, Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana  
COMPUTER INTEGRATION OF TOOLS FOR INTEGRATED CIRCUIT TECHNOLOGY DEVELOPMENT
- 17.00 V.Litovski, P.Petković, Elektronski fakultet Niš  
RAZVOJ MAKROMODELA CMOS LOGIČKIH OPERATORA U VREMENSKOM DOMENU
- DEVELOPMENT OF CMOS LOGIC GATE MACROMODELS FOR TIME DOMAIN SIMULATION
- 17.15 T.Pleteršek, J.Trontelj, L.Trontelj, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
EXPERTNI SISTEM ZA GENERACIJO GEOMETRIJE INTEGRIRANIH VEZIJA
- CREATION OF RESISTIVE CMOS BUILDING BLOCKS IN AUTOMATED LAYOUT DESIGN USING EXPERT SYSTEM
- 17.30 N.Qung Tang, TESLA Electronics Research Institute, Praha - ČSSR  
TRANSFORMATION AND MINIMIZATION OF A SET OF BOOLEAN EQUATION INTO TWO-LEVEL REPRESENTATION
- 17.45 J.Trontelj, L.Trontelj, T.Slivnik, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
GRAFIČNI EDITOR ZA NAČRTOVANJE ANALOGNIH IN ANALOGNO-DIGITALNIH INTEGRIRANIH VEZIJA
- 18.00 Odmor  
Break
- SEKCIJA A-3 Dizajniranje integriranih sklopova II.  
SESSION IC Design
- Predsjednik:  
Chairman: N.Stojadinović
- 18.15 A.Vodopivec, Iskra - Mikroelektronika, Ljubljana  
ULA TRACE
- 18.30 Z.Burjan, TESLA VUST, Praha - ČSSR  
VERIFICATION OF THE IC DESIGN IN THE STANDARD CELL SYSTEM
- 18.45 J.Trontelj, L.Trontelj, T.Slivnik, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
ANALOGNI POVEZOVALNIK ZA NAČRTOVANJE OBSEŽNIH ANALOGNIH IN ANALOGNO-DIGITALNIH INTEGRIRANIH VEZIJA
- ANALOG ROUTER FOR MIXED ANALOG-DIGITAL DESIGN
- 19.00 A.H.M.Shousha, Electronic Department, Cairo University, Cairo - Egypt  
COMPUTER AIDED DESIGN OF PROGRAMMABLE LOGIC ARRAYS
- 20.00 PRIJEM  
COCKTAIL
- Petak, 15. maj** **Sala A**  
**Friday, May 15th** **Hall**
- 
- UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER
- Predsjednik:  
Chairman: D.Tjapkin
- 08.00 R.S.Popović, Landis and Gyr Corporation, Zug - CH  
SILICON INTEGRATED SENSORS
- 09.00 Odmor  
Break
- SEKCIJA A-4 Novi elementi  
SESSION New Devices
- Predsjednik:  
Chairman: D.Tjapkin
- 09.15 V.Milanović, Viša PTT škola Beograd, Z.Ikonić, D.Tjapkin, Elektrotehnički fakultet Beograd  
ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA APSORPCIJE KVANTNE JAME PO JEDNOM NOVOM PRISTUPU
- DETERMINATION OF QUANTUM WELL ABSORPTION COEFFICIENT BY A NEW APPROACH
- 09.30 Z.Ikonić, D.Tjapkin, Elektrotehnički fakultet Beograd  
V.Milanović, Viša PTT škola Beograd  
KVANTNA JAMA U ELEKTRIČNOM POLJU KAO SELEKTIVNI DETEKTOR INFRACRVENOG ZRAČENJA SA MOGUĆNOŠĆU PODEŠAVANJA
- QUANTUM WELL IN ELECTRIC FIELD AS A TUNABLE SELECTIVE INFRARED RADIATION DETECTOR
- 09.45 P.M.Nikolić, O.S.Aleksić, Univerzitet Beograd, ETF Beograd  
MEHURASTI MAGNETNI DOMENI I MMD - MIKROELEKTRONIKA
- MAGNETIC BUBBLE DOMAINS AND MICROELECTRONICS

- 10.00 A.A.Czerwinski, T.Gutt, J.Olenski, H.Przewlocki, A.Zukowski, Institute of Electron Technology-CEMI, Warsaw, Poland  
COMPUTER AIDED DIAGNOSTICS AND PRODUCTION CONTROL SYSTEM FOR MICROELECTRONICS
- 10.15 Odmor  
Break
- 10.45 UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER  
  
Predsjednik: M. Slokan  
Chairman:  
  
Dj.Koruga, Mašinski fakultet Beograd - YU  
PRAVCI ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA MOLEKULARNE ELEKTRONIKE  
  
RESEARCH AND DEVELOPMENT TRENDS OF MOLECULAR ELECTRONICS
- 11.45 Odmor  
Break  
  
SEKCIJA A-5 Dizajniranje integriranih sklopova III.  
SESSION IC Design III  
  
Predsjednik: M. Slokan  
Chairman:
- 12.00 D.Raković, Elektrotehnički fakultet Beograd  
BIOKOMPUTER - PERSPEKTIVE  
  
BIOCOMPUTERS - THE PERSPECTIVES
- 12.15 D.Raković, Elektrotehnički fakultet Beograd  
L.A.Gribov, Institut GEOHI AN SSSR, Moskva  
POLIACETILENSKI SOLITONSKI PREKIDAČI U SVETLU STRUKTURE POLIACETILENA  
  
THE POLYACETYLENE SOLITON SWITCHES IN THE LIGHT OF POLYACETYLENE STRUCTURE
- 12.30 M.M. Abu-Zeid, Eindhoven University, NL  
GROOVED-GATE MOSFET STRUCTURES
- 12.45 Z.Bendeković, S.Muštra, J.Turković, P.Biljanović, RIZ TPV Zagreb  
KONCEPT NOVE BIPOLARNE ĆELIJE S HORIZONTALNIM TOKOM STRUJE (HCT)  
  
THE CONCEPT OF THE NEW BIPOLAR CELL WITH THE HORIZONTAL CURRENT PARTH
- 13.00 Z.Bendeković, M.Balaša-Šribar, I.Gložinić, D.Ivček RIZ TPV Zagreb  
PRIJEDLOG TEHNOLOGIJE NOVE BIPOLARNE ĆELIJE S HORIZONTALNIM TOKOM STRUJE (HCT)  
  
THE PROPOSAL FOR THE TECHNOLOGY OF THE NEW VLSI BIPOLAR CELL
- 13.15 Z.Živić, B.Kren, I.Šorli, M.Hiršman, Iskra Mikroelektronika, Ljubljana  
3 um N-WELL AND P-WELL DEVICE PERFORMANCE COMPARISON  
  
Objed  
Lunch  
  
SEKCIJA A-6 Modeliranje I  
SESSION Modelling I  
  
Predsjednik: J.Furlan  
Chairman:
- 15.30 I.Šorli, M.Hiršman, Iskra Mikroelektronika, Ljubljana  
SIMULACIJA CMOS PROCESA Z N IN P OTOKOM IN MINIMALNO RAZSEŽNOSTJO 3 um  
  
SIMULATION OF 3 MICRON N-WELL AND P-WELL CMOS TECHNOLOGY
- 15.45 M.Jenko, Iskra Mikroelektronika, Ljubljana  
DC AND TEMPERATURE CHARACTERIZATION OF THE PROCESS USING CIRCUIT SIMULATOR MOS MODELS
- 16.00 M.Maček, M.Hiršman, Iskra Mikroelektronika, Ljubljana  
FORMIRANJE PLITVIH SPOJEV N<sup>+</sup>P Z IMPLANTACIJO ARZENA  
  
SHALLOW JUNCTIONS N<sup>+</sup>P FORMED BY As IMPLANTATION
- 16.15 M.Hiršman, M.Maček Iskra Mikroelektronika, Ljubljana  
FORMIRANJE PLITVIH SPOJEV P<sup>+</sup>N Z IMPLANTACIJO BF<sub>2</sub>  
  
SHALLOW JUNCTION P<sup>+</sup>N FORMED BY BF<sub>2</sub> IMPLANTATION
- 16.30 R.Ramović, D.Rajić, D.Tjapkin, Elektrotehnički fakultet Beograd  
D.Stojanović Institut za fiziku, D.Stojanović, Institut "Boris Kidrič" Vinča  
MODELOVANJE TOPLOTNIH POJAVA I ANALIZA TEMPERATURSKOG POLJA U NEKIM MIKROELEKTRONSKIM STRUKTURAMA  
  
MODELLING OF THERMAL PHENOMENA AND THE ANALYSIS OF THE TEMPERATURE IN SOME MICROELECTRONICS STRUCTURES
- 16.45 W.Janke, Technical University of Gdansk, PL  
MODELING THE ELECTROTHERMAL INTERACTIONS IN INTEGRATED CIRCUITS
- 17.00 Odmor  
Break  
  
SEKCIJA A-7 Modeliranje II  
SESSION Modelling II  
  
Predsjednik: P.Biljanović  
Chairman:
- 17.45 C.Gingu, M.Meila, Microelectronica Bucharest  
TWO-DIMENSIONAL SIMULATION OF MOS CAPACITOR
- 17.30 D.Pantić, S.Mijalković, N.Stojadinović, Elektronski fakultet Niš,  
N.Janković, RO Ei-Poluprovodnici, Niš  
PRAKTIČNI ASPEKTI MODELIRANJA CMOS TRANZISTORA PROGRAMOM MINIMOS  
  
PRACTICAL ASPECTS OF CMOS TRANSISTOR MODELING BY PROGRAM MINIMOS
- 17.45 P.Habaš, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad  
V.Cvekić, Minel institut za automatiku, Beograd  
MODELOVANJE KANALA VISOKONAPONSKOG MOS TRANZISTORA U SATURACIJI  
  
A MODEL FOR HIGH-VOLTAGE MOS TRANSISTORS IN THE SATURATION REGIME
- 18.00 S.Dimitrijević, D.Župac, N.Stojadinović, Faculty of Electronic Engineering, Niš  
AN IMPROVEMENT OF COMMONLY USED EXPRESSION FOR DRAIN CURRENT OF MOS TRANSISTORS

- 18.15 I.Adamčik, L.Maly, TESLA Electronics Research Institute, Praha, ČSSR  
METHODOLOGY OF TEST CHIPS DESING FOR PROCESS AND DEVICE CHARACTERIZATION
- 18.30 S.Djordjević, V.Litovski, Ei Mikroelektronika Niš, Elektronski fakultet Niš  
MODELIRANJE I PROGRAMSKA REALIZACIJA SATURACIONE OBLASTI BIPOLARNOG TRANZISTORA  
MODELING AND COMPUTER PROGRAMING OF THE BIPOLAR TRANSISTOR'S SATURATION REGION
- 18.45 F.Smole, Iskra - Polprevodniki, Trbovlje  
J.Furlan, S.Amon, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
RAČUNALNIŠKA SIMULACIJA POLPREVODNIŠKIH STRUKTUR  
COMPUTER SIMULATION OF SEMICONDUCTOR STRUCTURES
- 20.00 Večera  
Conference diner

**Subota, 16. maj Sala A**  
**Saturday, May 16 th Hall**

- UVODNI REFERAT  
INVITED PAPER
- Predsjednik: B.Djokić  
Chairman :
- 09.00 T.V.Bugareva, Akademija nauk, Moskva - SSSR  
ULTRASONIC INFLUENCE ON ABSORPTION AND EMISSION SPECTRA OF LIGHT IN SEMICONDUCTORS
- 10.00 Odmor  
Break
- 10.15 ZAKLJUČAK SAVJETOVANJA  
CONFERENCE CLOSING
- Četvrtak, 14. maj Sala B**  
**Thursday, May 14th Hall**
- SEKCIJA B-1 Mjerenja  
SESSION Measurements
- Predsjednik: D.Čajkovski  
Chairman:
- 12.30 K.Iniewski, A.Jakubowski, Technical University Warsaw  
NEW APPROACH TO C-V PROFILING IN MOS STRUCTURES
- 12.45 M.Koželj, Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana  
C-V MERIIVE IN DOLOČITEV PARAMETROV ZA MAJHNE P-N STIKE  
C-V MEASUREMENT AND PARAMETER EXTRACTION FOR SMALL P-N JUNCTIONS
- 13.00 M.Mužević, RIZ-RO Tvornica poluvodiča, Zagreb  
KOREKCIJA PROFILA OTPORNOSTI PRI MJERENJU RASPODIJELNJENOG OTPORA REALNIH STRUKTURA  
THE RESISTIVITY PROFILE CORRECTION DURING THE SPREADING RESISTANCE MEASUREMENT OF REAL STRUCTURES
- 13.15 B.Aleksandrov, M.Kranjc, M.Bizjak, I.Šorli, Iskra-Mikroelektronika, Ljubljana  
KVANTITATIVNA ANALIZA FOSFOSILIKATNH STEKEL  
QUANTITATIVE ANALYSIS OF PHOSPHOSILICATE GLASSES
- 13.30 J.Fischer, Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau, Berlin, DDR  
SOME PROBLEMS OF EQUIPMENT RELIABILITY IN SEMICONDUCTOR PROCESS MEASURING APPARATUS
- 13.45 A.Sienicki, A.Jakubowski, Institut Technology Elektronowj, Politechnika Warszawska, Wrszawa  
SURFACE GENERATION VELOCITY DETERMINATION USING PULSE METHODS IN MOS CAPACITOR
- Objed  
Lunch
- SEKCIJA B-2 Tehnologija integriranih sklopova  
SESSION IC's Design
- Predsjednik: S.Muštra  
Chairman:
- 16.45 F.Penske, H.Lange, H.F.Hadamovsky, Central Institut of Electron Physics, Berlin - DDR  
MULTILAYER METAL CONTACT SYSTEM FOR SILICON POWER DEVICES
- 17.00 A.Balasincki, M.Duszak, K.G.Grigorow, A.Jakubovski, J.Smidt, Waszaw University of Technology, Waszaw - PL  
THE INFLUENCE OF DEPOSITION TIME ON PARAMETERS OF THIN DIAMONDLIKE CARBON FILMS
- 17.15 E.Staryga, A.Lipinski, Technical University of Lodz, PL  
MODELLING OF ENERGY STRUCTURE OF THIN CARBON FILMS OBTAINED BY PA CVD METHOD
- 17.30 J.Smidt, A.Jakubowski, W.Kučko, Technical University of Warsaw, PL  
APPLICATION OF DIAMONDLIKE LAYERS AS ANTIREFLECTION COATINGS IN SILICON SOLAR CELLS
- 17.45 E.Hasanbašić, R.Sinovčević, D.Vuk, RO Tvornica poluvodiča, Zagreb  
SEKUNDARNA ZAŠTITA BIPOLARNIH TRANZISTORA PLAZMA Si-NITRIDOM, Si-OKSINITRIDOM, Si-OKSIDOM I DVOSLOJNIM Si-OKSID Si-NITRIDOM  
PLASMA DEPOSITED SILICON NITRIDE, SILICON OXINITRIDE, SILICON DIOXIDE AS SECUNDRAR PROTECTION OF BIPOLAR TRANSISTORS
- 18.00 Odmor  
Break
- SEKCIJA B-3 SAW elementi  
SESSION SAW Devices
- Predsjednik: S.Širbegović  
Chairman:
- 18.15 Z.Matić, P.Jermol, J.Majcen, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
IZDELAVA FOTOMASK ZA POSEBNE NAMENE NA SLIKOVNEM GENERATORJU  
PRODUCTION OF FOTOMASC FOR SPECIAL PURPOSES ON PATTERN GENERATOR
- 18.30 J.I.Lokovšek, I.Macarol, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
TEHNOLOGIJA VEZIJI NA POVRŠINSKO AKUSTIČNO VALOVANJE V GHz PODROČJU  
TECHNOLOGY FOR GHz SAW DEVICES
- 18.45 M.Hribšek, D.Vasiljević, M.Popović, Faculty of Electrical Engineering Belgrade

# Iskra

## *Iskra Avtomatika*

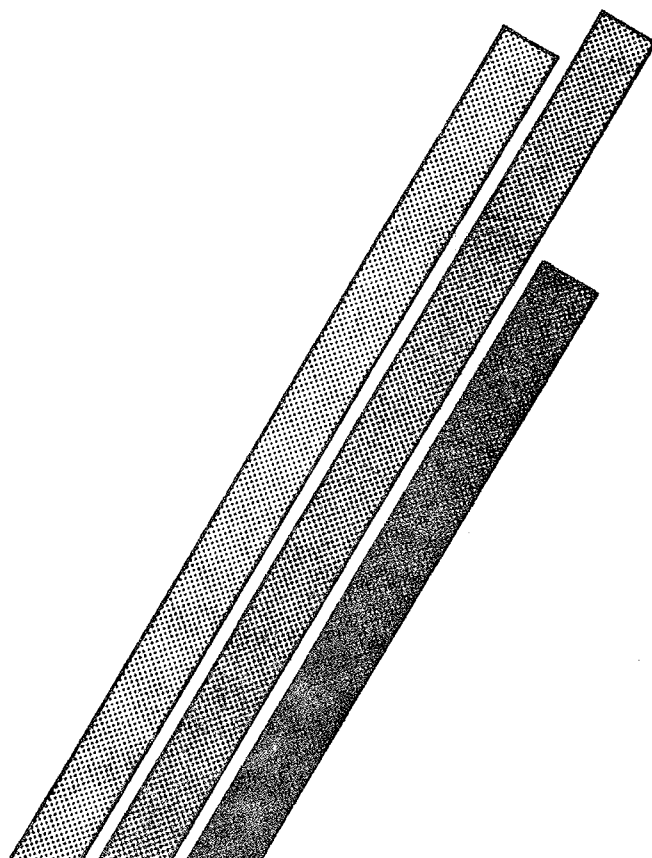
- avtomatizacija železniškega prometa
- avtomatizacija cestnega prometa
- avtomatizacija, daljinsko vodenje in telekomunikacije v energetiki
- najava požara in zaščita dostopa
- avtomatizacija industrijskih procesov
- avtomatizacija in mehanizacija varjenja
- krmiljenje obdelovalnih strojev
- usmerniški in napajalni sistemi ter naprave
- elementi avtomatizacije

**Iskra**



*Iskra Industrija za avtomatiko*  
61000 Ljubljana, Stegne 15b

Stegne 15b, tel. 061 572 331, telex 31301 yu iskcsa  
Kotnikova 6, tel. 061 312 322, telex 31168 yu iskbaz



## Navodila avtorjem

Publikacija »Informacije MIDE­M« je zainteresirana za prispevke doma­ćih in inozemskih avtorjev — še posebej članov MIDE­M — s področja mikroelektronike, elektronskih sestavnih delov in materialov, ki jih lahko razvrstimo v naslednje kategorije: izvirni znanstveni članki, strokovni članki, pregledni strokovni članki, mnenja in komentarji, strokovne novosti, članki iz prakse, članki in poročila iz delovnih organizacij, inštitutov in fakultet, članki in poročila o akcijah MIDE­M, članki in poročila o dejavnostih članov MIDE­M. Sponzorji MIDE­M lahko brezplačno objavijo v vsaki številki publikacije po eno stran strokovnih informacij o svojih novih proizvodih, medtem ko je prispevek za objavo strokovnih informacij ostalih delovnih organizacij 40 000 din za običajno A4 stran in 60 000 din za A4 stran, ki vsebuje črno-belo fotografijo!

Prispevek mora biti pripravljen tako:

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

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

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

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

Avtorji so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka.

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

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

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

Rokopisov ne vračamo.

## Upute autorima

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

Sponzori MIDE­M mogu besplatno u svakome broju publikacije objaviti po jednu stranu stručnih informacija o svojim novim proizvodima. Ostale radne organizacije plaćaju za objavljivanje sličnih informacija 40 000 din po jednoj običnoj A4 stranici i 60 000 din po A4 stranici sa crno-bijelom fotografijom.

Prilozi trebaju biti pripremljeni kako slijedi:

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

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

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

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

Autori odgovaraju u potpunosti za sadržaj objavljenog rada.

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

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

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

Rukopise ne vračamo.

## Sponzorji MIDEM

## Sponzori MIDEM

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

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

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