

# SENZORJI TLAKA REALIZIRANI S POMOČJO DEBELOPLASTNE TEHNOLOGIJE

S. Šoba, D. Belavič, M. Hrovat\*, B. Pavlin, A. Simončič  
 \* Iskra Hipot d.o.o., Šentjernej, Slovenija  
 \* Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija

**Ključne besede:** senzorji tlaka, senzorji piezoupornostni, senzorji industrijski, mikroelektronika, tehnologije debeloplastne, pretvorniki tlaka, senzorji multipleksni, NTC termistorji, inovacije tehnološke, doravnavanje, doravnavanje lasersko, tolerance ozke

**Povzetek:** Zastavljeni namenski cilj razvojnega projekta - povečanje tržnega deleža na področju senzorjev tlaka - je dosežen. Razvili smo skupino industrijskih senzorjev tlaka. Posebej bi omenili multiplex senzor in družino senzorjev ter pretvornikov za različna tlačna področja. Poleg tega smo osvojili različna znanja in razvili nove tehnološke postopke, ki so uporabni tudi za druge izdelke. Poudarili bi tehnološke inovacije pri debeloplastnem senzorju sile, doravnavanju debeloplastnih NTC termistorjev do ozkih toleranc in zapiranja mehansko občutljivih debeloplastnih vezij v plastična ohišja.

## Pressure Sensors Realized by Thick Film Technology

**Keywords:** pressure sensors, piezoresistive sensors, industrial sensors, microelectronics, thick film technologies, pressure transducers, multiplex sensors, NTC thermistors, technological innovations, trimming, laser trimming, narrow tolerances

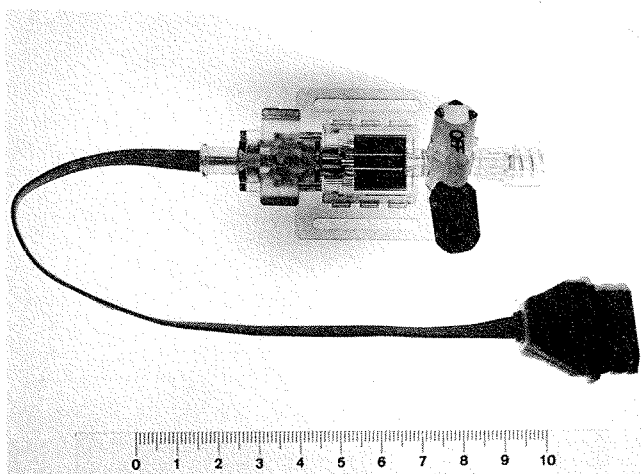
**Abstract:** The purpose of research and development project - an increased pressure sensor market share - has been achieved. The group of industrial pressure sensors (multiplex sensor, the family of sensors and transducers for different pressure etc.) was developed. The various "know-how" were acquired and new technological processes usable also on other fields, have been developed. As examples thick film strain gauge, laser trimming of thick film NTC thermistors to narrow tolerances and encapsulation of stress sensitive thick film circuits could be mentioned.

### Uvod

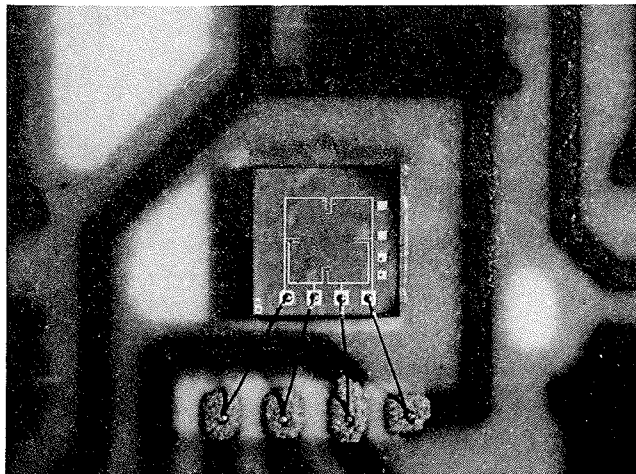
V letih 1991 - 1993 je potekal projekt "Senzorji tlaka realizirani s pomočjo debeloplastne tehnologije", ki ga je z 20% deležem sofinanciralo Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Naročnik projekta je bila ISKRA HIPOT, Tovarna elektronskih elementov in opreme, d.o.o., Šentjernej, Trubarjeva 7, izvajalci projekta pa Institut Jožef Stefan in Iskra Razvojno raziskovalni inštitut IEZE RO HYB Šentjernej ISKRE HIPOT. Projekt je bil zastavljen na podlagi uspešne realizacije

in redne velikoserijske proizvodnje senzorja za merjenje krvnega tlaka za enkratno uporabo (slika 1).

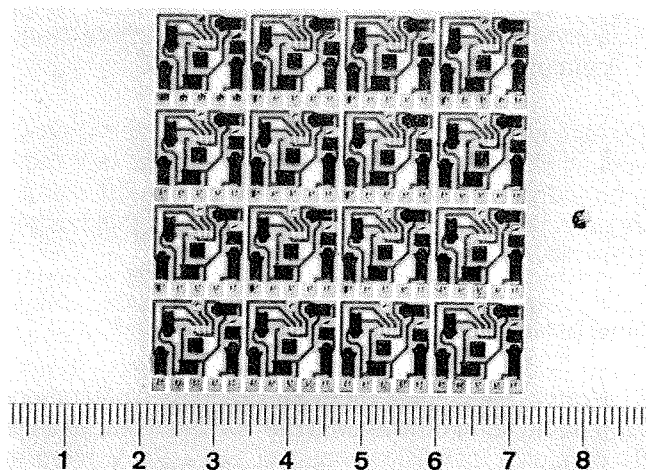
Omenjeni senzor je aplikacija piezoupornostnega silicijevega senzorja tlaka (slika 2) na debeloplastnem kompenzacijskem vezju, narejenem na keramičnem substratu (slika 3). Dobro obvladovanje proizvodnje senzorja krvnega tlaka je dajalo utemeljeno podlago za razmišljanje o uporabi podobne in še bolj dodelane tehnologije za razvoj novih izdelkov s področja senzorjev tlaka. Zastavljen je bil projekt, čigar končni cilj je bil



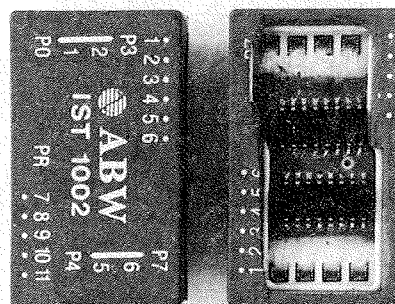
Slika 1: Senzor za merjenje krvnega tlaka za enkratno uporabo



Slika 2: Piezoupornostni silicijev senzor tlaka na debeloplastnem kompenzacijskem vezju



Slika 3: Keramična ploščica s 16 piezoupornostnimi silicijevimi senzorji tlaka na debelo-plastnem kompenzacijskem vezju



Slika 4: Multiplex senzor (modul z 8 silicijevimi senzorji tlaka za tlačno področje do 1 bar in dvema 4-kanalnima CMOS multiplexerjema)

razširiti tržni delež na področju senzorjev tlaka. Na podlagi analize trga smo se odločili za naslednje segmentne cilje projekta:

- industrijski senzorji in pretvorniki z uporabo debeloplastne tehnologije
- kompenzirani senzorji tlaka za uporabo v procesni industriji v različnih izvedbah
- aplikacije senzorjev in pretvornikov za uporabniška vezja
- debeloplastni senzor sile z različnimi aplikacijami
- medicinski senzorji tlaka (možganski senzor tlaka, senzor krvnega tlaka nove generacije)

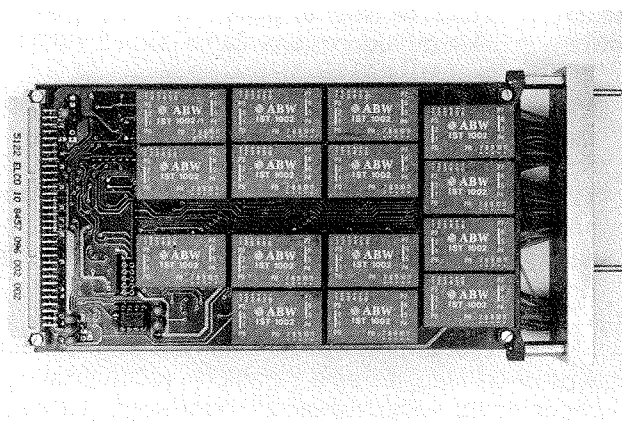
Predstavljamo rezultate raziskovalnega dela, ki se kažejo v *osvojitvi novih trgov, novih proizvodih in novih proizvodnih postopkih, tehnoloških inovacijah in patentih.*

### Predstavitev rezultatov projekta

Rezultate projekta lahko uvrstimo v tri skupine glede na doseženo stopnjo uporabe in prenosa v proizvodnjo. V prvi skupini predstavljamo raziskovalne dosežke iz vseh segmentnih ciljev projekta, ki so prišli v redno proizvodnjo in ki jih uspešno tržimo. S temi izdelki je bila dosežena

### Osvojitev novih trgov

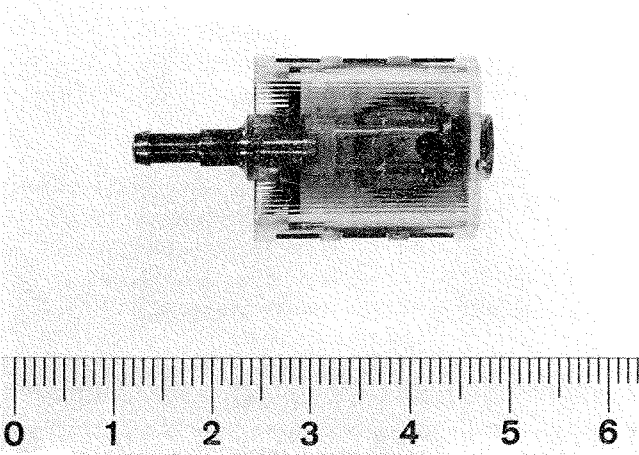
Na področju **industrijskih senzorjev** je bil za proizvod multiplex senzor narejen kompletan razvoj proizvoda od ideje do tržne realizacije. Proizvod je v redni proizvodnji. Multiplex senzor je aplikacijsko vezje, ki se sestoji iz 8 silicijevih senzorjev tlaka za tlačno področje do 1 bar in dveh 4-kanalnih CMOS multiplexerjev (slika 4). Namenjen je uporabi v sistemu, kjer je potrebno hitro preletavanje točk merjenega pritiska. Krmiljenje (CMOS logika) in kompenzacija



Slika 5,6: Plošča s 15 moduli multiplex senzor s skupno 120 senzorji tlaka; plošča vključno z vsemi cevkami in priključki

merjenih vrednosti iz senzorjev se opravlja računalniško oz. mikroprocesorsko.

Za kupca smo razvili tudi ploščo s tiskanim vezjem, na katerem je 15 modulov multiplex senzor s skupno 120 senzorji tlaka. Tiskano vezje je načrtovano tako, da

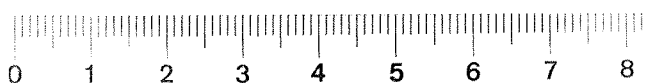
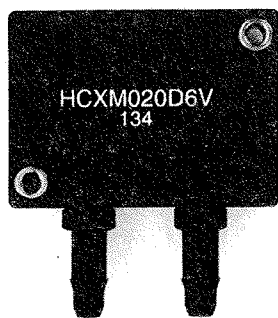


Slika 7: Senzor tlaka za diferencialni tlak 0-1bar oz. 0-5bar

omogoča hitro preletavanje vseh senzorjev in zapis meritev v računalnik. Tudi to ploščo vključno z vsemi cevkami in priključki redno proizvajamo (slika 5, slika 6).

Na področju **kompensiranih senzorjev tlaka** za uporabo v procesni industriji je v redni proizvodnji senzor tlaka za diferencialni tlak 0-1bar oz. 0-5bar (slika 7). Gre za sorazmerno cenen kompensirani senzor narejen iz podobnih materialov kot velikoserijski senzor krvnega tlaka. Senzorski element tega sensorja je na sliki 2.

Med **kompensiranimi pretvorniki tlaka** za uporabo v procesni industriji smo s pomočjo računalniškega modeliranja vezja razvili za nemškega partnerja družino pretvornikov tlaka v tlačnem področju 20mbar - 5bar (20mbar, 50mbar, 100mbar, 350mbar, 1bar, 2bar, 5bar - vsi relativni in 1bar absolutni). Vsi pretvorniki so v redni proizvodnji (slika 8). Skupna za vse pretvornike je enaka napajalna napetost (najmanj 4.8V) in enak električni odziv (0.5 - 4.5V) glede na izbrano tlačno področje in majhno ter ro-



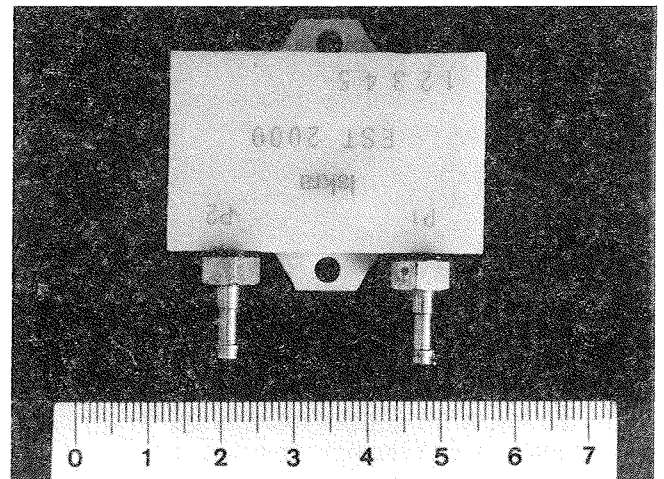
Slika 8: Družina pretvornikov tlaka v tlačnem področju 20mbar - 5bar (20mbar, 50mbar, 100mbar, 350mbar, 1bar, 2bar, 5bar - vsi relativni in 1bar absolutni)

bustno ohišje. Vsi pretvorniki so kompensirani v temperaturnem področju 0 - 70°C.

Od faze ideje do prototipa so bili razviti naslednji proizvodi, ki jih iz različnih razlogov zaenkrat še ni v redni proizvodnji, nekatere rezultate iz razvoja teh izdelkov pa že uporabljamo v drugih proizvodih iz redne proizvodnje senzorjev.

### Novi proizvodi in novi proizvodni postopki

**Pretvornik tlaka 0-150mbar** je podoben prej omenjenemu kompensiranemu pretvorniku tlaka, le da je narejen s cenejšimi materiali (slika 9). V njem je uporabljen senzor, ki ga uporabljamo za velikoserijsko proizvodnjo krvnega tlaka. Namenjen je uporabi v izdelku za trg široke potrošnje.



Slika 9: Pretvornik tlaka 0-150mbar

V okviru projekta smo imeli nalogo razviti tudi *senzor sile* za tehtnico z merilnim obsegom od 10 g do 3 kg in točnostjo +-2% polnega obsega. Glede na zahteve smo razvili in izdelali prototipe sensorja sile ter jih testirali in izmerili njihove lastnosti.

**Medicinski senzor tlaka** - nova verzija glede na obstoječega v redni proizvodnji. Za ta senzor so bila v sodelovanju z domačim partnerjem razvita vsa orodja za ohišje, izboljšani pa so bili postopki zapiranja mehansko občutljivega senzorskega dela.

**Možganski senzor tlaka** - z miniaturnim silicijevim senzorjem v kovinskem ohišju. Namen pri tem sensorju je bil ohraniti čim več dobrih lastnosti sensorja krvnega tlaka ob hkratni maksimalni miniaturizaciji vezja.

V toku izvajanja projekta je prišlo do razvoja več tehnološko različnih postopkov, ki predstavljajo

### Tehnološke inovacije

tehnologija izdelave relativnih kompensiranih senzorjev tlaka v področju pritiskov 100 - 5000 mbar, 0

-70°C v debeloplastni tehnologiji z uporabo piezou-  
pornostnega silicijevega senzorja tlaka;

tehnologija izdelave pretvornikov tlaka v področju  
pritislov 20 - 5000 mbar, 0 -70°C, v debeloplastni  
tehnologiji, z različnimi aktivnimi izhodi (0-5V, 0-12V,  
4-20mA, itd.);

tehnologija zapiranja mehansko občutljivih debelo-  
plastnih vezij v plastično ohišje;

tehnologija izdelave medicinsko atestiranega ko-  
nektorja in kalibracijske tipke na medicinskem sen-  
zorju tlaka za enkratno uporabo;

patentiran postopek laserskega doravnavanja de-  
beloplastnih NTC termistorjev do ozkih toleranc;

tehnologija izdelave senzorja sile na osnovi piezou-  
pornostnega efekta debeloplastnih uporov z dopust-  
no deformacijo 1000  $\mu\text{m}/\text{m}$ . Možne so aplikacije  
elementa senzorja sile za merilno področje od 10g -  
500kg (odvisno od nosilnega elementa) oz. za meri-  
tev pritiska od 1 bar navzgor, odvisno od dimenzij  
membrane.

## ZAKLJUČEK

Zastavljeni cilj projekta - povečanje tržnega deleža na  
področju senzorjev tlaka - je dosežen. Na področju  
medicinskih senzorjev smo najmanj ohranili tržni delež  
navkljub povečani konkurenci. Uspešno pa smo vstopili  
v trg industrijskih senzorjev, za večji prodor na ta trg pa  
moramo vzpostaviti redno velikoserijsko proizvodnjo in-  
dustrijskih senzorjev, kar planiramo za leto 1995. Na-  
ročila za te senzorje že imamo.

Rezultati projekta so plod skupnega dela raziskovalne-  
ga dela raziskovalcev Instituta Jožef Stefan, Iskra RRI  
IEZE RO HYB in ISKRA HIPOT Tovarna hibridnih ve-  
zij, d.o.o. Del rezultatov je že prenešen v proizvodnjo, del  
rezultatov je pripravljen za prenos v proizvodnjo. Prenos  
rezultatov v proizvodnjo je delo raziskovalcev Iskre Hi-  
pot.

## BIBLIOGRAFIJA

Objave:

Marko Hrovat, Darko Belavič, Aleš Markošek, Slavko Bernik, "Last-  
nosti" kombinacij NTC in debeloplastnih uporovnih past, IJS delov-  
no poročilo, DP- 6284, 1991

Marko Hrovat, Darko Belavič, Stojan Šoba, Aleš Markošek, Thick  
film resistor materials for strain gauges, Proc. 20th Int. Conf. on  
Microelectronics / 28th Symp. on Devices and Materials MIEL-SD  
92, Portorož, 1992, 343-348

Marko Hrovat, Darko Belavič, Aleš Markošek, Characteristics of  
thick film NTC/resistors combinations, Proc. 20th Int. Conf. on  
Microelectronics / 28th Symp. on Devices and Materials MIEL-SD  
92, Portorož, 1992, 355-358

Marko Hrovat, Darko Belavič, Aleš Markošek, Overlapping of thick  
film NTC thermistors and resistors: a way to optimise laser trimming  
of narrow tolerance NTC thermistors, Hybrid Circuits, (32), (1993),  
16-20

Marko Hrovat, Darko Belavič, Stojan Šoba, Thick film resistors for  
strain gauges fired on multilayer dielectrics, Proc. 21st Int. Conf.  
Microelectronics MIEL-93 / 29th Symp. on Devices and Materials  
SD-93, Bled, 1993, 91-95

Marko Hrovat, Darko Belavič, Silvo Mojstrovich, A new approach to  
laser trimming of thick film NTC thermistors, Proc. 21st Int. Conf.  
Microelectronics MIEL-93 / 29th Symp. on Devices and Materials  
SD-93, Bled, 1993, 97-101

Patent:

Marko Hrovat, Darko Belavič, Aleš Markošek, Postopek laserskega  
doravnavanja debeloplastnih NTC termistorjev do ozkih toleranc  
pod 1%, Št. patenta P - 8300417

*Stojan Šoba, dipl. ing.*

*Darko Belavič, dipl. ing.*

*Božidar Pavlin, ing.*

*Alojz Simončič*

*Iskra Hipot d.o.o.*

*68310 Šentjernej*

*Tel.: +68 42020, Fax +68 42 370*

*dr. Marko Hrovat, dipl. ing.*

*Institut Jožef Stefan*

*61000 Ljubljana, Jamova 39*

*Tel.: +61 1259 199, Fax.: +61 219 385*

*Prispelo (Arrived): 01.09.94*

*Sprejeto (Accepted): 20.09.94*