

J. Zupan
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
F. Jan
Združeno podjetje ISKRA, BEZE, Ljubljana
D. Kolar
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

PROUČEVANJE KARAKTERISTIK ELEMENTOV NA OSNOVI DEBELOSLOJNE TEHNIKE

UVOD

Hibridno mikrovezje je skupek elektronskih komponent na keramičnem substratu in predstavlja prehod med običajnim vezjem, sestavljenim iz posameznih elementov na tiskanem vezju in med monolitnim integriranim vezjem, ki vsebuje vse elemente v enem kosu polprevodnika. Prednost hibridnega mikrovezja je, da nam bistveno zmanjša velikost vezja diskretnih komponent ter, da ohranja možnost enostavnega kombiniranja in prilagajanja različnim primerom, ki bi v monolitni tehniki zahtevali popolnoma novo načrtovanje in izdelavo.

Hibridno vezje ima na keramično podlago natisnjene predvsem pasivne elemente - prevodnike, upore in kondenzatorje, aktivni elementi kot diode, tranzistorji ali celotna monolitna vezja pa so na substrat dodani z eno od običajnih metod pritrjevanja. Hibridno vezje uporabljamo predvsem v primerih, ki zahtevajo bodisi veliko moč, natančnost ali možnost spreminjanja celotnega vezja - predvsem pri manjših serijah - to je pri vseh pogojih, ki jih z monolitno tehniko ne moremo obvladati. Tako se hibridna in monolitna tehnika ne izključujeta ampak se v glavnem dopolnjujeta. V našem laboratoriju smo se odločili za izdelavo in preizkušnjo pasivnih elementov hibridnega vezja izdelanega v debeloslojni tehniki. Izdelava debeloslojnega vezja, ki vsebuje prevodne in uporovne komponente je sestavljena vedno iz treh stopenj obdelave za vsako pasto posebej. To je tiskanje, sušenje in žganje.

EXPERIMENTALNO DELO IN DISKUSIJA

a) Površine substratov

Substrati, ki se uporabljajo v debeloslojni tehniki, so v glavnem treh tipov - aluminijev oksid, berilijev oksid in titanova keramika. Zaradi ekonomičnosti ter zaradi tega, ker ustrezajo večini zahtev debeloslojne tehnike (mehanska in kemična odpornost, ognjeodpornost do 1100°C, dimenzijska stabilnost, dobra toplotna prevodnost, izolacijske lastnosti in ustrezne površinske lastnosti) se danes kot substrat v glavnem uporablja 94 % Al_2O_3 . Redkeje, le za posebna visokofrekvenčna vezja 99 % ali čistejši Al_2O_3 (1).

Pred tiskanjem naših pasivnih vezij smo preiskovali predvsem površine substratov dveh domačih in dveh tujih proizvajalcev. Tabela I prikazuje meritve povprečne in največje hrapavosti ter upognjenost substratov. Meritve so bile narejene s pomočjo naprave Talystep (Rank-Taylor Hobson Co.). Tipične krivulje posnete s to napravo na preiskovanih substratih so na sliki 1.

TABELA I. Hrapavost in upognjenost substratov domačih (A_1 , A_2 in B) ter tujih (C in D) proizvajalcev

| Vzorec | Meritev | povprečna hrapavost (μ) | maksimalna hrapavost (μ) | upognjenost (mm/cm) |
|----------------------|---------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| A_1 | 1 | 1.16 | 9.5 | 0.03 |
| | 2 | 0.80 | 7.0 | 0.02 |
| - | 1 | 1.00 | 11.0 | 0.07 |
| | 2 | 0.90 | 8.0 | 0.01 |
| B | 1 | 0.50 | 3.6 | 0.01 |
| | 2 | 0.42 | 3.0 | 0.03 |
| C | 1 | 0.46 | 8.0 | 0.01 |
| | 2 | 0.40 | 3.0 | 0.01 |
| D | 1 | 0.90 | 7.0 | 0.01 |
| | 2 | 0.90 | 7.0 | 0.02 |
| standardne vrednosti | | 1.00 | 10.0 | 0.04 |

Kot se vidi iz Tabele I. nobena od preizkušanih keramik ne odstopa bistveno od zahtev, ki veljajo za dobre substrate⁽²⁾ in so navedene v zadnji vrstici Tabele I.

b) Uporovne paste - pasivno vezje

Tako pri načrtovanju vezij kot pri podajanju nazivnih vrednosti uporabnih past se danes uporablja enota Ω/\square pri čemer dimenzija kvadratka ni važna. Običajno je ta podatek določen glede na debelino natisnjenih plasti (25 ali 15 mikronov - 1 ali 3/4 miles). Problem, ki pri tem nastane je, ohraniti debelino natisnjenih plasti čimbolj enakomerno, predvsem pri velikem številu natisnjenih vezij, zlasti še, če tiskamo z odmikom ("off-contact" tehnike). Proizvajalci past navajajo ta podatek kot reproducibilnost in ga določajo na loc - 200 slepo izbranih, z isto pasto natisnjenih vezijih. Naše vezje, ki smo ga izbrali za preizkušnjo lastnosti, smo natisnili s pasto z nazivno upornostjo $10\text{ k}\Omega/\square$. Dobljeno reproducibilnost kaže slika 2. Zgornjive porazdelitvi kažeta rezultate tiskanja in žganja uporov po istem postopku na doma pripravljene keramiki in na keramiki proizvajalca B₂. Tretja porazdelitev odstopanj od srednje vrednosti natiskanih uporov kaže reproducibilnost $10\text{ k}\Omega/\square$ paste kot jo navaja proizvajalec. Iz prikazanih porazdelitev se vidi, da se reproducibilnost dobljena na keramiki B₁ zadovoljivo ujema s proizvajalčevo. Stresanje je v okviru $\pm 15\%$ od srednje vrednosti, ki je bila v našem primeru $170\text{ k}\Omega$.

Vsi upori so bili žgani v 6-conski peči s temperaturnim profilom, ki ga kaže slika 3, kjer je tudi primerjava s temperaturnim profilom, ki ga za te vrste past navaja proizvajalec. Hitrost traku je bila $26,7\text{ cm/h}$.

c) Ostali preizkusi

Pri natisnjenih vezjih smo merili še temperaturni koeficient uporov TCR, ki je definiran z enačbo:

$$\text{TCR} = \frac{R_t - R_{t_0}}{R_{t_0}(t - t_0)} \cdot 10^{-6} (\text{ppm}/^\circ\text{C}),$$

kjer pomenijo R_t oz. R_{t_0} upore pri temperaturah $t_0 = 25^\circ\text{C}$ in $t = 125^\circ\text{C}$. Nadalje smo zasledovali še spremembe upornosti pod obremenitvijo pri temperaturi 85°C , statičen šum in še nekatere druge karakteristične količine. Del dobljenih meritev, skupaj z vrednostmi, ki jih navajajo proizvajalci, so v Tabeli II. Vred-

nosti, navedene v tabeli II., so povprečje meritev na petih preizkušanih vzorcih.

TABELA II. Rezultati testiranih vezij v primerjavi s standardnimi vrednostmi

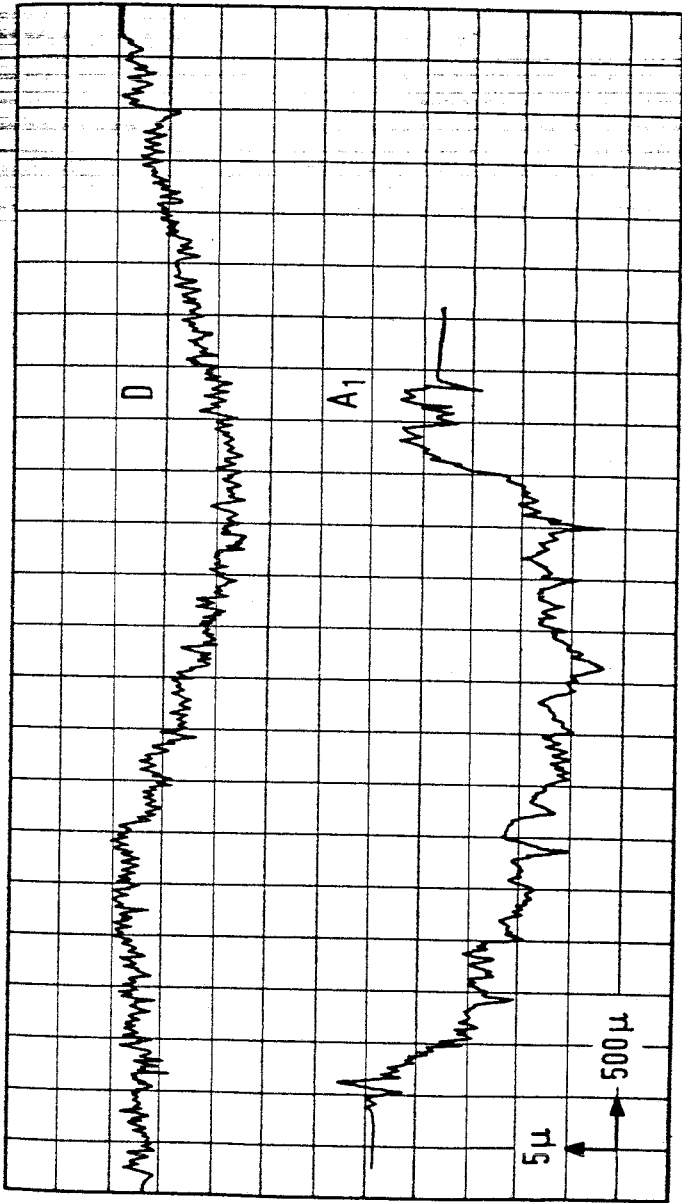
| Meritev | Serijska 1 | Serijska 2 | Serijska 3 | Serijska 4 | Meje standardnih vrednosti |
|---------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| TCR (ppm/°C) | 125 | 75,9 | 137 | 136 | > 200 |
| šum $\mu V/V$ | 2,2 | 1,9 | 2,3 | 3,5 | > 3 |

SKLEPI

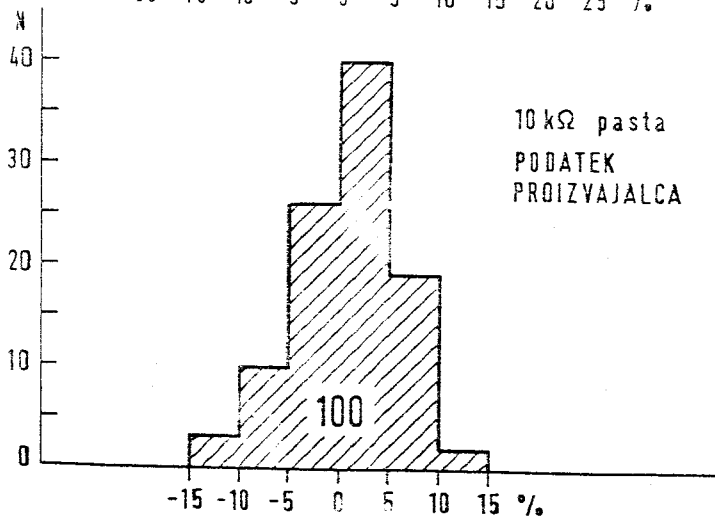
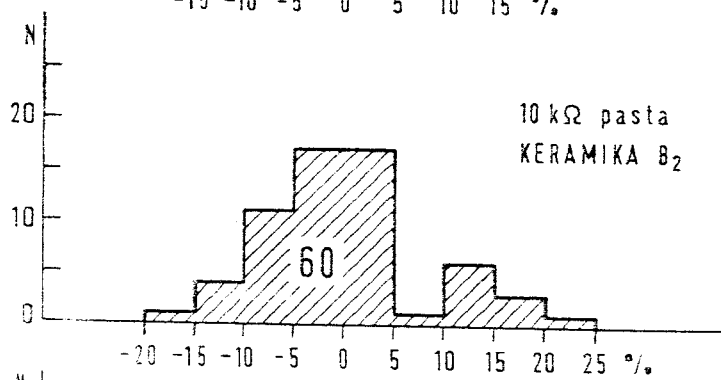
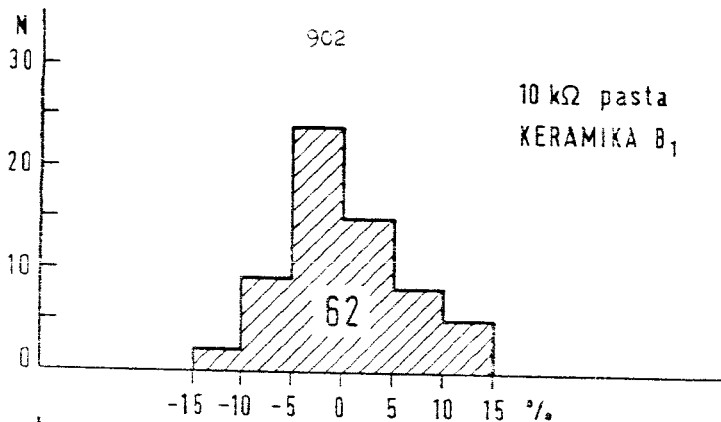
Prikazane vrednosti so rezultat začetnega dela raziskav lastnosti elementov narejenih v debeloslojni tehniki. Kot se vidi iz tabel in slik smo v glavnem vse karakteristične rezultate ujeli in uspeli izdelati vezje, ki se že lahko uvrsti med zanimive tako iz ekonomskega kot tudi iz kvalitetnega stališča. Dobljeni rezultati so zaenkrat na meji svetovnih norm, vendar lahko pričakujemo na podlagi nadaljnjih poizkusov še opazno izboljšanje.

LITERATURA

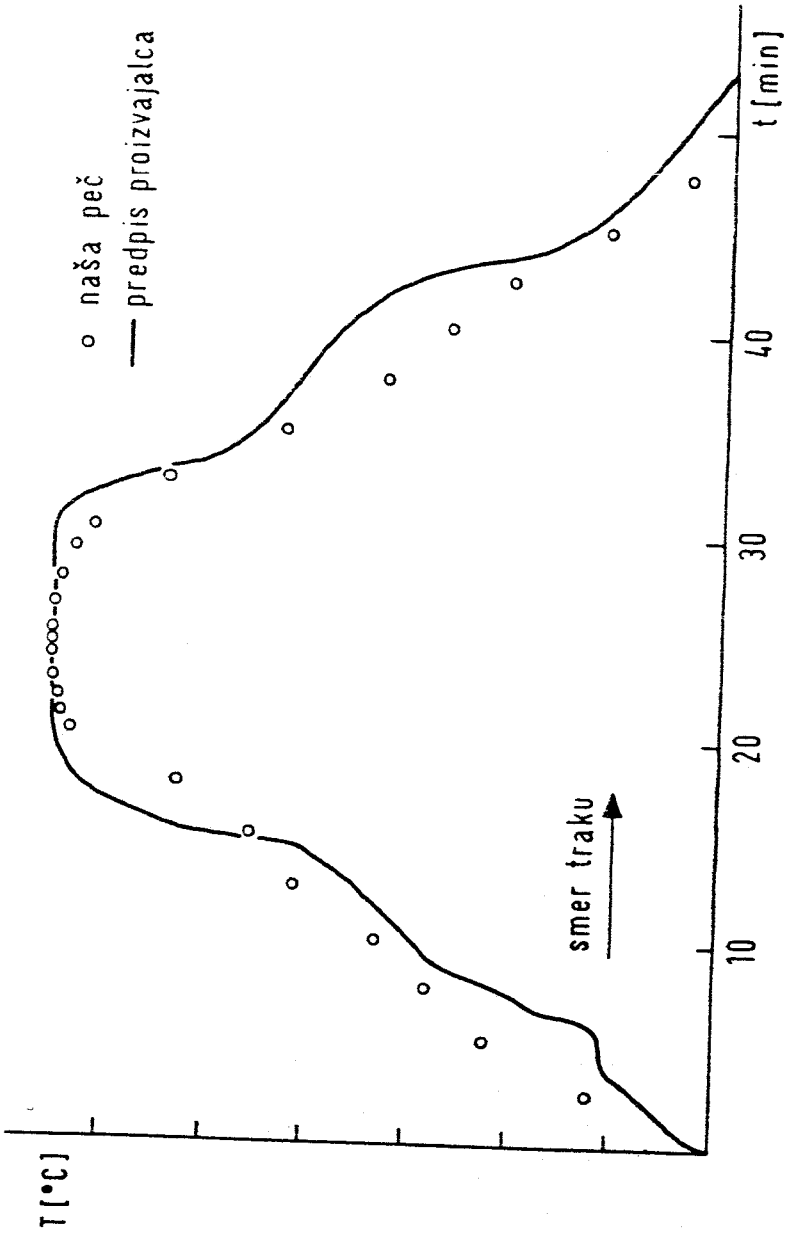
1. M.L.Topfer, Thick Film Microelectronics, Van Nostrand Co. New York, 1971 p.41
2. Du Pont Product Literature, A-68762, 5/71



SI. 1



Sl. 2



Sl. 3