

# TESTNE KARTICE - POMEMBEN DEJAVNIK PRI TESTIRANJU DANAŠNJIH KOMPLEKSNIH MIKROELEKTRONSKIH VEZIJ

Z. Bele

MIKROIKS d.o.o., Ljubljana, Slovenija

**Ključne besede:** mikroelektronika, vezja mikroelektronska, IC vezja integrirana, preskušanje vezij, kartice preskusne, BLADE kartice preskusne, EPOXY kartice testne, sonde preskusne, konice sond, impedanca karakteristične, prilagajanje impedanc, rezine polprevodniške, preskušanje rezin, vernost signalov

**Povzetek:** Članek podaja problematiko testnih kartic pri testiranju kompleksnih mikroelektronskih vezij in osnovne značilnosti obeh izdelavnih tehnologij.

## Probe Cards - an Essential Factor in Testing of Today's Complex Integrated Circuits

**Key words:** microelectronics, microelectronic circuits, integrated circuits, IC, circuit testing, testing cards, BLADE testing cards, EPOXY testing cards, testing probes, probe needles, characteristic impedances, impedance matching, semiconductor wafers, wafer testing, signal fidelity

**Abstract:** In the paper, main technical characteristics, advantages and disadvantages of two main probe card types are presented. BLADE probe cards are more robust while EPOXY probe cards are less susceptible to different noise, their characteristic impedance can be easier matched, as well as they can be built with more pins.

Company MIKROIKS d.o.o. is a manufacturer of BLADE and EPOXY type probe cards. At the same time these probe cards are used in its test center for R&D and production testing of LSI and VLSI integrated circuits on silicon wafers.

### UVOD

Testne kartice postajajo, čeprav velikokrat neupravičeno zapostavljene, bolj in bolj ključnega pomena pri testiranju današnjih kompleksnih mikroelektronskih vezij, ko se le-ta nahajajo še na rezini. S hitrim naraščanjem stopnje integracije in hitrosti delovanja teh vezij, postaja obvladovanje izdelave in ustreznega vzdrževanja testnih kartic imperativ, če želimo zagotoviti zares kvalitetno testiranje mikroelektronskih vezij na rezini. Tega se zavedamo tudi v podjetju Mikroiks, ki v svojem Testnem centru v Stegnah obvladuje tako tehnologijo izdelave obeh tipov testnih kartic (BLADE, EPOXY), kot njihovo vzdrževanje in uporabo tako za lastne potrebe kot tudi za zunanje naročnike.

### OSNOVNI PARAMETRI TESTNIH KARTIC

Osnovni parametri testnih kartic so:

- tip testne kartice
- vernost signala
- šum na napajalnih sponkah
- vrsta materiala konic
- pritisk konic na kontaktne blazinice in sila na konico
- kontaktna upornost

### Tip testne kartice

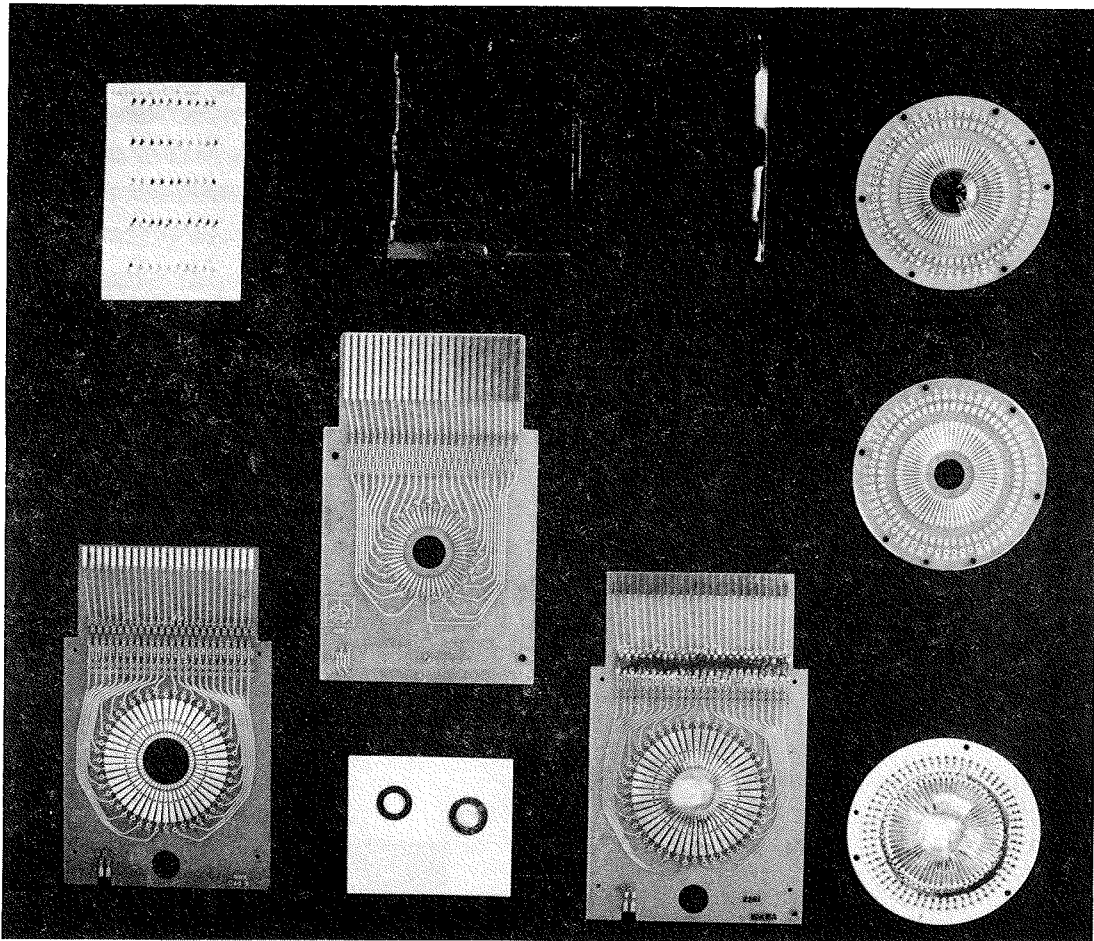
V splošnem ločimo dva tipa testnih kartic: BLADE in EPOXY.

Testne kartice obeh tipov, ki jih izdelujemo v Testnem centru Mikroiks in njihovi sestavni deli so prikazani na sliki 1.

Pri testnih karticah tipa BLADE gre za posebno oblikovane konice, ki se posamično prispajkajo na nosilno tiskano ploščico, seveda tako, da s predpisano silo sedejo točno na kontaktne blazinice mikroelektronskega vezja, ki ga testiramo. Pri karticah tipa EPOXY pa najprej konice, ki imajo obliko navadnih iglic na koncih ustrezno ukrivimo in nato pritrdimo na poseben obroček z epoxy lepilom. Tudi pri teh morajo seveda biti konice zelo natančno pozicionirane na kontaktne blazinice testiranega vezja.

V zadnjem času vedno bolj prevladujejo testne kartice tipa EPOXY zaradi nekaterih bistvenih prednosti, ki jih imajo v primerjavi s karticami tipa BLADE, kot so:

- bistveno manjša susceptibilnost za motnje. BLADE konice namreč delujejo kot majhne antene, ki sprejemajo RF šum tako od svetilnih teles kot raznih instrumentov in podobno. Še pomembneje pa je, da so kapacitivnosti med prevodnimi linijami na tiskani ploščici za BLADE testne kartice tudi do 1.5-krat



Slika 1: Testne kartice tipa BLADE in EPOXY

večje kot pri EPOXY kartici in to še merjeno brez pritrjenih konic.

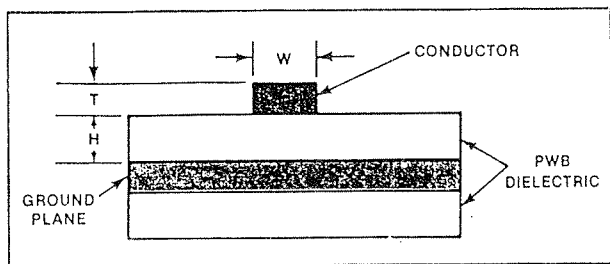
- možnost prilagoditve impedanc. Zaradi neuniformne širine prevodnih linij pri BLADE karticah je prilagoditev impedanc pri teh karticah praktično nemogoča.
- EPOXY testne kartice potrebujejo bistveno manj opreme za popravilo in vzdrževanje (za BLADE testne kartice potrebujemo npr. posebno postajo).
- bistveno večja gostota konic. BLADE kartice so omejene na maksimalno 60 konic, pretežno zaradi prostorskih omejitev pa tudi upogibanja same tiskane ploščice.
- z EPOXY testnimi karticami je moč testirati vezja s precej bolj kompleksnimi vzorci kontaktnih blazinic.
- večja stabilnost samih konic.

Kljub temu pa imajo predvsem zaradi fleksibilnosti izdelave in lažjega vzdrževanja v posameznih primerih prednost testne kartice tipa BLADE.

### Vernost signala

Testna kartica ima zelo pomemben vpliv na vernost signala med testnim sistemom in testiranim mikroelektronskim vezjem. Prvi moment je vsekakor impedančna usklajenost oz. neusklajenost med testno kartico in testnim sistemom, kar lahko povzroči refleksijo signala. Refleksija signala na adresnih in/ali urinih sponkah pa lahko povzroči, da testni sistem merjeno vezje izloči kot slabo. Amplituda reflektiranega signala je odvisna od velikosti neusklajenosti karakteristične impedance med testnim sistemom in testno kartico ter frekvence oz. frekvenčne vsebine signala. Glede na to, da gre razvoj mikroelektronskih vezij v smeri vedno hitrejših vezij, postaja ta problem akutnejši, rešitev pa je v čim večji usklajenosti karakterističnih impedanc testnega sistema in testne kartice. Karakteristična impedanca  $Z_0$  prevodne linije na testni kartici je odvisna od dimenzij te linije (višina, širina), oddaljenosti linije od ozemljitvene površine in dielektrične konstante osnovnega materiala (glej sliko 2 !).

Odvisnost karakteristične impedance in kapacitivnosti med prevodno linijo in ozemljitveno površino od širine prevodne linije prikazujeta sliki 3 in 4. Iz omenjenih

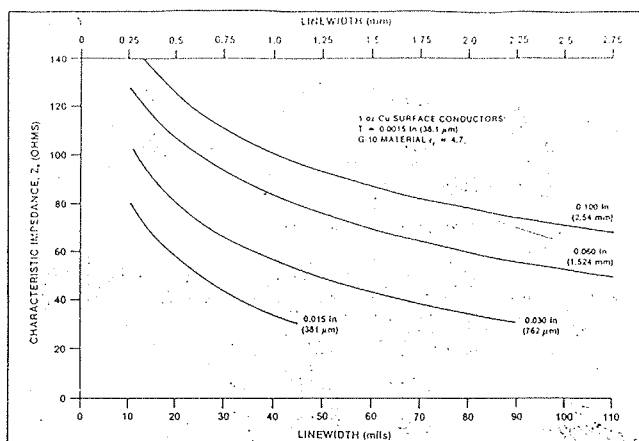


$$Z_0 = \frac{87}{[\epsilon_r + 1.41]^{1/2}} \ln \left[ \frac{5.98 H}{0.8 W + T} \right]$$

kjer so:

- $Z_0$  ... Karakteristična impedanca v ohmih
- $\epsilon_r$  ... dielektrična konstanta osn. materiala (PWB)
- $W, H, T$  ... dimenzije prevodne linije

Slika 2: Karakteristična impedanca prevodne linije na tiskani ploščici

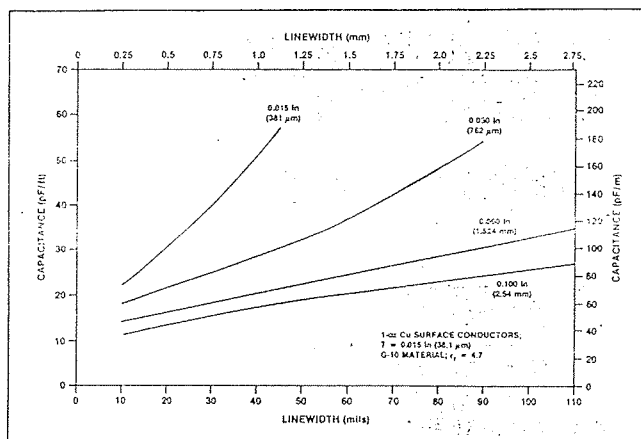


Slika 3: Karakteristična impedanca kot funkcija širine linije,  $\epsilon_r = 4.7$ ,  $T = 38.1 \mu m$

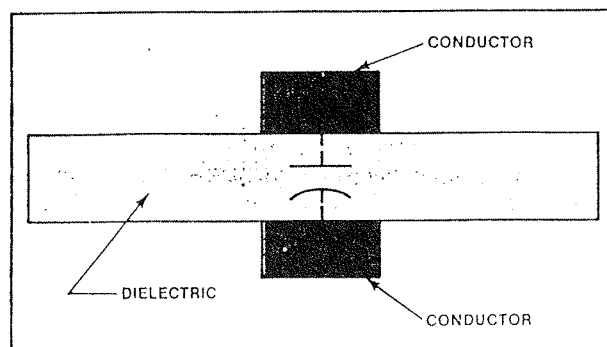
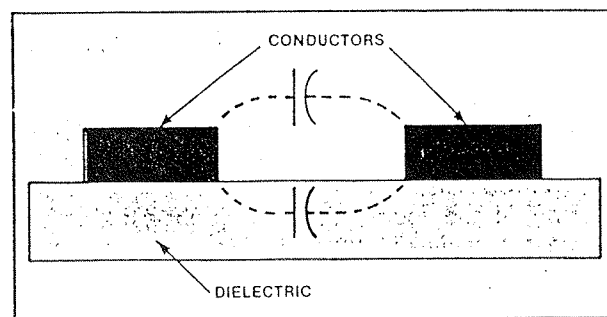
krivulj lahko enostavno določimo potrebne parametre za določeno karakteristično impedanco.

Drugi degradacijski faktor za vernost signala je vsekakor presluh med dvema prevodnima linijama, bodisi sosednjima ali prekrivajočima, zaradi kapacitivne povezave, kot je to prikazano na sliki 5.

Presluh med prekrivajočima linijama lahko učinkovito znižamo ali celo odpravimo z vmesno ozemljitveno



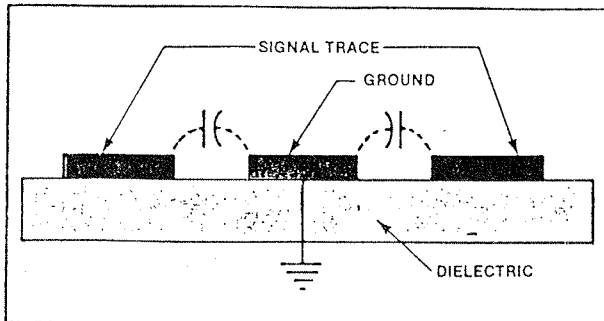
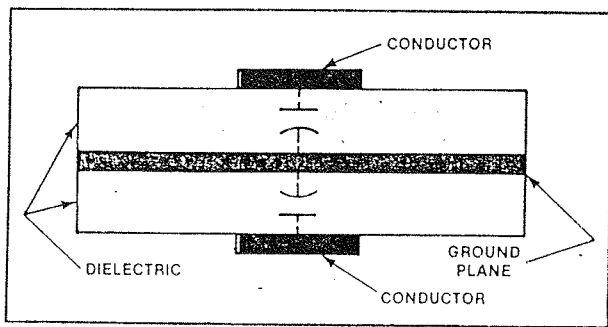
Slika 4: Kapacitivnost med prevodno linijo in ozemljitveno površino kot funkcija širine prevodne linije,  $\epsilon_r = 4.7$ ,  $T = 38.1 \mu m$



Slika 5: Kapacitivna povezava med sosednjima linijama (zgoraj) in prekrivajočima se linijama (spodaj)

površino, katera tudi precej poenostavi impedančno prilagoditev in zmanjša prehodne efekte na ozemljitveni sponki (slika 6 zgoraj).

Stranski presluh med sosednjima linijama pa lahko zmanjšamo, če povečamo (čim bolj je možno) razdaljo med obema linijama, ali še bolje, če med vsako signalno linijo vstavimo še ozemljitveno linijo (slika 6 spodaj).



Slika 6: Odprava presluha med linijama

Seveda sta obe rešitvi prostorsko omejeni.

Najboljši učinek pa seveda dosežemo s kombinacijo prve in tretje rešitve.

### Šum na napajalni in ozemljitveni sponki

V splošnem je ta problem najteže rešljiv, vsekakor pa je eden najpomembnejših. Šum je večji, čim večja je hitrost vezja. Pri današnjih vezjih pa gre trend ravno v tej smeri. Primer vezij, pri katerih je ta problem še poudarjen so npr. dinamična spominska vezja, pri katerih je generacija šuma pogojena predvsem z nabijanjem in praznjenjem notranjih kapacitivnosti. Pri teh vezjih lahko opazimo tudi zelo hitre tokovne konice reda nekaj 100 mA na napajalni in ozemljitveni sponki, kar vsekakor pomeni precejšnja nihanja napajalnih napetosti v vezju.

Poleg primernega načrtovanja izdelave testne kartice pa je relativno enostaven način odprave šuma na napajalnih sponkah uporaba "bypass" kondenzatorja. Vrednost takega kondenzatorja je izkustveno v območju med 0.001 in 0.1  $\mu\text{F}$ , njegovo točno vrednost pa je najbolje določiti na podlagi opazovanja signala in efekta "bypass" kondenzatorja na širokopasovnem osciloskopu.

### Vrsta materiala za konice

Konice za testne kartice so v splošnem iz treh vrst materiala: volframa, zlitine baker-berilij (Cu-Be) ali paladija. Daleč največ uporabljan material je volfram, ki

ima nekaj pomembnih prednosti nasproti Cu-Be in paladiju. Predvsem je izredno odporen proti oksidiranju in zelo trden, kar pomeni daljšo življensko dobo konic. Njegova največja pomankljivost pa je v relativno visoki kontaktni upornosti. Volframova konica zaradi svoje strukture med testiranjem "pobira" silicijev oksid s kontaktnih blazinic tako, da lahko kontaktna upornost preseže 5 ohmov, kar lahko občutno vpliva na kvaliteto testiranja in seveda izplen rezine. Nasprotno ima Cu-Be izredno nizko osnovno kontaktno upornost, ki pa se praktično ohranja med testiranjem, saj se silicijev oksid nanj ne prijemlje. Je pa bistveno mehkejši kot volfram, kar pomeni, da potrebujejo testne kartice s konicami iz tega materiala več vzdrževalnih posegov pa tudi njihova življenska doba je precej krajša. Po drugi strani pa je to moč kompenzirati z večjim in ponovljivejšim izplenom na račun nižje kontaktne upornosti.

### Pritisk na kontaktne blazinice in sila na konico

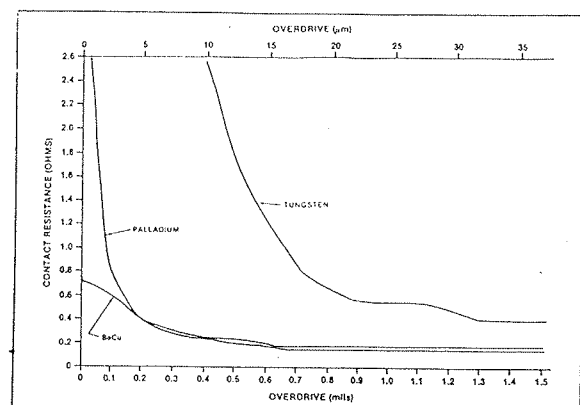
Pritisk na kontaktne blazinice ima vsekakor velik vpliv na izplen pri testiranju. Od njega je odvisno, kako dober kontakt ustvarimo med konico in kontaktno blazinico, pri tem pa ne sme priti do morebitnega preboja zelo tanke aluminijeve plasti, ki tvori kontaktno blazinico. Velikost pritiska določata tako dodatni pomik mizice navzgor (overtravel) od točke, ko konice dotaknejo rezino, kakor tudi površina oz. premer same konice.

Sila na samo konico pa je odvisna od vrste materiala iz katerega je konica, dolžine vrha konice in dodatnega pomika.

### Kontaktna upornost

Kot že rečeno, kontaktna upornost je predvsem odvisna od vrste materiala iz katerega je konica in dodatnega pomika (overtravel). Pri tem je seveda dodatni pomik omejen, saj če je prevelik poškoduje površino kontaktne blazinice, zaradi upogibanja pa lahko konica celo zleze izven kontaktne blazinice.

Obstajajo posebni izračuni, s pomočjo katerih je moč računati se da točno določiti potrebni dodatni pomik, ki je običajno med 50 $\mu\text{m}$  in 100 $\mu\text{m}$ .



Slika 7: Odvisnost kontaktne upornosti od dodatnega vertikalnega pomika mizice

Odvisnost kontaktne upornosti od dodatnega pomika za tipično konico premera 50 $\mu$ m in dolžine 500 $\mu$ m podaja slika 7.

### Osnovne značilnosti tehnologij izdelave testnih kartic v Testnem centru Mikroiks

Osnovne značilnosti obeh tehnologij, ki jih uporabljamo pri izdelavi testnih kartic v Testnem centru Mikroiks so:

#### a) Tehnologija EPOXY:

- material konic: volfram (99.99%)
- razdalja med konicama: 0.005" (127 $\mu$ m)
- velikost kontaktne blazinice: 0.0025"-0.0030" (63.5 - 76.2  $\mu$ m)
- sila na konico: 2-4 g/mils (2-4 g/ 25.4  $\mu$ m)
- planarizacija: +- 0.0007" (17.8  $\mu$ m)
- premer konice: 0.0015"-0.0025" (38.1 - 63.5  $\mu$ m)
- oblika vrha konice: raven
- dolžina konice: 0.007"+0.001" od krivine (177.8  $\pm$  25.4  $\mu$ m)
- tiskane ploščice:  
C48-1 (dolžina 4.5" (114.3 mm), 48 konic, pravokotna)  
C70-1 (dim. 4.5"X7.35" (114.3 x 186.7 mm), 70 konic, pravokotna)  
C70-2 (premer 2" (50.8 mm), 70 konic, okrogla)

#### b) Tehnologija BLADE:

- material konic: volfram (99.99%)
- razdalja med konicama: 0.005" (127  $\mu$ m)

- velikost kontaktne blazinice: 0.0025"-0.0030" (63.5 - 76.2  $\mu$ m)
- sila na konico: 2-4 g /mils (2-4g/ 25.4  $\mu$ m)
- planarizacija: +- 0.0007" (17.8  $\mu$ m)
- premer konice: 0.0015"-0.0025" (38.1 - 63.5  $\mu$ m)
- oblika vrha konice: raven
- dolžina konice: 0.007"+0.001" od krivine (177.8  $\pm$  25.4  $\mu$ m)
- tiskane ploščice:  
C48-1 (dolžina 4.5", (114,3 mm), 48 konic, pravokotna)

### ZAKLJUČEK

Testne kartice postajajo vedno pomembnejši dejavnik pri testiranju kompleksnih mikroelektronskih vezij, saj lahko pomembno vplivajo na kvaliteto testiranja s tem pa prek izplena na celotno stroškovnost izdelave vezja. Zato so proizvajalci mikroelektronskih vezij praktično prisiljeni temu segmentu posvečati vedno več pozornosti, tako v smislu vlaganj v vedno bolj sofisticirano opremo za izdelavo in vzdrževanje testnih kartic in tudi kadre, ali pa se posluževati profesionalnih uslug specializiranih firm za to področje.

*Zlatko Bele, dipl. ing.  
Mikroiks d. o. o.  
Dunajska 5  
61000 Ljubljana  
tel. + 386 61 312 898  
fax + 386 61 319 170*

*Prispelo (Arrived): 01.09.94*

*Sprejeto (Accepted): 20.09.94*