

Primerjava vakuumsko razplinjenih in plazemsko čiščenih kontaktnih materialov za elektronske sestavne dele

Comparison of Vacuum Outgassed and Plasma Cleaned Contact Materials for Electronic Components

L. Koller¹, K. Požun, IEVT Ljubljana
M. Bizjak, Iskra - Stikala, Kranj
J. Leskovšek, D. Railič, IEVT Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-11-22

S študijem in meritvami lastnosti treh srebrnih kontaktnih materialov (AgNi0.10, AgNi0.15, AgCdO) ter stanja kontaktne površine smo ugotovili, da potek R_k ne sledi izrazito relaciji $F_k^{-1/3}$, kjer je F_k kontaktna sila. Ta je odvisna od mehanskih lastnosti materiala, vendar je v območju kontaktnih sil od 3cN do približno 15cN odvisna tudi od tankih površinskih plasti nečistoč. Z merilnim sistemom za določanje mehanskih parametrov kontaktov se da te plasti zaznati še po klasičnem čiščenju s freonom CCl_2F_2 , po plazemskem čiščenju pa ne. Kontaktne sile v miniaturnih elektronskih sestavnih delih, npr. relejih, so pogosto v velikostnem razredu nad 15cN. V teh primerih zadostuje čiščenje kovinskih površin z vakuumskim razplinjevanjem. Le-to odkriva adsorbirane in nanosene nečistoče na kontaktni površini. S tem lahko ugotavljamo tudi njihov izvor. Rezultati raziskave kažejo, da dosegamo pri relejih s kontaktnimi silami pod 15cN ugodnejše rezultate čiščenja s plazmo, nad 15cN pa zadostuje vakuumsko razplinjevanje kontaktnih materialov. Klasične postopke čiščenja kontaktnih materialov s freoni v svetu že opuščajo.

Ključne besede: kontaktni materiali, kontaktne sile, vakuumsko razplinjevanje, plazemsko čiščenje, elektronski sestavni deli

Analysis of the measurements of some contact material characteristics (AgNi0.10, AgNi0.15, AgCdO) and state of their contact surface showed that contact resistance (R_k) does not exactly obey the F relation. R_k is dependent on the mechanical characteristics of material though in the range of contact forces from 3cN up to approximately 15cN it is also dependent on the thin layer of impurities on the surface. With a measuring system for establishing the mechanical parameters of contacts these impurities can be detected also after cleaning with freon CCl_2F_2 but not after plasma cleaning. Contact forces in miniature electronic components (e.g. relays) are often above 15cN. In that case the cleaning of metal with vacuum outgassing is sufficient. Vacuum outgassing indicates the adsorbed and deposited impurities on the contact surface so their origin can be determined. It can be concluded that for the relays with the contact force below 15cN better results are achieved with the plasma cleaning while for those above 15cN vacuum outgassing of contact material is sufficient. However, cleaning methods with freon are being abandoned nowadays.

Key words: contact materials, contact forces, vacuum outgassing, plasma cleaning, electronic components

1 Uvod

Zanesljivost delovanja kontakta določa časovna stabilnost kontaktne upornosti R_k , ki je odvisna od mikro-razmer med dvema prevodnima površinama¹⁻⁴. Pod vplivom povečane sile F_k se zaradi lokalnih deformacij poveča velikost stične površine. Kontaktna upornost se zato zmanjšuje in za sile, manjše od 1N, sledi empirični relaciji, podani v enačbi (1):

$$R_k = \alpha F_k^{-1/3} \quad (1)$$

V koeficientu α so vsebovane lastnosti kontaktnega materiala, zato je njena vrednost za različne materiale lahko različna. Odvisna je tudi od stanja kontaktne površine (stopnja hrapavosti), predvsem pa od vrste in stopnje njenega onesnaženja. Z namenom določitve zveze med kontaktno upornostjo in silo je bil v Laboratoriju za elemente in tanke plasti na našem inštitutu razvit in operativno postavljen merilni sistem z računalniško nastavitvijo in nadzorom sile med dvema prečno postav-

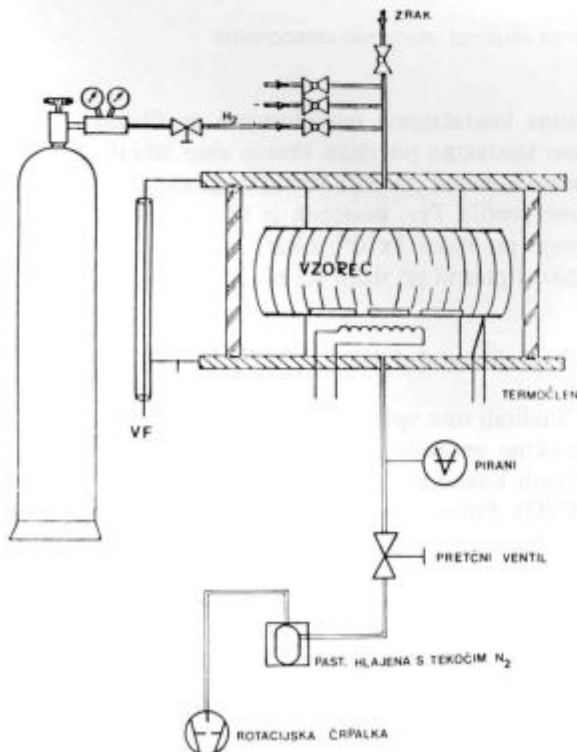
ljenima kontaktnima miniaturnim profiloma. Za pravo kontaktne površine vzorca smo izbrali dve vrsti modernih metod čiščenja kontaktnega materiala za miniaturne profile. Prvi postopek je bil vakuumsko razplinjevanje pri tlaku 1×10^{-6} mbar⁵⁻⁷, drugi pa čiščenje v vodikovi plazmi pri tlaku 0,5 mbar⁸⁻¹¹.

2 Eksperimentalni del

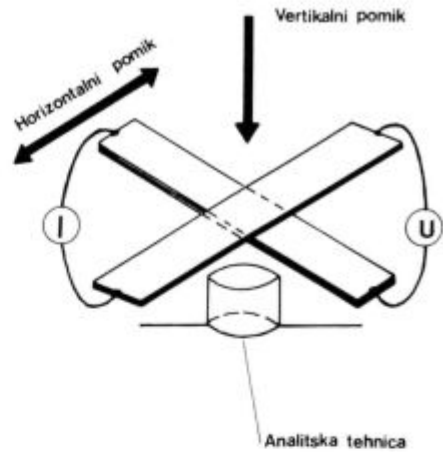
Študirali smo vpliv dveh metod čiščenja kontaktov na kontaktno upornost trakov, narejenih iz treh različnih srebrnih kontaktnih materialov (AgNi0.10, AgNi0.15, AgCdO). Polovico vzorcev smo očistili z vakuumskim razplinjevanjem, za drugo polovico pa smo uporabili način čiščenja z razelektrivijo v vodikovi plazmi. Postopek vakuumskega razplinjevanja je potekal v eksperimentalnem vakuumskem sistemu, opisanem v referenci 5. Vzorce miniaturnih profilov treh srebrnih kontaktnih materialov smo razplinjevali 24 ur v visokem vakuumu 1×10^{-6} mbar pri temperaturi 135°C. Plinsko mešanico sproščenih plinov pri razplinjevalnem postopku smo analizirali s kvadrupolnim masnim spektrometrom. Čiščenje druge polovice vzorcev v vodikovi plazmi smo izvedli v

¹ Lidija KOLLER, dipl.inž.kem.
Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko
1000 Ljubljana, Teslova 30

laboratorijskem vakuumskem sistemu (slika 1), ki smo ga zgradili za študij procesov v plazmi. Napravo sestavljajo: steklena razelektritivna posoda, past s tekočim dušikom in dvostopenjska rotacijska vakuumška črpalka. Vodnikovo plazmo v razelektritivni posodi smo vzbujali z visokofrekvenčnim generatorjem s frekvenco 28 MHz in je imel največjo izhodno moč 700 W. Poskusi čiščenja z razelektritvijo so bili opravljeni pri tlaku 0,5 mbar. Vzorci so bili nameščeni v sredino razelektritivne posode, postopek čiščenja pa je trajal 10 minut. Na različna načina očiščenim vzorcem kontaktnega materiala smo merili spremembo kontaktne upornosti R_k v odvisnosti od sile F_k . Za določitev zveze med obema količinama smo razvili poseben merilni sistem (slika 2) z računalniško nastavitvijo in nadzorom sile med dvema prečno postavljenima kontaktnima profiloma. Za izvajanje sile smo uporabili analitsko tehniko z možnostjo računalniškega krmiljenja. Koordinatna mizica XY na pogon s koračnim motorjem je omogočila pomike med kontaktnimi mesti merjencev z ločljivostjo 0,4 μm . Kontaktno silo smo nastavljali s krmiljenjem vertikalne osi. Izvir enosmernega toka, ki se ga da voditi analogno s funkcijskim generatorjem ali računalnikom, je dal s časom sorazmerno naraščajočo vrednost toka skozi kontakte, ki so bili stisnjeni z določeno silo. Pri dvajsetih vrednostih toka smo izmerili in registrirali vrednost medkontaktna napetosti U_k . S tem smo dobili potek funkcije $U_k(I)$. Stanje površine kontaktov po različnih načinih čiščenja smo ugotavljali z meritvijo kontaktnih karakteristik $U_k(I)$ in $R_k(F_k)$.



Slika 1: Shema visokofrekvenčnega (VF) sistema za reakcije v plazmi
Figure 1: High frequency (VF) equipment for reactions in plasma

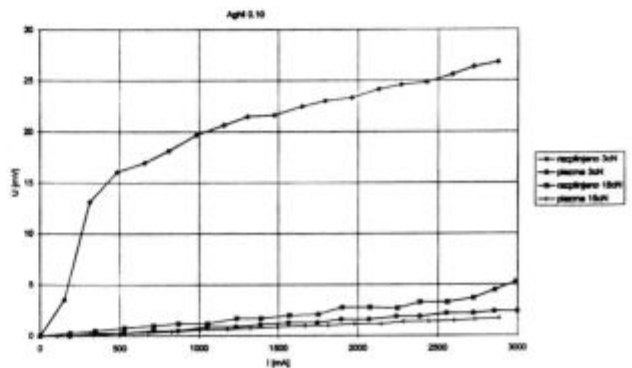


Slika 2: Shema merilnega sistema R_k
Figure 2: Measuring equipment of R_k

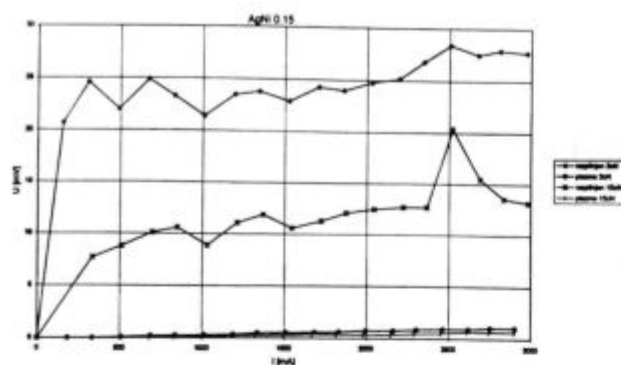
3 Rezultati in diskusija

Slike 3, 4 in 5 prikazujejo potek kontaktne napetosti v odvisnosti od toka za dve kontaktni sili (3 cN in 15 cN) in oba načina čiščenja. Vsaka točka na diagramih pomeni povprečje desetih meritev, opravljenih na istem vzorcu v točkah, ki so bile v medsebojni oddaljenosti 1 mm. V tabeli 1 so zapisane vrednosti kontaktne upornosti R_k , dobljene z linearno regresijo (kjer je bilo možno) iz diagramov na slikah 3, 4 in 5. Iz diagramov je razvidno, da je kontaktna upornost pri večjih kontaktnih silah bistveno manjša pri vzorcih, ki so bili očiščeni s plazmo, kot pa pri tistih, za katere smo uporabili metodo čiščenja z razplinjevanjem. Za majhne kontaktne sile je razlika nepomembna. Pri vzorcih, očiščenih s plazmo, je zveza med napetostjo in tokom skoraj linearna.

Sorazmernostni koeficient (R_k) je majhen (pod 1 m Ω), majhna standardna deviacija pa kaže na stabilno kontaktno upornost za področje kontaktnih sil, kjer so bile izvedene meritve. Ravno tako je iz rezultatov razvidna zelo majhna odvisnost od preiskuvanega materiala.



Slika 3: Potek napetosti v odvisnosti od toka za dani kontaktni sili in načina čiščenja AgNi 0.10 kontaktnega materiala
Figure 3: AgNi 0.10 contact material: $U_k(I)$ graph for the two contact forces and both cleaning procedures



Slika 4: Potek napetosti v odvisnosti od toka za dani kontaktni sili in načina čiščenja AgNi 0.15 kontaktnega materiala

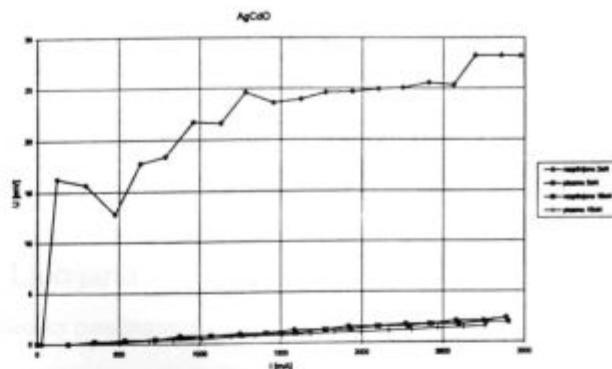
Figure 4: AgNi 0.15 contact material: $U_k(I)$ graph for the two contact forces and both cleaning procedures

Tabela 1: Kontaktna upornosti (R_k), dobljene z linearno regresijo iz grafov na slikah 3, 4 in 5

material	plazma		razplinjevanje	
	$R_k(m\Omega)/3cN$	$R_k(m\Omega)/15cN$	$R_k(m\Omega)/3cN$	$R_k(m\Omega)/15cN$
AgNi 0.10	0.9	0.6	7	1.5
AgNi 0.15	0.4	0.3	-	-
AgCdO	0.8	0.6	-	0.7

4 Sklep

- Raziskali smo primernost postopkov čiščenja treh srebrnih kontaktnih materialov (AgNi0.10, AgNi0.15, AgCdO) z metodo vakuumskega razplinjevanja (tlak 1×10^{-6} mbar) in plazemskega čiščenja (pri tlaku 0.5 mbar).
- Rezultati raziskave kažejo, da dosežemo pri čiščenju z razelektivitvijo v vodikovi plazmi ugodne rezultate ne glede na kontaktno silo. Pri kontaktnih silah nad 15 cN pa dobimo zadovoljive rezultate že po čiščenju z razplinjevanjem. Pokazali smo torej, da sta v zgoraj omenjenih mejah za kontaktno sile obe uporabljeni



Slika 5: Potek napetosti v odvisnosti od toka za dani kontaktni sili in načina čiščenja AgCdO kontaktnega materiala

Figure 5: AgCdO contact material: $U_k(I)$ graph for the two contact forces and both cleaning procedures

moderni metodi ustrezni za kontaktne elemente v profesionalni elektroniki, ker sta učinkoviti in ekološko neoporečni ter bosta lahko uspešno nadomestili zastarelo metodo čiščenja s freoni.

5 Literatura

- R. Holm, *Electric Contacts Handbook*, Springer, New York 1967
- A. Keil, *Werkstoffe für elektrische Kontakte*, Springer 1960
- VDE - Fachbericht 47, 13. Kontaktseminar, Karlsruhe, 4.-6. Okt. 1995
- Doduco Datenbuch, 2. Auflage, Pforzheim 1977
- L. Koller, R. Zavašnik, M. Jenko, *Vacuum*, 43, 1992, 741
- L. Koller, M. Jenko, S. Spruk, B. Praček, S. Vrhovec, *Vacuum*, 46, 1995, 827
- M. Wutz, H. Adam and W. Walcher, *Theory and Practice of Vacuum Technology*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1989
- A. Banovec, *DVTS - Bilten* 17, 1979, 273
- D. Frank Bazzare and F. W. Engle, *Plasma Processing: Cleaning, Etching and Deposition for Electronic Applications*, Tech. Report "Technics", Virginia, USA, 1996
- H. Suhr, *Application of Nonequilibrium Plasmas to Organic Chemistry Techniques and Applications of Plasma Chemistry*, Ch. 2, John Wiley & Sons, 1974, 57
- A. Jacob, The Versatile Technique of RF - Plasma Etching, Part I. The Etch Profile, *Solid State Technology*, 70-73, Sept. 1976