

Vpliv nečistoč na kontaktno upornost električnih kontaktov

Influence of Impurities on Contact Resistance of Electrical Contacts

K. Požun¹, J. Leskovšek, L. Koller, M. Mozetič, IEVT Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

Preiskovali smo vpliv različnih postopkov čiščenja kontaktnih materialov na kontaktno upornost mirujočih, preklopnih in drsnih kontaktov. Preučevali smo dve metodi čiščenja: čiščenje s freoni (FCHC) in nizko-temperaturno čiščenje v reduktivni plazmi. Uporabili smo materiale za profesionalno elektroniko ter na njih merili kontaktno upornost odvisno od sile med kontaktnimi trakovi. Vse meritve so bile računalniško vodene na sistemu, ki smo ga razvili in izdelali v našem laboratoriju.

Ključne besede: kontaktna upornost, kontaktna sila, čiščenje s freoni, čiščenje v reduktivni plazmi

The influence of surface cleaning of contact materials on the contact resistance of stationary and sliding electrical contacts was investigated. For preparation of contact materials the two cleaning methods were studied: cleaning with FCHC and low temperature cleaning in reductive plasma. Well known contact materials for professional electronics were used, and the contact resistance in dependence to force was measured on them. All measurements were performed with a computer controlled system, constructed and developed in our laboratory.

Key words: contact resistance, contact force, cleaning with FCHC, cleaning in reductive plasma

1 Uvod

Preiskovali smo vpliv dveh metod čiščenja na kontaktno upornost mirujočih, preklopnih in drsnih kontaktov¹⁻⁵. Uporabili smo dva materiala in štiri vrste električnih kontaktov. Material Argelec 180 in NiClal 180E v obliki traku smo uporabili za preklopne električne kontakte. Prvo polovico vzorcev smo očistili v ultrazvočni kopeli, drugo polovico pa v vodikovi razelektrovni plazmi.

Za odstranjevanje površinskih nečistoč je zelo uspešna metoda iščenja v vodikovi plazmi. Aktivni delci, ki se tvorijo v plazmi, reagirajo na površinske nečistoče ter temeljito odstranijo, ne samo adsorbirane, temveč tudi kemično vezane nečistoče. S tvorbo plazme iz različnih mešanic plinov je mogoče odstranjevati različne vrste nečistoč. Za odstranitev površinskih oksidov smo uporabili vodik ali pa mešanico žlahtnih plinov in vodika. V zadnjem desetletju je to metodo preučevalo mnogo različnih avtorjev¹⁻⁵. Plazmo tvorijo na več načinov, vključno z visokofrekvenčno razelektrovno, magnetronsko in visokotlačnimi DC razelektrovami. Večino avtorjev je zanimalo čiščenje srebrovih in nikljevih litin. Pokazalo se je, da nečistoče lahko uspešno odstranimo pri zvišani temperaturi, ne da bi spremenili površinsko morfologijo. Nečistoče v srebrovi in nikljevi zlitini lahko uspešno očistimo z vodikovo plazmo⁶⁻⁹.

2 Eksperimentalno delo

Poskuse čiščenja s plazmo smo izvedli v vakuumskem sistemu, ki ga sestavljajo: razelektrovna posoda, past z dušikom ter mehanska dvostopenjska rotacijska črpalka. Začetni tlak v sistemu je bil 10^{-3} mbar. Razelektrovna posoda je bila steklena, 80 cm dolga cev s premerom 4 cm. Plazmo v razelektrovni posodi smo dobili z induktivno vzbujevanjem RF generatorjem, s frekvenco 27.12 MHz ter največjo izhodno jakostjo 700 W. Parametre plazme smo merili z dvojno Langmuirjevo sondo ter katalitično sondo. Temperatura elektronov v plazmi je bila 6 eV, medtem, ko je bila gostota plazme funkcija razelektrovne posode.

Poizkusi čiščenja z razelektrovno plazmo so bili opravljeni pri tlaku $5 \cdot 10^{-1}$ mbara ter pri največji gostoti plazme. Vzorce smo namestili (vgradili) v sredino razelektrovne posode in jih obdelali z vodikovo plazmo. Zaradi spajanja atomov vodika na površini vzorca, absorpcije UV svetlobe iz plazme ter obsestreljevanja površine z naelektrenimi delci, je temperatura na površini vzorca dosegla 150°C. Vzorca, uporabljeni za preizkušanje kontaktne upornosti, so bili iz Argelec (AgMg) zlitine, oblikovani v kontaktne trakove ter NiClal (CuNiZn) žice. Za naše poizkuse smo uporabili tri različne oblike kontaktov. Prvi in drugi so bili pravokotnih dimenzij 4 mm x 0,2 mm in 1,5 mm x 0,15 mm, tretji premera 0,2 mm in četrti polkrožni, preseka dimenzij 3,7 mm x 0,4 mm.

Kontakti so bili najprej očiščeni v ultrazvočni kopeli v mešanici vode in detergenta. Tu naj bi odstranili z vzorcev le

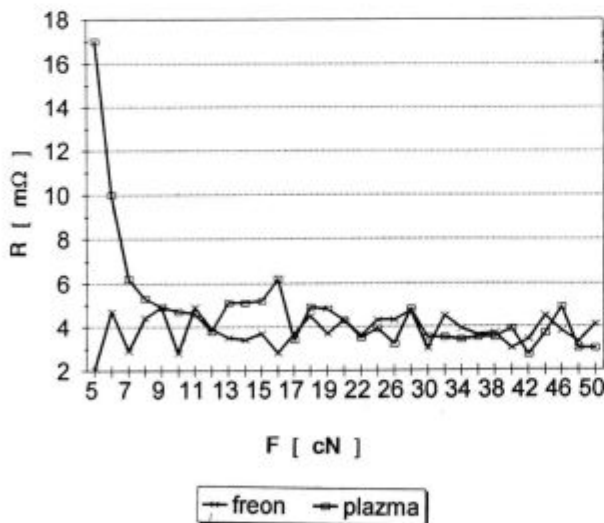
¹ Karol POŽUN, diplomirani inženir za elektroniko in vakuumsko tehniko
1111 Ljubljana, Testova 30

rahlo vezane nečistoče. Polovico vzorcev smo pol ure obdelovali v vodikovi plazmi in potem merili kontaktno upornost. Drugo polovico vzorcev smo očistili s freonom (FCHC) v ultrazvočni kopeli.

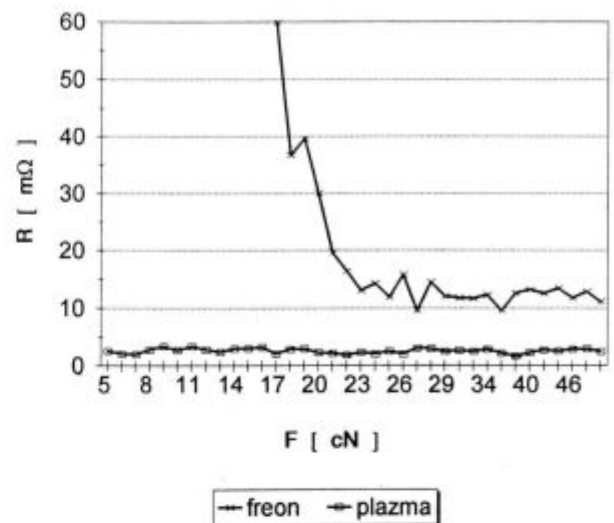
Za meritve kontaktnih upornosti v odvisnosti od kontaktne sile, smo razvili poseben sistem. Sestavljajo ga PC, multimeter KEITHLEY 195 A, analitska tehtnica in vertikalna linearna ročica z ločljivostjo 0.4 μm . Sistem omogoča meritve kontaktnih upornosti v odvisnosti od kontaktne sile, povečane za 0,05 cN.

3 Rezultati

Slike 1-4 prikazujejo spremembo električne kontaktnih upornosti v odvisnosti od kontaktne jakosti različno pripravljenih električnih kontaktov. Na vseh štirih slikah sta dve krivulji: krivulja, označena s p, prikazuje vzorce očiščene v plazmi, krivulja označena z f pa predstavlja vzorce očiščene v freonu (FCHC). **Slika 1** prikazuje dve krivulji, obe za Argelec trak dimenzij 4 mm x 0.2 mm. Pri kontaktni upornosti so opazne le majhne razlike, zaradi večje kontaktne površine. Na **sliki 2** smo uporabili korodiran Argelec trak dimenzije 1.5 mm x 0.15 mm v preseku. Čiščenje s plazmo daje boljšo kontaktno upornost, kajti s to metodo lahko odstranimo tanko oksidno plast s kontaktne površine. S čiščenjem v freonu ne moremo odstraniti oksidne plasti s površine, zato je ta metoda manj primerna za odstranjevanje nečistoč. Na **sliki 3** je prikazan žični kontakt, izdelan iz 0.2 mm debele žice NICLAL. Pri vzorcih, očiščenih s freonom pride do znatne spremembe kontaktnih upornosti in sicer zaradi nezadostno očiščene oksidne plasti na kontaktni površini. **Slika 4** prikazuje polkrožni presek traku iz Argeleca dimenzij 3,7 mm x 0.4 mm. Kontaktno upornost smo merili 48 ur po plazemskem čiščenju. Kontaktna upornost, je enako nizka kot pri svežih vzorcih. Dobljeni rezul-

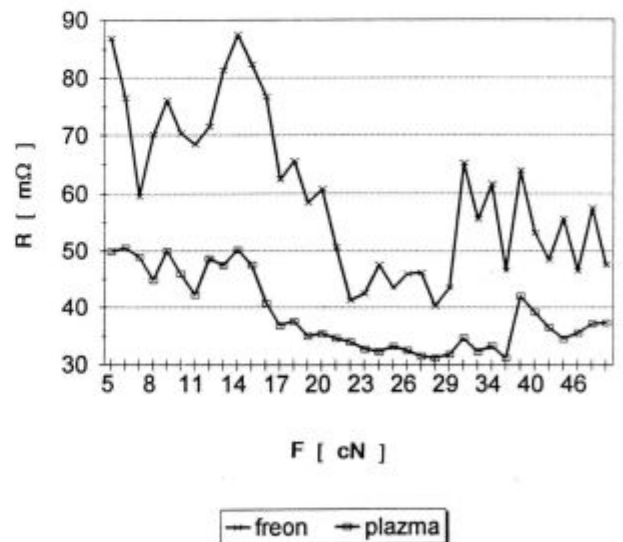


Slika 1: Slika kaže razmerje med kontaktno upornostjo in kontaktno silo za Argelec 180 trak, dimenzije 4 mm x 0.2 mm v preseku. Krivulja (f) predstavlja električne kontakte očiščene v ultrazvočni kopeli freona, krivulja (p) pa predstavlja enake vzorce očiščene z nizko-temperaturno reduktivno plazmo
Figure 1: Shows the electrical contact resistance dependence of the contact force for Argelec 180 tape with crosssection 4 mm x 0,2 mm. Curve (f) represents cleaning in the FCHC bath, and curve (p) represents cleaning by plasmadischarge

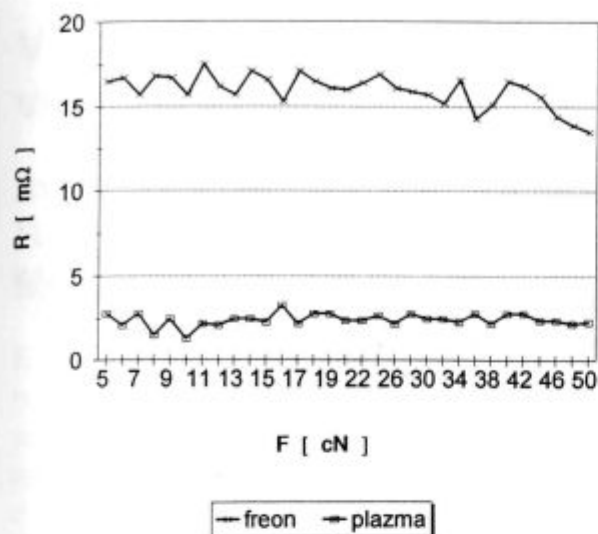


Slika 2: Slika prikazuje razmerje med kontaktno upornostjo in kontaktno silo za Argelec 180 trak, dimenzije 1.5 mm x 0.15 mm v preseku. Krivulja (f) v diagramu predstavlja električne kontakte očiščene v freonu in ultrazvočni kopeli, krivulja (p) pa predstavlja enake vzorce očiščene z nizko-temperaturno reduktivno plazmo
Figure 2: Shows the electrical contact resistance dependence of the contact force for Argelec 180 tape with crosssection 1.5 mm x 0.15 mm. Curve (f) signifies cleaning in the FCHC bath, and curve (p) signifies cleaning in the plasma discharge

tati kažejo, da je metoda čiščenja kontaktnih elementov v plazmi boljša od metode čiščenja s freonom.



Slika 3: Slika prikazuje razmerje med kontaktno upornostjo in kontaktno silo za Niclal 180E žico premera 0.2mm. Krivulja (f) v diagramu predstavlja električne kontakte očiščene v freonu in ultrazvočni kopeli, krivulja (p) pa predstavlja enake vzorce očiščene z nizko-temperaturno reduktivno plazmo
Figure 3: Shows the electrical contact resistance dependence of the contact force for Niclal 180 E dia. 0.2mm wire type contact. Curve (f) signifies cleaning in the FCHC bath, and curve (p) signifies cleaning in the plasma discharge



Slika 4: Slika prikazuje razmerje med kontaktno upornostjo in kontaktno silo za Argelec 180 trak, dimenzije 3.7mm x 0.4mm v preseku. Krivulja (f) v diagramu predstavlja električne kontakte očiščene v freonu in ultrazvočni kopeli, krivulja (p) pa predstavlja enake vzorce očiščene z nizko-temperaturno reduktivno plazmo

Figure 4: Shows the electrical contact resistance dependence of the contact force Argelec 180 tape 3.7 mm x 0.4 mm with semicircle crosssection. Curve (f) signifies cleaning in the FCHC bath, and curve (p) signifies cleaning in the plasma discharge

4 Sklep

Poskusi so pokazali, da je čiščenje električnih kontaktov z nizko-temperaturno plazmo zelo učinkovito in ekološko neoporečno. Nizko-temperaturna plazma je metoda, ki bo uspešno nadomestila metodo čiščenja s freonom, tako površine materialov kot tudi sestavnih delov elektronike.

5 Literatura

- ¹ S. Hofmann, A. Zalar, *Thin Solid Films*, 39, 1987, 219
- ² L. Toth, *Vacuum*, 37, 1987, 1/2, 102
- ³ J. F. Smith, D. C. Hinson, *Solid State Technol.*, Nov. 1986
- ⁵ A. Banovec, K. Požun, R. Tauzes, *Zbornik SD-87*, 1987, 441
- ⁶ F. Brecej, M. Mozetič, *Vacuum*, 40, 1990, 177
- ⁷ M. Mozetič, M. Kveder, M. Drobnič, *Czech. J. Phys.*, 43, 1993, 953
- ⁸ F. Brecej, M. Mozetič, M. Drobnič, *Vacuum*, 44, 1993, 459
- ⁹ M. Mozetič, M. Kveder, M. Drobnič, A. Paulin, A. Zalar, *Vacuum*, 45 v tisku, 1994
- ¹⁰ L. Koller, M. Jenko, S. Spruk, *Vacuum* 46, 1995, 827