

PREISKAVA TANKIH VEČPLASTNIH KOVINSKIH STRUKTUR V PODROČJU OHMSKEGA KONTAKTA TRANZISTORJA Z METODO AES

AES INVESTIGATION OF THIN MULTILAYER METALLIC STRUCTURES IN TRANSISTOR OHMIC CONTACT AREA

Borut Praček

Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko ITPO, Teslova 30, 1000 Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1990-07-20; sprejem za objavo - accepted for publications: 1999-07-27

Ohmski kontakt tranzistorja je električni kontakt med kovinsko plastjo in polprevodnikom. Njegove značilnosti so majhen električni upor, neusmerljivost in linearna tokovna in napetostna karakteristika. V delu je prikazana AES-preiskava tankoplastne kovinske strukture defektnega ohmskega kontakta tranzistorja z neustreznimi električnimi karakteristikami. Preiskana je večplastna tanka kovinska struktura AuSnNiTiSi. Istočasno je bil preiskan vpliv onesnaženja na adhezijo tanke kovinske plasti in podlage. Rezultati preiskave kažejo tudi možne nedoslednosti v tehnologiji izdelave tankih plasti.

Ključne besede: ohmski kontakt, večplastne strukture, onesnaženje, profilna AES-analiza

Transistor ohmic contact is an electrical contact between a thin metal layer and a semiconductor. It is characterized with a very small resistance, non-aimable feature and linear current-voltage characteristic. The paper describes the AES characterization of defective ohmic contact by means of depth profile analysis of AuSnNiTi<Si> thin metallic structures. Auger electron spectroscopy is used for depth profiling in elemental concentration in combination with ionic sputtering of the samples. The influence of contaminants to thin metallic layer adhesion is also considered. Test results show specific technological inconsistencies in thin film fabrication process.

Key words: ohmic contact, multilayer structures, contamination, AES depth profiling

1 UVOD

V tehnologiji proizvodnje tranzistorjev razlikujemo dve bistveni fazi pri izdelavi ohmskega kontakta. Prva pomeni izdelavo kolektorja z nanašanjem kovine ali zlitine v vakuumu na čisto površino ploščice Si in druga formiranje pri povišani temperaturi. Kovine Au, Ag, Ni, Cr, Al in Ti se najpogosteje uporabljajo v tej tehnologiji. Izdelani ohmski kontakt se pritrdi na nosilec ohišja s termičnim postopkom spajanja tanke kovinske plasti Ni/Ti z zlitino AuSn₂₀. Na **sliki 1** je prikazana shema strukture preiskovanega ohmskega kontakta. Pri izdelavi ohmskega kontakta lahko pride do sprememb zaradi uporabe različnih materialov, dela operaterja in zanesljivosti izdelovalnih naprav, kar lahko povzroči spremembe mehanskih, kemičnih in električnih lastnosti. Določanje koncentracijskega profila večplastnih tankih kovinskih struktur je zato eden od najbolj pomembnih načinov njihove karakterizacije^{1,2}. Navadno obstajata dve

motivaciji za poseganje po uveljavljenih metodah za analizo tankih plasti:

- določanje stehiometrije in strukture tankih plasti
- določanje vsebnosti elementov in vrste onesnaženosti.

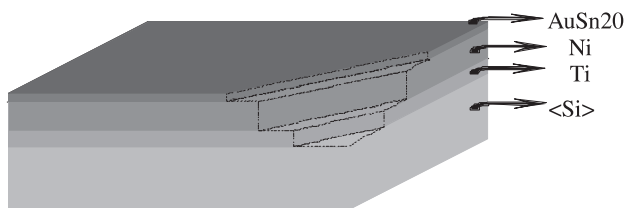
Za analizo površin tankih plasti in faznih mej najpogosteje uporabljamo metode, kot so: AES, ESCA, SIMS, UPS itd. AES profilna analiza omogoča odkrivanje napak pri izdelavi večplastnih kovinskih struktur. Napake pri izdelavi so lahko: neenakomerna kontaktna površina, to so področja, kjer ni dobro uresničen ohmski kontakt zaradi različnih primesi, in onesnaženje posameznih plasti ter njihovih faznih mej.

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Za preiskavo večplastnih tankih struktur v področju ohmskega kontakta tranzistorja z AES so bili na podlagi rezultatov predhodnih preiskav fizikalnih, mehanskih in električnih lastnosti izbrani vzorci, ki se deloma ali popolnoma ne ujemajo s standardnimi zahtevami:

- Vzorec A je bil vzet po fazi tvorbe kolektorja, ko je bila na podlago Si nanosena le kovinska struktura NiTi.
- Vzorec B je bil vzet po fazi izdelave ohmskega kontakta, ko je bila na kovinsko strukturo Ni/Ti termično nanosena zlitina AuSn₂₀.

Predhodni preskusi vzorcev A in B niso dali dovolj podrobnih podatkov, le na metalizaciji kolektorja vzorca A je bila optično opažena sprememba barve Ni.



Slika 1: Shematski prikaz tankoplastne strukture ohmskega kontakta tranzistorja

Figure 1: Thin film structure of transistor ohmic contact area

– Vzorec C je bil vzet po trgalnem preskusu izdelanega kontakta.

Pri tem preizkusu je prišlo na vzorcu C do popolnega odstopa kolektorja od podlage Si.

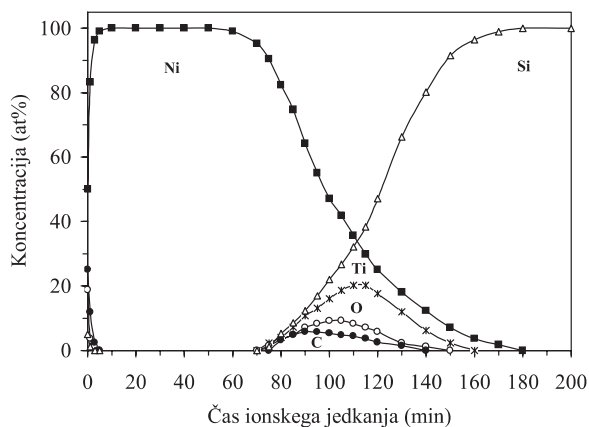
AES preiskava je bila opravljena v napravi za spektroskopijo Augerjevih elektronov Physical Electronic Industries, MODEL SAM 545 A. Analizirali smo s statičnim curkom primarnih elektronov energije 3 keV, toka 0,5 μ A in premera okoli 40 μ m. V globino smo jedkali z dvema curkoma ionov Ar⁺ z energijo 1 keV na površini 5 mm x 5 mm pri vpadnem kotu 47°. Hitrost jedkanja, izmerjena na standardnem vzorcu večplastne strukture Ni/Cr, je bila okoli 2 nm/min. Koncentracijo smo izračunali s faktorji občutljivosti elementov, podanih v priročniku izdelovalca naprave (PHI).

3 REZULTATI IN OBRAVNAVA

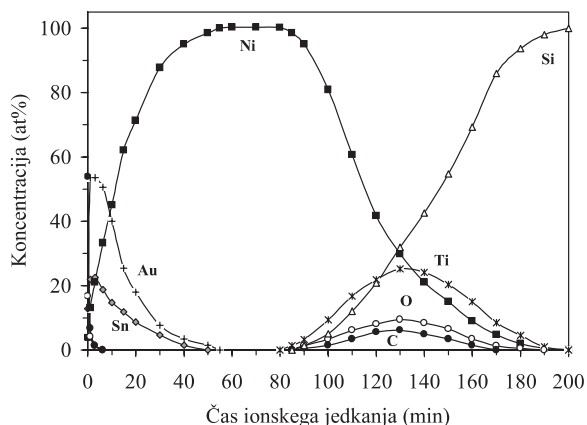
Z AES profilno analizo smo opravili kvalitativno in kvantitativno profiliranje večplastnih struktur v področju ohmskega kontakta vedno z uporabo enakih analiznih parametrov. Kombinacija spektroskopije Augerjevih elektronov in jedkanja z Ar ioni je omogočila izdelavo profilnih diagramov, v katerih je v odvisnosti od časa jedkanja, ki je odvisen od debeline plasti, prikazan koncentracijski profil posameznih struktur.

Profilni diagram vzorca A (slika 2) prikazuje profil kovinske strukture NiTi po naparivanju na podlago Si in končani tvorbi kolektorja. Površina plasti Ni je onesnažena z O in C, zaradi česar je bila optično opažena sprememba barve. Vidna je tudi z O in C onesnažena tanka plast Ti, ki se nahaja med debelejšo plastjo Ni in Si podlage. Fazne meje med plastmi so neostre, kar je posledica medsebojne difuzije elementov po izpostavitvi naperjenih plasti povišani temperaturi pri tvorbi kolektorja.

Profilni diagram vzorca B (slika 3) ponazarja koncentracijski profil večplastne strukture AuSn/Ni/Ti/<Si> po izdelavi ohmskega kontakta. Neostra fazna meja AuSn/Ni je posledica difuzije elementov

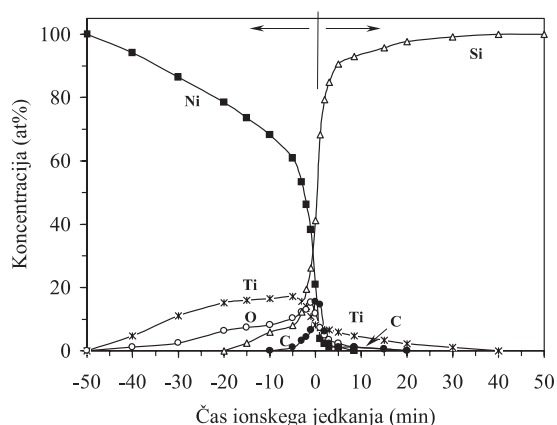


Slika 2: Globinski AES-profil vzorca A po tvorbi kolektorja
Figure 2 AES depth profile of the sample A after collector forming



Slika 3: Globinski AES-profil vzorca B po izdelavi ohmskega kontakta

Figure 3: AES depth profile of the sample B after ohmic contact producing



Slika 4: Globinski AES-profil vzorca C po trgalnem preskusu
Figure 4: AES depth profile of the sample C after adhesion test

zlitine AuSn20 in naperjene kovinske strukture Ni/Ti. Posledica tega je nekoliko tanjša plast Ni. Druga področja večplastne strukture so ostala podobna koncentracijskemu profilu vzorca A.

Na sliki 4 je prikazan zložen profilni diagram vzorca C, ko je med trgalnim preskusom odstopila kovinska struktura Ni/Ti od podlage Si. Desna stran diagrama prikazuje profilno AES-analizo od mesta odstopa strukture Ni/Ti proti podlagi Si. Leva stran pa pomeni ločeno plast Ni/Ti po fazni meji Ti/<Si>. Profilni diagram nazorno prikazuje, da je vzrok za slabo adhezijo predvsem pretanka in z O in C dokaj močno onesnažena plast Ti.

Glede na predhodne preskuse vzorcev A in B nismo mogli ugotoviti, ali je bila plast Ti pri nanašanju na podlago onesnažena z O in C in ali ta zmanjšuje adhezijo med kovinsko strukturo Ni/Ti in podlago Si. Prisotnost C v Ti sicer lahko pomeni tudi zaporo in preprečuje popolno difuzijo Au in Sn v fazi formiranja ohmskega kontakta. Po preiskavi vzorcev z metodo AES pa lahko sklenemo, da za nadaljnjo obdelavo in uporabo tako

izdelana večplastna kovinska struktura, prav zaradi pretanke in onesnažene plasti Ti, ni primerna.

4 SKLEP

Rezultati preiskave kažejo vzrok za odmik od zahtevanih karakteristik tankoplastne strukture ohmskega kontakta.

Profilna AES-analiza je nepogrešljiva pri preiskavah večplastnih tankih struktur za mikroelektroniko.

Rezultati profilne analize so pokazali tiste nedoslednosti pri izdelavi ohmskega kontakta tranzistorja, ki jih z drugimi metodami ni bilo mogoče ugotoviti.

5 LITERATURA

¹ M. Grasserbauer and H. W. Werner (eds.), *Analysis of Microelectronic Materials and Devices*, Wiley, Chichester, **1991**

² A. Zalar, S. Hofmann, P. Panjan and V. Kraševc, New model metal/semiconductor multilayer structure, *Thin Solid Films*, **220** (1992) 191-196