

# NiCr ellenállásréteg vákuumpárolgatótatása és katódporlasztása

SZATMÁRI JÁNOS  
REMIX



## ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző összehasonlítja a rétegenállások gyártása szempontjából a NiCr vákuumpárolgatótatási és a katódporlasztási eljárást. Bemutatja gyakorlati-kísérleti adatok alapján a stationer rétegtelviteli eljárást előnyeit.

## 1. Bevezetés

A fémrétegenállás, mint passzív elektronikai eszköz, viszonylag egyszerű szerkezeti felépítéssel rendelkezik. Hengeres kerámiahordozóra, mely lehet steatit, forsterit, alumíniumoxid, vezetőanyag kerül felvitelre.

A vezető fémréteg leginkább NiCr vagy egyéb speciális ötvözetek. Előállításuk legtöbbször vákuumtechnikai eljárással történik. Ismertek még kémiai eljárások, ahol is árammal vagy áramnélküli galvanizálással (pl. nikkellal foszfor rétegek) gőzfázissal (Chemical Vapour Deposition) operálnak. Ezekkel a módszerekkel most nem kívánunk foglalkozni.

## 2. Vákuumtechnikai eljárások

A vákuumtechnikai eljárások négy fő csoportra oszthatók:

2.1. NiCr anyagú huzal közvetlen villamos hevítéssel szublimál. A vákuumban történő hevítésnél az NiCr olvadáspontjának elérése előtt az atomok energiája olyan nagy lesz, hogy képesek elhagyni a fém kristályrácsát, szabaddá válnak és a kerámiahordozón kondenzálódva kialakul a vékonyréteg. A módszer hátránya, hogy idő függvényében változó összetételt kapunk, továbbá hőfokkorlát miatt az anyagátvitel sebessége rendkívül kicsi, ezért hosszú idejű, esetenként több órás folyamatra van szükség a megfelelő minőségű fémréteg előállítására.

2.2. Villamosan hevített nagy hőállóságú párolgató csónakra (wolfrám, molibdén, titán, titánkarbid, bórnitrid) NiCr huzal vagy granulátum adagolással robbanásszerűen (flash) történik a párolgatótatás úgy, hogy az anyag folyadék-, majd gőzfázisba megy át. A módszer előnye, hogy nagyobb teljesítmény, nagyobb gőzsűrűség érhető el, a gőzölés ideje lerövidül. Hátránya, hogy a párolgató csónakban levő NiCr olvadék ötvöződik a csónak anyagával, változik

## SZATMÁRI JÁNOS

Egyetemi tanulmányait a leningrádi Lenzovjetről elnevezett Műszaki Egyetemen 1958-ban fejezte be. 1970-ben a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán félvezető gyártás-technológia szakon szakmérnöki diplomát, 1978-ban az

Ipargazdasági Tanszéken gazdaságmérnöki abszolutóriumot szerzett. 1958 óta a Remix Rádiótechnikai Vállalatnál mint fejlesztőmérnök, majd minél a rétegenállás fejlesztés osztályvezetője dolgozik. Szakmai területe diszkrét vékony- és vastagréteg ellenállások kutatása, fejlesztése, realizálása.

a NiCr aránya, a csónak tömege, fajhője, hőmérséklete. A gőzölés nehezen szabályozható.

2.3. Hűtött tégelyben vagy tégelyekben levő Ni-t és Cr-ot felgyorsított elektronnalábbal hevítjük. Előnyként említhető, hogy nagy gőzsűrűség mellett nagy olvadáspontú fémek is (pl. Mo, Ta, W) elgőzölhetnek. A teljesítmény az elektronnalább fókuszálásával növelhető. A módszer hátránya, hogy ötvözet biztonságosan nem gőzölhető egy tégelyből. Több alkotós gőzölés csak ún. „ugráló” elektronsugárral valósítható meg. A berendezés bonyolult és költséges.

2.4. Az elektroncsövek gázkisülés elvéhez hasonló jelenség felhasználását látjuk a katódporlasztásos vékonyréteg-előállításnál. A katód (target) az elektromos térben felgyorsuló pozitív ionok bombázzák és ez a katód felületi rétegének elporladásához vezet. Az eljárás nem hőközlelésen keresztül indítja el az anyagtranszportot a hordozó felé, hanem atomi ütközések révén. A katódporlasztás lehet diódás, triódás, radiofrekvenciás, magnetronos. NiCr rétegenállások előállításánál a korszerű magnetronos katódporlasztás működésének lényege, hogy mágneses segítségével a plazmát a target közelében koncentráljuk. A katódról kilépő elektronnak már nemcsak a gyorsító elektromos tér, hanem a mágneses erővonalakra merőleges eltérítő Lorentz-féle erő is hat. Az eljárás előnye, hogy nagy teljesítmény és homogén ellenállásréteg alakul ki. A magnetronos katódporlasztás esetén, ha a target (katód) megfelelő hűtését biztosítjuk — diffúziós anyagvándorlás megakadályozása érdekében — a porlasztott részecskék minőségi megoszlása megegyezik a target (NiCr) komponenseinek arányával. A módszer hátránya a drága berendezés és targetanyag viszonylag rossz kihasználási foka.

Beérkezett: 1984. VI. 14. (Δ)

### 3. Hordozók recipiensben történő elhelyezkedése

A homogén, jó minőségű, stabil NiCr ellenállásrétegek előállításánál a felviteli módszerén kívül komoly szerepe van kerámiahordozók recipiensben való elhelyezkedésének.

3.1. A gőzforrás körül egy hengerpalást alkotói mentén küllőre fűzött kerámiatestek bolygómozgást végeznek. Az elrendezés előnye, hogy a gőzsugár közvetlen (árnyékolatlanul) éri a kerámiahordozót. Hátránya a viszonylag kis mennyiségek előállítása, és a küllők tengelyirányában az ellenállásréteg inhomogenitása.

3.2. Vízszintes tengelyű hengerpalást alkotóira szerelt szitadobok bolygómozgást végeznek egy közepén levő gőzforrás körül. A kerámiahordozók a szitadobban rendezetlen, véletlenszerű mozgást végeznek. Az elrendezés előnye a nagy termelékenység és kis élőmunka-ráfordítás. Hátránya a szitadob árnyékoló hatása miatt az inhomogenitás, kerámiakopás.

3.3. Vízszintes tengelyű bordázott réselt dobban — amelyben a gőzforrás (target) is van — helyezkedik el a kerámiahordozó. Előnye, hogy a kerámiatesteket árnyékolatlanul éri a nagy intenzitású gőzsugár. A kerámia irányítottan keveredik, a réteg homogén. Hátránya, hogy csak katódporlasztásnál használható.

### 4. Vákuumgőzölés, mint folyamatrendszer

Ha megvizsgáljuk a vákuumgőzölést, mint folyamatot az alábbi rendszertechnikai sorrendben követik egymást a műveletek:

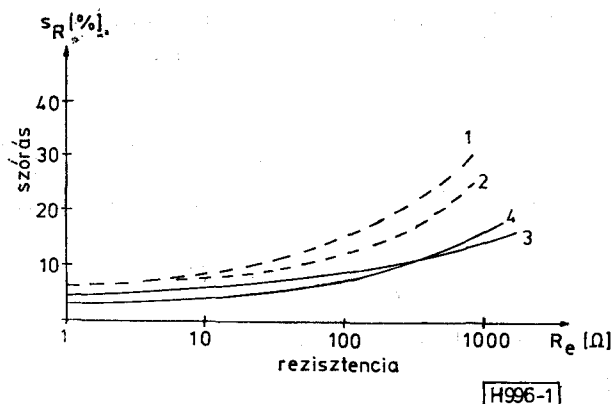
- előkészítés: kerámiatestek küllőre való felfűzése vagy dobtöltés, gőzforrás-előkészítés,
- szerelés: karusszel vagy dob, gőzforrás-beállítás,
- vákuumozás: gőzforrás kiizzítás, kerámiahordozó „tisztítás” glimmeléssel,
- réteggőzölés,
- hűtés, belevegőzés,
- szétszedés, tisztítás, ürítés.

Ezek a folyamatok láthatóan szakaszos gyártást jelentenek. Magukban hordják a véletlenszerű, nem szabályozható eseményeket. A késztermék homogenitása a sarzok reprodukálhatósága nehezen kézben tartható.

Célunk volt a vákuumgőzölés folyamatának automatizálása, ahol is a fent vázolt szakaszos gyártást homogenizálni tudjuk. Ez a lehetőség a zsiliprendszerrel ellátott katódporlasztással megoldható volt. A kerámiahordozó folyamatos adagolásával, a recipiensben levő önürítő dobbal, az azonos összetételű biztosító több száz sarzshoz elégséges targettel, végső soron homogén vékonyréteget lehet előállítani.

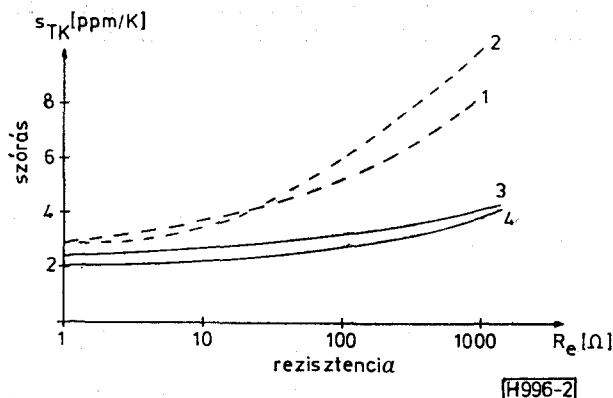
### 5. Kísérletek

Összehasonlíttuk a szakaszos rendszerű szitadob karusszeles elrendezésű, párologtató csónakból húzalt adagolású vákuumgőzölést, a folyamatos önürítő dobos elrendezésű magnetronos katódporlasztással.



1. ábra. A rezisztencia korrigált tapasztalati szórása ( $s_R$ ) a rezisztencia függvényében ( $R_e$ )

- 1 = Vákuumpárologtatás sarzson belüli szórás
- 2 = Vákuumpárologtatási sarzok közötti szórás
- 3 = Katódporlasztás sarzson belüli szórás
- 4 = Katódporlasztás sarzok közötti szórás



2. ábra. A hőmérsékleti együttható korrigált tapasztalati szórása ( $s_{TK}$ ) a rezisztencia függvényében ( $R_e$ )

- 1 = Vákuumpárologtatás sarzson belüli szórás
- 2 = Vákuumpárologtatás sarzok közti szórás
- 3 = Katódporlasztás sarzson belüli szórás
- 4 = Katódporlasztás sarzok közötti szórás

Kísérleti körülmények, feltételek:

Vákuumgőzölő: Leybold Heraeus 800HS típ.

Katódporlasztó: Leybold Z750 HS 2 típ.

- azonos méretű, anyagú, felületű kerámiahordozó,
- azonos összetételű NiCr fémréteg,
- optimalizált paraméterek (vákuum, hőmérséklet, idő, anyagmennyiség),
- a teljes gyártható értéktartomány (~1 ohm—1000 ohm).

Mérések

Sarzsonként 30 db mintán rezisztenciát és hőmérsékleti együtthatót mértünk.

$$TK = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \cdot \Delta T}$$

ahol:

TK = hőmérsékleti együttható ppm/°C-ban,

$R_1 = 50$  °C-on mért rezisztencia ohmban,  
 $R_2 = 150$  °C-on mért rezisztencia ohmban,  
 $\Delta T = 100$  °C.

Meghatároztuk a sarzszon belüli és a sarzsok közötti korrigált mintabeli (tapasztalati) szórást a rezisztenciára ( $s_R$ ) és a hőmérsékleti együtthatóra ( $s_{TK}$ )

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

$n = a$  minták száma (30 db).

ahol:

$x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$   $n$  elemű minta megfigyelt értékei, esetünkben a rezisztencia és  $TK$ , a mintaátlag:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

A mintabeli  $s$  szórásokat grafikonon ábráztuk a rezisztencia függvényében (lásd 1. és 2. ábra).

#### Következtetések

A 30 db mintából  $\alpha = 99,9\%$  konfidencia szinten kb.  $\pm 3s$  sáv adja a halmaz terjedelmét.

Látható, hogy mindkét rétegfelvételi rendszernél a rezisztencia függvényében a halmazok terjedelme növekszik, viszont a katódporlasztás minden esetben kedvezőbb képet mutat.

A tömeggyártás szempontjából lényeges reprodukálhatóság, irányított tudatos rétegelőállítás gazdaságossága vitathatatlan.

#### 6. Összefoglalás

A Z750 HS 2 típ. berendezés, a kerámiatestek önürítődobban való elhelyezkedése a recipiensben, az új stationer katódporlasztási technológia összességében azt eredményezi — és ezt a kísérletek is alátámasztották — hogy a NiCr típusú fémréteg ellenállások gyártásánál minőségi javulást értünk el. A rétegelőállítás egyik problémája az egy tételen belüli szórás és a tételenkénti reprodukálhatóság az új eljárás alkalmazásával megoldottnak látszik.



## MEV ALKATRÉSZKATALÓGUS

BESZEREZHETŐ A

## MEV-EMO-KERAVILL MÁRKABOLTBAN:

Bp.V., Múzeum krt. 11. és a Katalógusboltban: Bp.V., Szt. István tér 4.

# MEV

MIKROELEKTRONIKAI  
VÁLLALAT