

CONTRIBUȚII REFERITOARE LA DEPUNERI PVD UTILIZÂND PULVERIZAREA MAGNETRON

Gh. Mareș

Universitatea Transilvania din Brașov, România

INTRODUCERE

Tehnologiile bazate pe utilizarea magnetronului sunt foarte dezvoltate astăzi, și au aplicații în multe domenii, cum ar fi: domeniul aero-spațial (în special cel militar), marin, medical, al radarelor, al acoperirii sculelor așchietoare, etc.

1. PRINCIPIUL MAGNETRONULUI

Un magnetron este un tub electronic în care intensitatea curentului electronic este comandată de un câmp magnetic exterior. Magnetronul transformă o tensiune pulsatorie înaltă în pulsuri de microunde. Elementele cheie ale magnetronului sunt: aranjamentul circular al microundelor, care formează structura anodului, aranjamentul concentric care este catodul și care emite electroni și un câmp magnetic puternic, aplicat paralel cu axa de simetrie.

Electronii emiși de catod, într-o incintă vacuumată, sunt accelerați în spațiul dintre anod și catod de un câmp electric radial DC, în timp ce traiectoria lor este dirijată de un câmp magnetic fix.

Magnetronii pot avea în componență dispozitive simple sau complexe. În principiu, magnetronul constă dintr-un catod care este centrat față de un anod. Un număr de elemente, de o anumită formă și executate din alte materiale, se intercalează între anod și catod (fig.1). Catodul este sursa de electroni, iar anodul are o structură mai complexă cu rolul de a dirija frecvența dispozitivului. La punerea în funcțiune a magnetronului un câmp magnetic trebuie aplicat în lungul tubului axial (B_a), folosind magneți sau electromagneți și un câmp magnetic radial instalat (B_r).

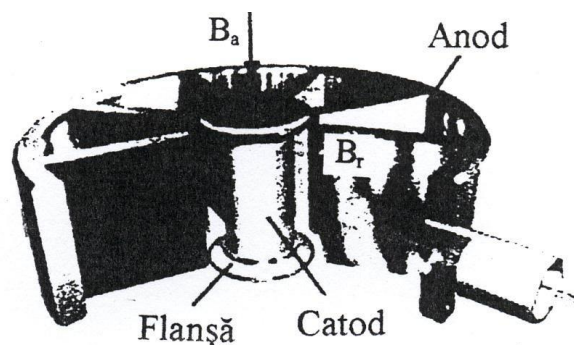


Figura. 1. Principiul magnetronului.

2. CARACTERISTICI PRINCIPALE ALE MAGNETRONULUI

Câțiva parametri fizici sunt specifici magnetronului. Frecvența magnetronului este în mare măsură proporțională cu mărimea camerei de rezonanță magnetică. Frecvența magnetronului poate varia în limite largi, de la 1GHz la 100MHz, iar puterea de la 1,5KW la 6MW, în funcție de domeniul de aplicație. Când puterea totală din magnetron este schimbată, suma puterilor disipate la anod și catod se schimbă în funcție de schimbările de temperatură. Până la anumite valori ale mărimilor cavitații frecvența va fi alterată.

Curgerea de electroni se desfășoară într-un timp scurt, aproximativ 10-30 minute, după care frecvența se stabilizează.

Unele schimburi în condițiile mediului afectează temperatura anodului și modifică frecvența. Acestea pot fi schimbări ale temperaturii sau presiunii aerului. Aceste schimbări sunt specifice fiecărui magnetron prin mărimea $\text{kHz}/^{\circ}\text{C}$. Această valoare este aproape întotdeauna negativă pentru magnetroni, care este frecvența de cădere la creșterea temperaturii. Acestea pot fi schimbări ale temperaturii sau presiunii aerului. Aceste schimbări sunt specifice fiecărui magnetron prin mărimea $\text{kHz}/^{\circ}\text{C}$. Această valoare este aproape întotdeauna negativă pentru magnetroni, care este frecvența de cădere la creșterea temperaturii.

3. PROCESUL DE PULVERIZARE

Pulverizarea este un proces de evaporare în vacuum, care transportă pe cale fizică particule din materialul de acoperit, numit țintă și de a le depune sub forma unui strat (film) subțire pe o suprafață adiacentă – substrat - al unui material. Procesul are la bază bombardarea suprafeței de pulverizat, numită țintă, cu ionii unui gaz, puternic accelerați. În acest fel ionii intră în coliziune cu ținta, atomii sau ocazional moleculele din stratul superficial al materialului țintă sunt extrase și propulsate apoi pe substrat, unde aderă foarte puternic (Fig.2).

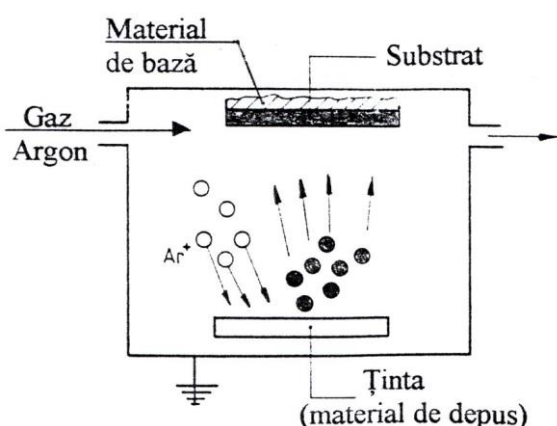


Figura 2. Principiul pulverizării.

Rezultatul depunerii este un film subțire pe suprafață cu excelentă rezistență la forțe mecanice exterioare de valori mari. Pulverizarea este o metodă de acoperire cu filme subțiri, de succes, pentru o mare varietate de substraturi care pot fi conducătoare sau neconducătoare de electricitate. O caracteristică foarte importantă a metodei de pulverizare constă în universalitatea ei. Acesta se datorează faptului că materialul de acoperit este trecut în fază de vapori prin metode fizice și nu prin metode chimice sau termice, și prin urmare orice tip de material poate fi depus. Prioritatea la acoperirea prin pulverizare magnetron o are realizarea vacuumului la valori mai mici de 10^{-6} torr, precum și introducerea în camera vacuumată a unui gaz inert (argon).

Curentul continuu este folosit pentru materialele conducătoare, iar frecvența radio este folosită pentru materialele neconducătoare de electricitate.

Aplicațiile cele mai importante ale filmelor subțiri obținute prin pulverizare sunt:

- Materialele magnetice pentru benzi cu memorie. Materialele tipice sunt: Co-Ni, Tb-Fe și Co-Ni-Cr;
- Materiale optice pentru lentile. Materialele tipice sunt: CeO_2 , MgO și $MgFe_2$;
- Materiale lubrifiante pentru reducerea frecării. Materialele tipice sunt: MoS_2 , WS_2 ;
- Materiale rezistente la uzură folosite pentru creșterea durabilității sculelor așchietoare. Materialele tipice: TiN, TiC, ZrB_2 ;
- Materiale metalizate pentru microcircuite. Materialele tipice sunt: Al, W-Ti, Al-Si și Al-Cu;
- Materiale conductoare transparente. Cel mai tipic este: $xLn_2O_3 - ySnO_2$;
- Rezistori cu film subțire. Materialele tipice sunt: Ni-Cr, Cr-Si și Cr-SiO.

4. SISTEME ȘI INSTALAȚII DE DEPUNERE PRIN PULVERIZARE

Sistemul este destinat acoperirii complete a suprafeței suportului cu un material bun conductor de electricitate. Materialul cu care se face acoperirea este un aliaj Aluminium - Silicon, dar pot fi folosite, cu bune rezultate, și alte aliaje. Instalația pulverizării este schematic prezentată în figura 3. Instalația de pulverizare constă dintr-o cameră vacuumată înalt ($\sim 10^{-6}$ torr), care se umple

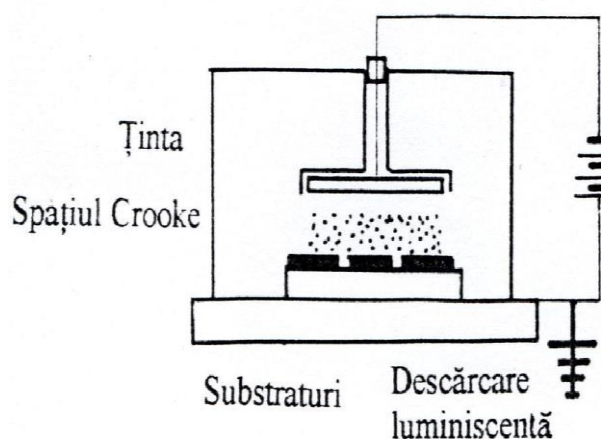


Figura 3. Instalația de pulverizare.

ulterior cu argon, fapt ce determină o creștere mică a presiunii. O tensiune înaltă de curent continuu ionizează gazul, și creează lângă catod spațiul întunecat Crookes, care are la bază metalul țintă.

Aproape tot potențialul tensiunii înalte parcurge, transversal, spațiul întunecat (descărcarea luminoasă constă din ionii de argon și electronii care au fost expulzați).

Câmpul electric accelerează atomii de argon care intră în coliziune cu ținta din aluminiu. Apare un schimb instantaneu, și atomul de aluminiu este ejectat de la țintă, (figura 4), și se ciocnește de suportul

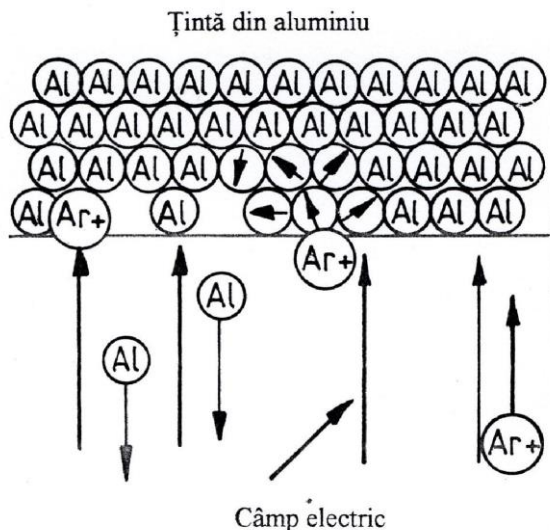


Figura 4. Schema pulverizării atomului de Al.

din silicon, unde este reținut, și formează un film metallic.

5. PULVERIZARE CATODICĂ CU TUN DE ELECTRONI

O țintă, realizată din materialul ce urmează a fi depus, este bombardată cu ioni accelerați într-un câmp electric. De pe suprafața țintei se detașează particule de dimensiuni atomice, care sunt proiectate pe suprafața substratului, unde se depun.

Figura 5 prezintă în formă simplificată principiul acestei tehnici. Ținta (conectată la catod)

este bombardată cu atomi de argon, ionizați și accelerați în câmpul electric de înaltă tensiune stabilit între anod și catod. Acești ioni detașează din țintă particule care se vor depune pe suprafața substratului.

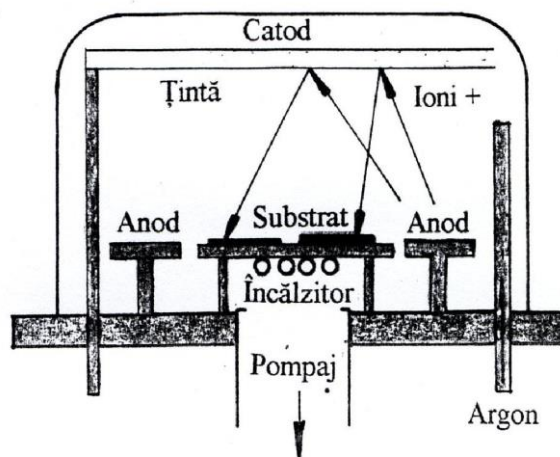


Figura 5. Instalație de pulverizare catodică.

Ionii de argon, creați și accelerați în câmp de înaltă tensiune, smulg particule dintr-o placă țintă și le proiectează pe suprafața substratului. Tehnica tunului de electroni constă în a bombarda ținta (adeseori, din material refractar) cu electroni accelerați, formând un fascicul bine focalizat. Electronii sunt puși în libertate prin efect termoelectric, dintr-un catod încălzit (filament). Sunt apoi accelerați și dirijați pe traiectorii ce vizează ținta, prin acțiunea conjugată a unei diferențe de potențial electric și a unui câmp magnetic. În tabelul 1 se prezintă condiții și caracteristici la depunerea straturilor din aluminiu, wolfram, aliaj Ti/Ni și Al/Si.

Tabelul 1.

Depunerea →	Aluminium-DC-magnetron sputtering	Wolfram DC-Magnetron sputtering	Titanium/Nichel-Magnetron sputtering	Titan DC-Magnetron sputtering	Aluminiu/siliciu/cupru Mag. Sputt.
Condiții și caracteristici ↓					
Caracteristici:					
Grosimea	0.01...2μm	0...1μm	0...2μm	0...1 μm	0.01-0.2 μm
Mediul	Vacuum	Argon	Argon	Argon	Vacuum
Mărimea băii	1		1		1
Rata de depunere	0.051μm/min		1μm/oră		0.073μm/min
Material	Aluminiu	wolfram	Titan/nichel	Titanium	Al/Si /Cu [98:1:1]

Microstructura			Martensitică		
Presiunea	5mTorr				5mTorr
Procese colaterale	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Temperatura	27 ⁰ C	23 ⁰ C	430 ⁰ C	23 ⁰ C	27 ⁰ C
Echipamente caracteristice:					
Dimensiunile băii	100mm:1,150mm:1	100mm:9,150mm:2	100 mm	100mm:9,150mm:2	100mm:1,150mm:1
Diametrul soclului	100mm,150mm	100mm,150 mm	100 mm	100mm,150mm	100mm,150mm
Materialul de bază.	Oțel inoxidabil	Palette	Oțel inoxidabil	Palette	Oțel inoxidabil
Materialul învelișului soclului	Alumină, SiBr, silcon	Silicon	Silicon	Silocon	Alumina, silicon,
Grosimea învelișului	300...1000μm	300-600 μm	200 – 10000 μm	300...600 μm	300...1000 μm

6. CONCLUZII

Pulverizarea magnetron (Magnetron sputtering) este o tehnică de acoperire puternică și flexibilă a unei game variate de piese.

Substratul este plasat într-o cameră vacuumată cu o țintă pentru materialul de depus. Plasma este generată prin prezența în cameră unui element inert (ex.argon), iar bombardamentul cu ioni este dirijat înainte spre țintă, producând vaporizarea materialului și apoi condensare pe pereții camerei și pe substrat. Un câmp magnetic puternic (magnetron) poate fi folosit la concentrarea plasmei lângă țintă și astfel crește rata depunerii. Acoperirea se poate face cu o gamă largă de materiale cum ar fi: unele metale solide sau aliaje și o varietate de compoziții.

Bibliografie

1. **Mareș, Gh.**, *Ingineria Suprafețelor Metalice-Prelucrări Termomecanice, Termochimice, Chimice, Electrochimice și Fizice ale Stratului Superficial* Editura Universității "Transilvania" din Brașov, Cap4, 2004.
2. **Popa, Gh., Sîrghi,** *Bazele Fizicii Plasmei* Editura Universității "Alexandru Ioan Cuza", Cap.8, Iași 2000.
3. **Bill, Wilson,** *Applying Metal/Sputtering.*

Recomandat spre publicare 15.03.2006.