

DESPRE SISTEMLILE DE DEPNERE FIZICĂ DIN VAPORI – (PVD) A FILMELOR SUBȚIRI

Monica L. ENESCU, Petre ALEXANDRU

Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie Tehnologică,

e-mail: monicaenescu@unitbv.ro, alex.p@unitbv.ro

Keywords: nanotechnology, thin films, renewable energy, nanostructure materials, PVD.

Abstract. The paper synthetize some elements concerning physical vapour deposition - PVD of thin films. The thin films cells are laid in very thin and consecutive strates of atoms, molecules and ions on a suport plate. Through PVD the laid material is vaporized in vacuum without any chemical reaction. The material is mixed with a gas an then it is condense in the shape of thin film on the suport plate.

1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

În lucrarea de față se dorește a se prezenta o succintă descriere a tehnicilor fizice de depunere, pentru obținerea filmelor subțiri, cu aplicații și în domeniul panourilor solare.

Sursele de energie convenționale obținute din cărbune, petrol, gaze naturale, sunt epuizabile, iar arderea produce mari cantități de CO₂. De aceea se încearcă valorificarea surselor regenerabile de energie.

Energia solară reprezintă una din sursele de energie regenerabilă folosită la înlocuirea surselor convenționale. Datorită mișcării pământului și datorită unor factori meteorologici, energia solară la nivelul scoarței terestre este o sursă energetică dependentă de timp. În consecință, urmărindu-se ca anumite necesități de energie să fie asigurate folosind energia solară, este necesar ca instalațiile solare respective să fie dotate cu elemente corespunzătoare de stocare, acumulare a energiei.

Instalația fotovoltaică, care transformă razele solare în curent electric, se compune de regulă din mai multe module, un astfel de modul fiind compus din mai multe celule fotovoltaice. Ele se compun din straturi de material semiconductor dopat în mod diferit, de exemplu cu fosfor, arsen, bor, care au proprietatea de a transforma lumina solară direct în tensiunea electrică. Această proprietate este numită efect fotovoltaic, iar tehnica ce a preluat această denumire este fotovoltaică.

Celulele fotovoltaice sunt realizate din materiale speciale numite semiconductori, precum siliciu - care este cel mai utilizat. În esență, când lumina străbate celula, o parte din ea este absorbită de materialul semiconductor, adică energia luminii absorbite este transferată la semiconductor.

Nanotehnologia este știința care dezvoltă materiale la nivel atomic și molecular, pentru a le îmbunătăți proprietățile, în special pe cele electrice și chimice. O descoperire științifică asupra semiconductorului, care are un potențial considerabil în industria fotovoltaică, o reprezintă tehnologia filmelor subțiri. [5]

Termenul de „film subțire” vine de la metoda folosită de depunere a filmului, și nu de la grosimea filmului. Celulele de film subțire se depun în straturi foarte subțiri și consecutive de atomi, molecule sau ioni. Celulele de film subțire au multe avantaje față de filmele groase. De exemplu, filmele subțiri pot fi depuse pe substraturi flexibile de material, precum sticla sau plasticul. Substraturile flexibile devin multifuncționale datorită nanotehnologiei, oferind un set întreg de proprietăți specifice. Tehnicile de depunere cuprind metode de producere a materialelor nanostructurate. Prin aceste metode, straturi de materiale conducătoare sau neconducătoare, de grosimi diferite, sunt depuse pe un substrat. [3]

În figura 1. se prezintă o însumare a metodelor de procesare pentru diferite forme de filme, în care PVD – depunere fizică de vapori (Physical Vapour Deposition), CVD – depunere chimică de vapori (Chemical Vapour Deposition), LPFD – depunere în flamă la presiune joasă (Low Pressure Flame Deposition). [1]

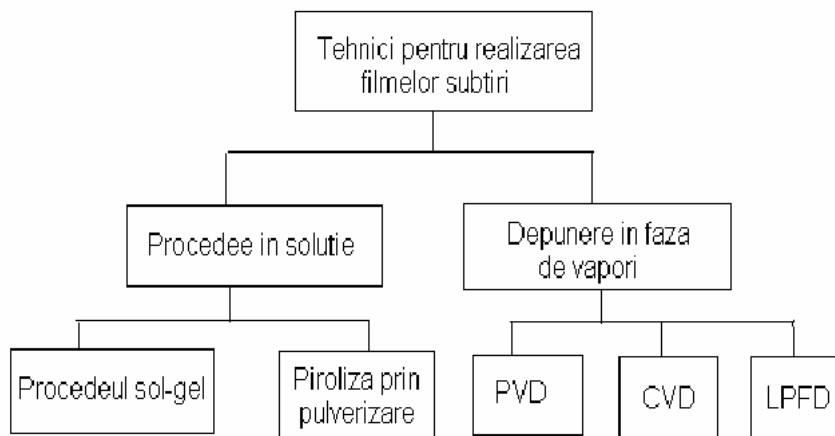


Fig. 1: Metode de procesare utilizate la obținerea filmelor subțiri.

2. TEHNICA PVD

Tehniciile PVD sunt tehnici fizice de depunere. Straturile nanostructurate, prin aceste tehnologii de depunere, permit aplicații de transformare a energiei termice în energie electrică. Deoarece celulele fotovoltaice se depun în straturi foarte subțiri, în continuare acestei lucrări se va face referire la tehnicile de depunere a filmelor subțiri.

Procesul de depunere include depunere uscată și umedă. Depunerea chimică de vapori și depunerea fizică de vapori sunt depuneri uscate.

În procesul de depunere, atomii depuși sunt legați numai prin legături moleculare datorate forțelor van der Waals. PVD este un proces de depunere a unui strat subțire, în fază de gaz, în care sursa materialului este transformată prin mijloace fizice în vid, dintr-un substrat fără nici o reacție chimică implicată. În timpul depunerii PVD, materialul care urmează să fie depus este vaporizat sau pulverizat, se amestecă cu un gaz și apoi se condensează din starea de vapori sub forma unui film subțire pe piesa.

Straturile se obțin prin condensarea pe suprafața substratului a unor specii atomice sau moleculare, aflate în fază de vapori. Procesele PVD se pot împărți după metodele de formare a vaporilor primari în: procese de vaporizare termice și procese de pulverizare cinetice. Materialul de depunere sau cel puțin componenta de bază a acestuia se află inițial în stare solidă sau lichidă. Trecerea atomilor sursă de vapori se face prin mecanisme fizice, adică prin pulverizare, prin bombardare cu particule sau evaporare. [6]

Pentru ca depunerea să se producă pe substrat, cu pierderi de material cât mai mici, este necesar ca între pereți și substrat să existe diferențe de temperatură, adică substratul să fie mai rece iar pereții să fie la temperatura sistemului. Tehnica PVD se folosește cu rezultate deosebite pentru straturi metalice cu morfologie controlată.

Depunerea PVD presupune parcurgerea următoarelor etape:

- Se pleacă de la un precursor, care este adus în stare de vapori, pe un sistem mai rece.
- Vaporii sunt transportați într-o regiune de presiune joasă, de pe sursă pe substrat.
- Vaporii sunt condensați pe substrat pentru a forma filmul subțire

În tabelul următor, se prezintă unele dintre avantajele și dezavantajele acestei tehnici de depunere:

Tabel 1.

Avantaje	Dezavantaje
Rata ridicată de depunere a filmului	Dificultăți de control a compoziției filmului
Suprafața substratului este mai puțin afectată de atomii ce influențează formarea filmului	Absența capacității de a realiza curățire in-situ pe suprafața substratului
Puritatea excelentă a filmului datorită condițiilor de vid ridicat	Pasul de acoperire este dificil de corectat

Un sistem de depunere prin PVD este prezentat în fig. 2. Sistemul permite combinarea unei varietăți de procese, inclusiv evaporare termica rezistiva, MBE, și sputtering.

Metal Beam Epitaxy (MBE) este un proces de realizare a materialelor cu componeneta semiconductoare, cu precizii ridicate si puritate. MBE este utilizata pentru studierea materialelor, precum componentele semiconductoare, tehnicile de depunere folosesc siliciu, deasemeni si metale pentru formarea filmelor nanostructurate subțiri.

În cazul siliciului, un grăunte din atomii de siliciu este direcționat către un substrat de siliciu, unde ei sunt încorporați în film cu o structura cristalină identică cu cea de sub substrat. MBE aduce performanțe la presiuni foarte scăzute, din interiorul unei camere din oțel inoxidabil (echipată cu pompe) se transferă cât mai mult aer posibil.



Fig. 2: Sistem depunere prin PVD

Camera conține mai multe cuptoare vacumetrice (numite celule revărsate sau K-celule) pentru evaporarea varietatilor de atomi sau molecule de materiale. Deasemeni conține închizători, pentru controlul on/off a fiecărui grăunte, și a substratului închis pe care este depus materialul cristalin. Substratul este rotit pentru a se asigura ca materialul sa fie distribuit uniform, pe cat de mult este posibil.

Schema unei diagrame a procesului MBE este prezentata in fig. 3.

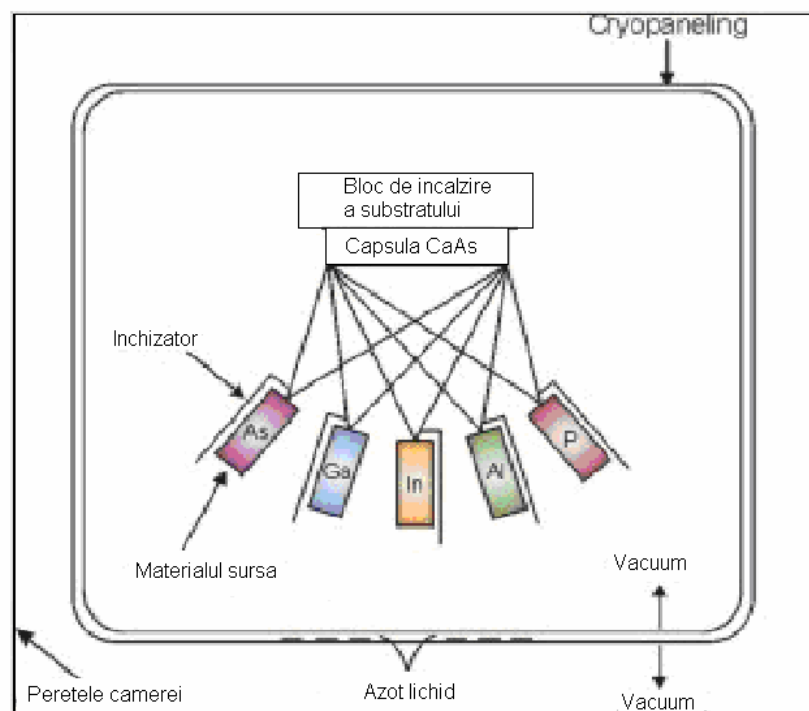


Fig. 3: Reprezentarea unui proces MBE

Sputtering este o altă tehnică fizică, în care materialul este obținut din sursă la o temperatură mult mai scăzută decât cea a evaporării. Substratul este plasat în camera de vid cu materialul sursă, numit țintă, iar un gaz inert este introdus la o presiune scăzută. Plasma gaz este rezultată din folosirea unei puteri sursă RF, care determină ca gazul să devină ionizat. Ioni sunt accelerați aproape de suprafața țintei, determinând ca atomii materialului sursă să se desfacă de pe țintă în stare de vapori și să se condenseze pe toată suprafața, inclusiv pe substrat. Pentru evaporare, principiul de bază al sputtering este asemănător cu toate tehnicile sputtering. Diferențele tipice sunt date de faptul că bombardamentul ionilor pe țintă este deja realizat. O diagramă schematizată a unui sistem RF sputtering este prezentat în fig. 4.

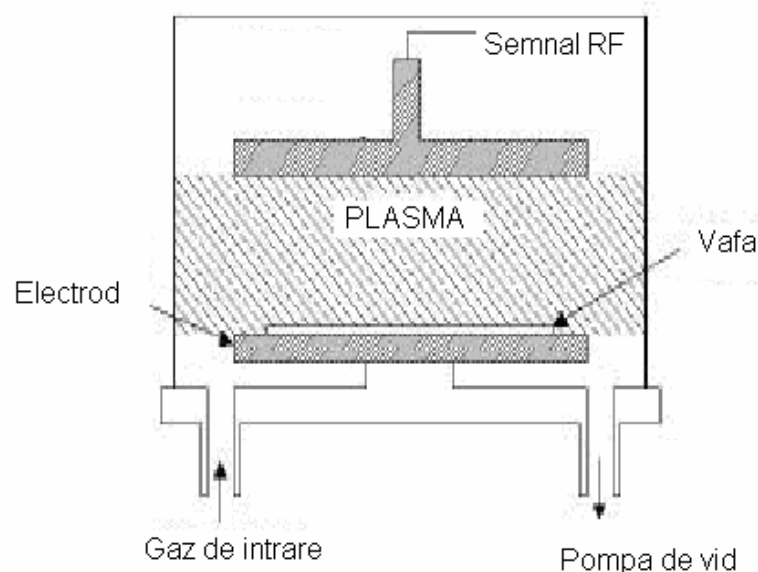


Fig. 4: Sistem RF sputtering tipizat

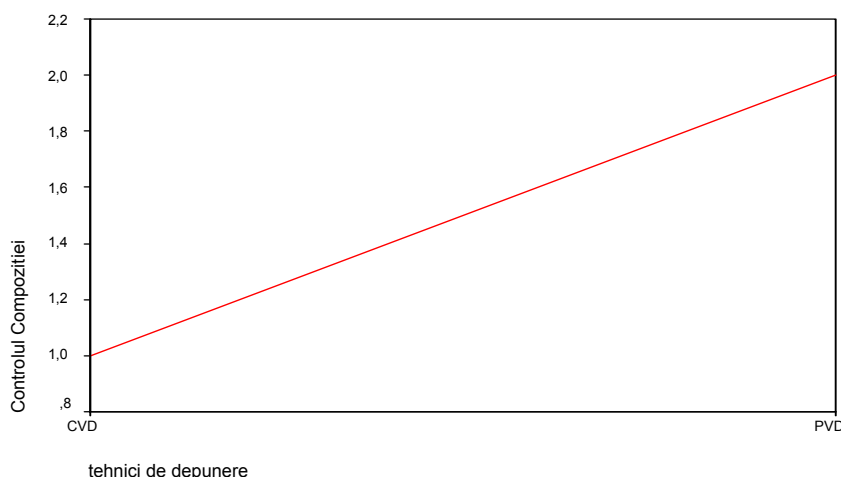
RF sputtering (current alternative de înaltă frecvență), se lucrează în pulsuri de perioade mici, μs – ns. Depunerea se face în secvențe: creare jet – realizare film – pauză și ciclul se repetă.

Tehnicile fizice, precum PVD, MBE și sputtering, cauzează probleme cu materialele prime și structura acestora. Sputtering poate aduce impurități, uniformități sau defecte pe substrat.

3. CONCLUZII

Utilizând programul de statistică SPSS, [1] și ținând cont de următoarele caracteristici: controlul grosimii filmului, controlul compoziției și controlul de contaminare, pentru tehnicile CVD, PVD, LPCVD, MOCVD și PECVD, datele sunt culese din bibliografia [6], au rezultat următoarele grafice:

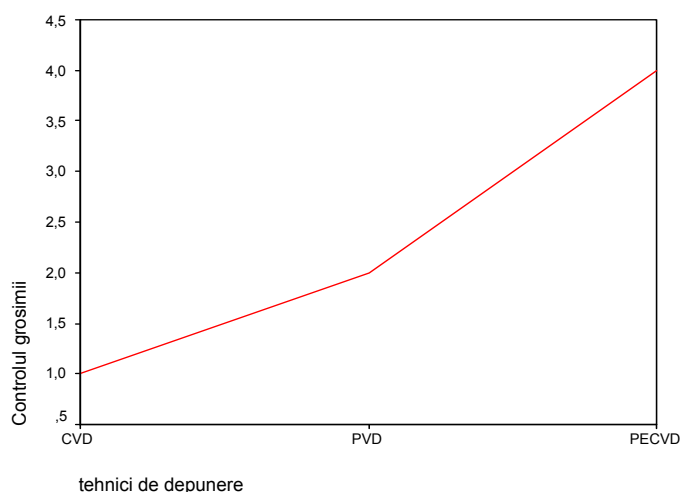
 Grafic 1 – controlul compoziției în tehnicile de depunere CVD, PVD



Grafic 1. Dependență tehnici – control compoziție

Interpretare grafic 1: În studiul realizat, s-a dovedit că tehnica PVD are o ascensiune față de tehnica CVD, în ceea ce privește controlul compoziției filmului depus. Se poate spune că tehnica PVD are rezultate mai bune permițând un control mai eficient.

 Grafic 2 – controlul grosimii



Grafic 2. Dependență tehnici – control grosime

Interpretare grafic 2: În acest grafic, s-a prezentat corelația dintre tehnicile CVD, PVD, și PECVD cu controlul grosimii acestora, care concludă faptul că tehnica CVD depinde de curgerea gazului, temperatură și timp, iar în cazul tehnicilor PVD și PECVD controlul grosimii este foarte bun.

4. BIBLIOGRAFIE

- [1] Coman, C., Medianu, N. (2003) Statistică socială. Teorie și aplicații. Brașov, Informarket
- [2] Gurlo et al., A. (1998) In_2O_3 and $\text{MoO}_3 - \text{In}_2\text{O}_3$ thin film semiconductor sensors.
- [3] Muller, R. S. (1999) Handbook of Micro/Nano Tribology, CRC Press LLC
- [4] Vossen, J. L., Kern, W. (1978) Thin Film Processes, Academic Press, New York
- [5] Taniguchi, N. (1995) Nanotehnologie – Sisteme de procesare integrată pentru produse ultrafine și de ultraprecizie. Tokyo.
- [6] * http://cedb.postech.ac.kr/~lamp/eng/research_cvd.php