

Méthodes de dépôt des couches minces

Il existe différentes techniques de dépôt de couches minces. Elles peuvent être divisées en deux catégories basées sur la nature du processus qui est soit physique ou chimique. Parmi les méthodes physiques on peut citer: le dépôt à vapeur physique dit "PVD" (Physical Vapor Deposition), l'ablation laser, et la pulvérisation Cathodique "Sputtering". Les méthodes chimiques incluent, les méthodes à dépôt en phase gazeuse et les techniques à solution. Les méthodes en phase gazeuse sont le dépôt à vapeur chimique (Chemical Vapor Deposition CVD), tandis que les méthodes de sol-gel, spin-coating et dipcoating emploient des solutions comme précurseurs.

Remarque : Les méthodes de dépôt physiques sont en général utilisées en recherche, alors que les méthodes chimiques sont privilégiées en industrie, pour leur rendement accru et la qualité des films obtenus.

1. Dépôt chimique de la phase vapeur (CVD)

(Chemical Vapor Deposition, dépôt chimique en phase vapeur) Méthode de préparation de couches minces par dépôt en phase vapeur formé par réaction chimique à partir d'un milieu gazeux de composition différente.

1.1.Principe de CVD

Le procédé de dépôt chimique en phase vapeur consiste à mettre un composé volatil du matériau à déposer en contact, soit avec un autre gaz au voisinage de la surface du substrat, soit avec la surface elle-même. Une ou plusieurs réactions chimiques sont provoquées pour donner un produit solide non volatil à déposer sur un substrat placé de manière appropriée. Les autres produits de la réaction doivent être gazeux afin d'être éliminés hors du réacteur. Les dépôts se font à pression variable et nécessitent un apport énergétique pour favoriser ces réactions.

1.2. Principales réactions dans le processus CVD

a. Pyrolyse

Décomposition thermique d'espèces gazeuses sur des substrats chauds.



b. Réduction

Utilisez de l'hydrogène gazeux pour réduire les halogénures, les halogénures de carbonyles et les oxyhalogénures.



c. Oxydation

Utilisation d'oxygène gazeux pour produire des oxydes



d. Formation de composé



1.3. Avantages du CVD

- Production de films uniformes avec une bonne reproductibilité et adhérence à des taux de dépôts raisonnablement élevés.
- Il a la capacité de contrôler la structure cristalline, la morphologie de surface par des paramètres de processus.
- Polyvalent: tout élément ou composé pur peut être déposé. Couvre 70% de la table des éléments.
- Pureté et densité : près de 100% de valeurs théoriques réalisables.

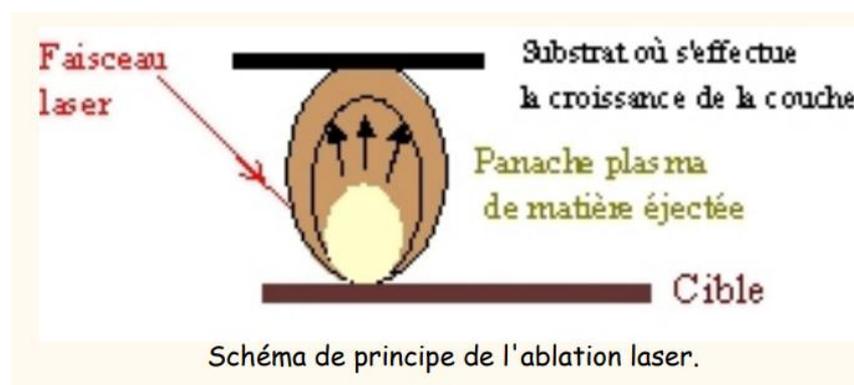
- Formation du matériaux bien en dessous du point de fusion (SiC de 2700 °C peut être déposé en dessous de 1050°C).
- Production économique, car de nombreuses pièces peuvent être revêtues en même temps.

2. Ablation laser

L'**ablation laser pulsé** (en anglais *Pulsed Laser Deposition* ou *PLD*) est une méthode de dépôt en couches minces utilisant un laser de très forte puissance.

2.1. Principe

L'ablation laser pulsé (PLD pour Pulsed Laser Deposition) est une méthode physique de dépôt en couches minces. La PLD consiste à focaliser un laser UV haute énergie sur une cible composée du matériau que l'on souhaite déposer sous la forme de film mince. L'absorption de ce faisceau laser par la cible va permettre d'ioniser les atomes de surface. Ces derniers vont alors venir se condenser sur un substrat monocristallin positionné en face de la cible. Ces dépôts sont réalisés dans une enceinte sous atmosphère contrôlée. Les films minces peuvent donc être élaborés sous vide poussé ou bien sous une pression partielle de gaz réactifs ou inertes.



2.2. Avantages et Inconvénients de l'ablation laser (PLD)

- Autorise un contrôle très précis des conditions d'utilisation. Elle peut prendre place sous ultravide ou atmosphère contrôlée, autorisant ainsi un contrôle précis de la stoechiométrie de dépôt.
- Présente peu de limites sur les substrats employables étant donnée l'énergie des espèces chimiques ablatées et les conditions de dépôt.
- En revanche, elle présente l'inconvénient d'être très directive, ce qui limite les dimensions des dépôts et la vitesse de dépôt.

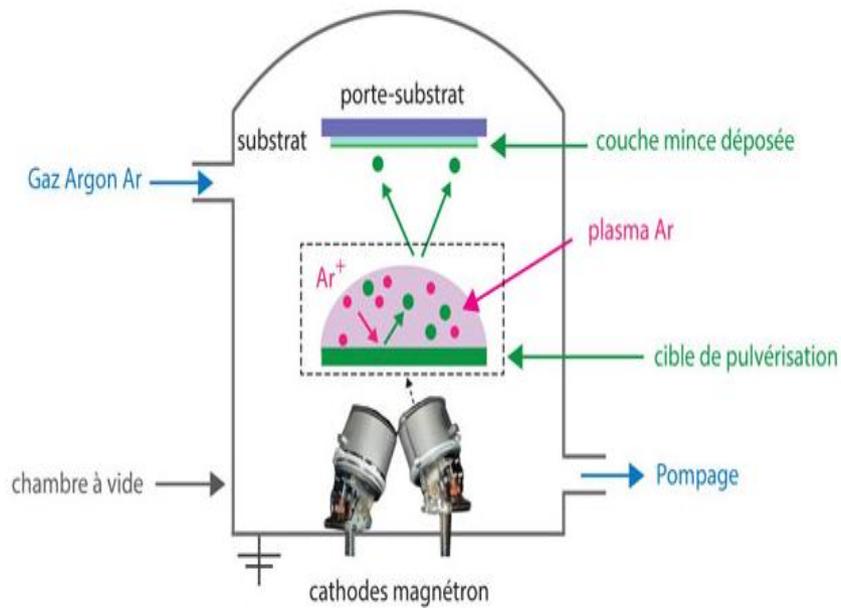
3. Pulvérisation Cathodique

C'est une technique de dépôt de couches minces qui permet la synthèse de plusieurs matériaux par application d'une ddp entre la cible et les parois du réacteur.

Remarque: Cette technique a été développée initialement pour déposer des couches minces métalliques difficiles à évaporer.

3.1. Principe du dépôt par sputtering

- Injection du gaz plasmagène (généralement Ar) à faible pression;
- Création du plasma par application d'une ddp (DC ou RF);
- Ionisation des atomes du gaz plasmagène (Ar+);
- Accélération des ions du gaz par la ddp appliquée;
- Bombardement des atomes de la cible par les ions accélérés;
- Dépôt des atomes arrachés de la cible sur le substrat.



3.2. Avantages liés à cette technique

- Procédés basse température ;
- Possibilité de pulvériser relativement facilement des matériaux possédant de très hauts points de fusion;
- Composition de la couche proche de celle de la cible servant de source de matériau;
- Bonne adhérence des couches développées et bonne couverture des marches;
- Large gamme de revêtements métalliques et céramiques possibles;
- Accroissement de la densité des couches en croissance;
- Elimination des impuretés et des espèces non suffisamment adhérentes.

3.3. Inconvénients de la technique

- Contrôle de croissance en couche par couche difficile ;
- Vitesse de croissance limitée;
- Dégradation possible pour les substrats les plus sensibles.