

ELABORATIONS DE COUCHES MINCES

But de la manipulation

Il consiste à déposer des couches minces sur des substrats (verre, acier et Si) par évaporation thermique. Nous utiliserons un équipement de marque BALZERS.

I-Rappels théorique

1- Définition d'une couche mince

Une couche mince est une fine pellicule d'un matériau déposé sur un support appelé « substrat » dont l'épaisseur est inférieure à $(1 \text{ à } 2) \mu\text{m}$ (ce sont des couches de 10...100 nanomètres). Cette faible distance entre les deux surfaces limites entraîne une perturbation des propriétés physiques.

La différence entre un matériau à l'état massif on néglige le rôle des limites dans les propriétés ; tandis que dans une couche mince ce sont au contraire les effets liés aux surfaces limites qui sont prépondérants.

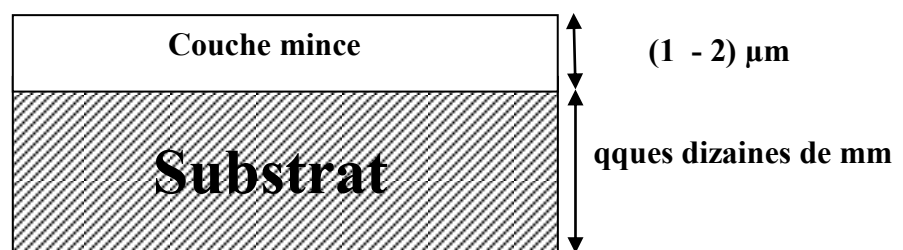


Figure 1 : Définition d'une couche mince

2- Applications des couches minces

Au cours de ces dernières décennies les applications plus pointues des couches minces se sont diversifiées dans les domaines suivants : la décoration, la défense, l'énergie photovoltaïque, l'essai mécanique, l'horlogerie, le médical, la microélectronique, l'optique et

la rénovation des bâtis. Cette « r »-évolution va s'amplifier dans les années à venir et tend à devenir une technologie incontournable dans tous les secteurs.

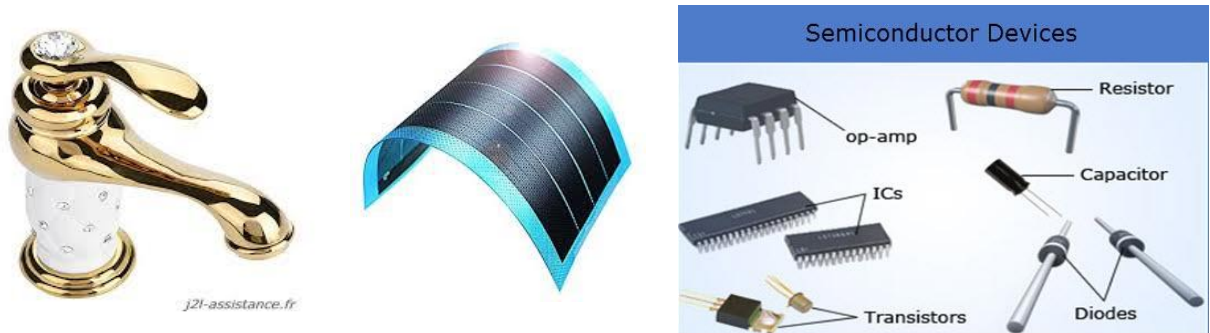


Figure 2 : Domaines d'applications des couches minces

II- Montage expérimental

L'unité est composée de trois compartiments : Enceinte d'élaboration, système de pompage et commandes électriques.

a- Enceinte à vide

Cette enceinte (sous forme de cloche) est fabriquée soit en acier inoxydable ou en verre, refroidie par un serpentin ou circule de l'eau en plus de deux hublots afin de mieux contrôler les dépôts. L'enceinte à vide contient les éléments suivants :

- les nacelles



Creuset et nacelles

- le porte substrats
- le cache mobile
- Les électrodes en cuivre

- une balance à quartz
- un système d'évaporation flash
- un glow discharge

Elle comporte également divers passage à vide étanche avec le groupe de pompage et les jauges de pression.

b- Système de pompage

Le groupe de pompage est composé de deux types de pompes. Une pompe à palette primaire (figure 3) et une autre secondaire à diffusion d'huile (jet d'huile) (Figure 4) permettant d'atteindre un vide de l'ordre de 10^{-6} torrs. Le principe de fonctionnement de ces deux pompes est décrit au cours.

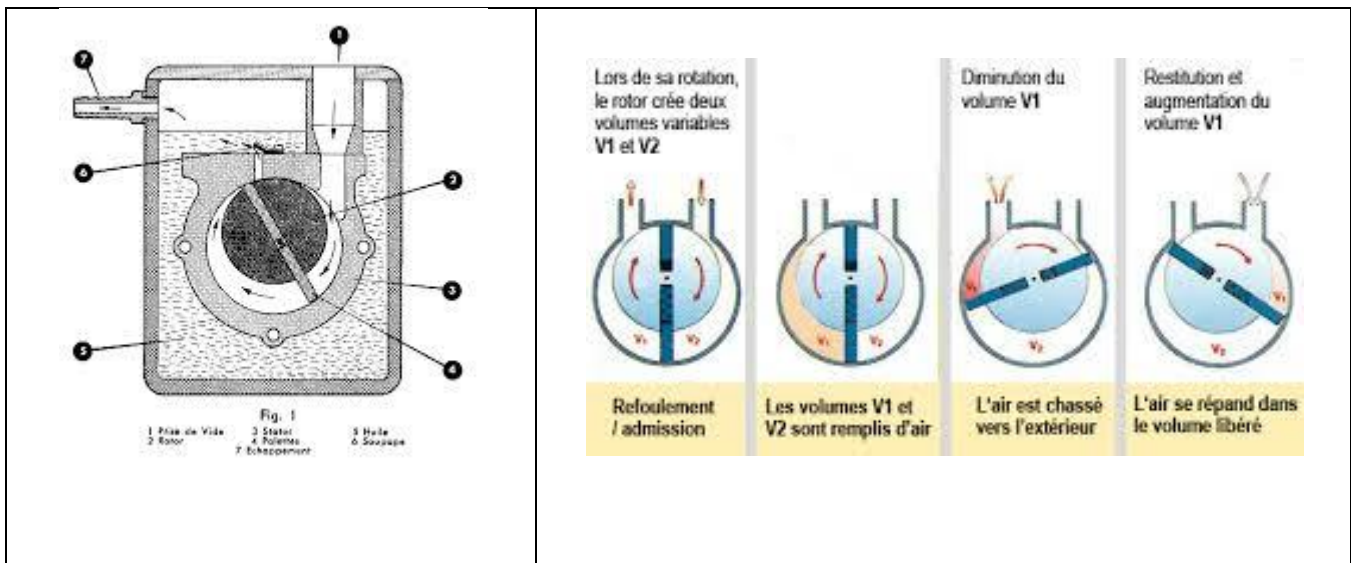


Figure 3 : Coupe transversale d'une pompe à palettes

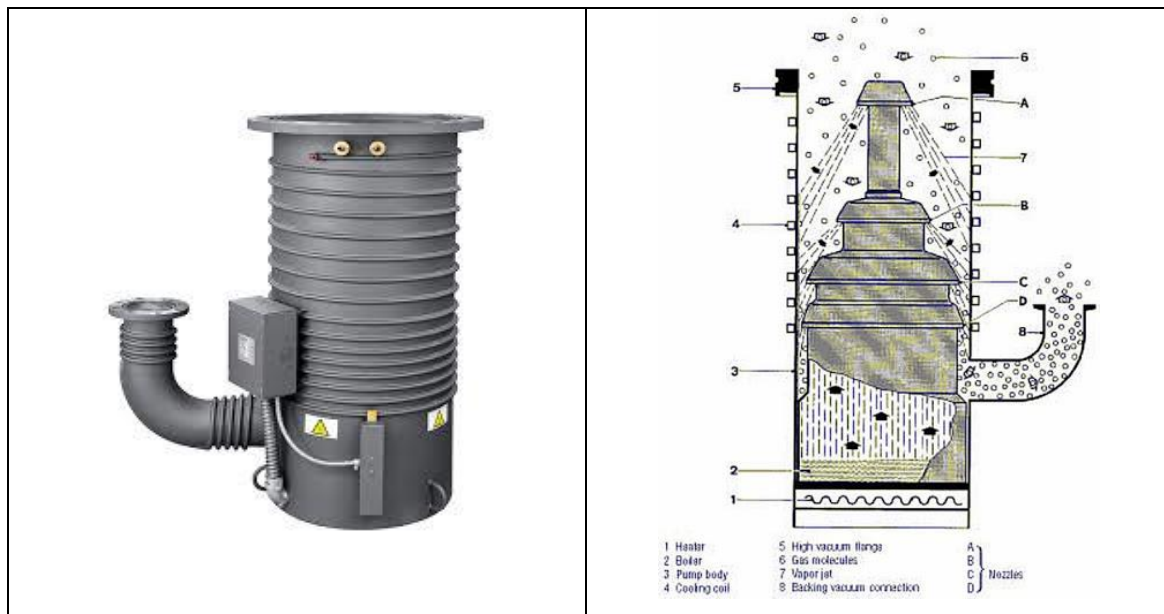


Figure 4: Pompe à diffusion d'huile et son principe de fonctionnement

La mesure du vide primaire et secondaire se fait grâce aux jauges qui sont branchées via les conduits en acier inoxydable. Il existe plusieurs types de jauges qui sont répartis selon le niveau du vide mesuré.

Mécanique : Bourdon, capsule anéroïde, capacitance, de contrainte

Électrique : thermocouple, Pirani, Penning, Bayard –Alpert.....



Figure 5 : Conduit et jauges de mesure du vide primaire et secondaire

Les éléments faisant partie d'une installation à vide sont, en plus des pompes et des jauges (manomètres), des pièces de jonction, raccords, brides, joints toriques et pièces de séparation (en acier inoxydable, verre, quartz, céramique et caoutchouc...).

c- Commandes électriques

Toutes les opérations effectuées à savoir, groupe de pompage (vide : primaire, secondaire ouverture et fermeture des vannes, chauffage de la pompe à diffusion d'huile), chauffage des creusets (courant et tension) mesure des épaisseurs et vitesse de dépôt sont commandées automatiquement.

2- Procédure expérimentale d'élaboration de couches minces

2-a-Marche à suivre pour faire démarrer l'unité d'évaporation (Balzers):

La première opération à vérifier est le débit d'eau ainsi que l'air comprimé.). Le vide, et le chauffage des creusets se font par l'intermédiaire de deux commandes, dont on prendra connaissance sur place.



Figure 6: L'unité d'évaporation de marque Balzers

On procède comme suit :

- a) Faire le vide dans la pompe à diffusion jusque vers 10^{-2} Torr.
- b) Enclencher la pompe à diffusion en laissant la pompe à palette en fonctionnement "derrière" la pompe à diffusion. La pompe à palette sert au dégazage de l'huile. Au bout de 15 min. env., la pompe atteint sa température de fonctionnement.
- c) Préparation des supports de dépositions (substrats) :
 - utiliser des gans et des pincettes pour manipuler les substrats.
 - couper les substrats dans des dimensions étudiées.
 - nettoyage mécanique et chimique suivant une recette appropriée.
 - placer les substrats dans leurs endroits.
 - charger le matériau à évaporer dans la nacelle (creuset). On utilise souvent des creuset en tungstène.
- d) Vider l'enceinte jusque vers 10^{-2} Torr au moyen de la pompe à palette. Si la pression dans la pompe à diffusion est toujours de 10^{-2} Torr, alors on peut ouvrir la vanne à plateau (vanne secondaire) et la pression diminue rapidement de 10^{-2} Torr vers 10^{-4} Torr.
- e) A partir de 10^{-2} Torr, enclencher la jauge PENNING.
- f) Il faut attendre un vide de $2 \cdot 10^{-6}$ Torr dans l'enceinte ; pour commencer à appliquer un courant continu entre les électrodes ou est branché un creuset contenant le matériau à évaporer.

Remarque : L'huile chaude d'une pompe à diffusion ne doit jamais être en contact avec une atmosphère à pression plus élevée que 10^{-2} Torr.

2-b- Principe de la méthode

Le principe de dépôt des couches minces par évaporation thermique consiste à évaporer, dans une enceinte sous vide secondaire, le matériau à déposer, en le chauffant à une température élevée pour qu'il s'évapore (Figure 7). Le chauffage de la source (creuset) à effet Joule est assuré par des alimentations continues afin de contrôler précisément la vitesse ainsi que l'épaisseur du mince. En effet, lorsque le matériau à déposer reçoit une énergie suffisante, les atomes de l'évaporant vibrent de plus en plus fort. Ce qui permettra dans une

première étape à ce matériau de passer de l'état solide à l'état liquide. Quand l'énergie de vibration des atomes atteint une valeur plus grande que leur énergie de liaison, le liquide s'évapore. Les atomes se condensent sur les substrats en formant une couche mince. Une balance à quartz est branchée en parallèle du porte substrat mesure la vitesse et les épaisseurs déposées.

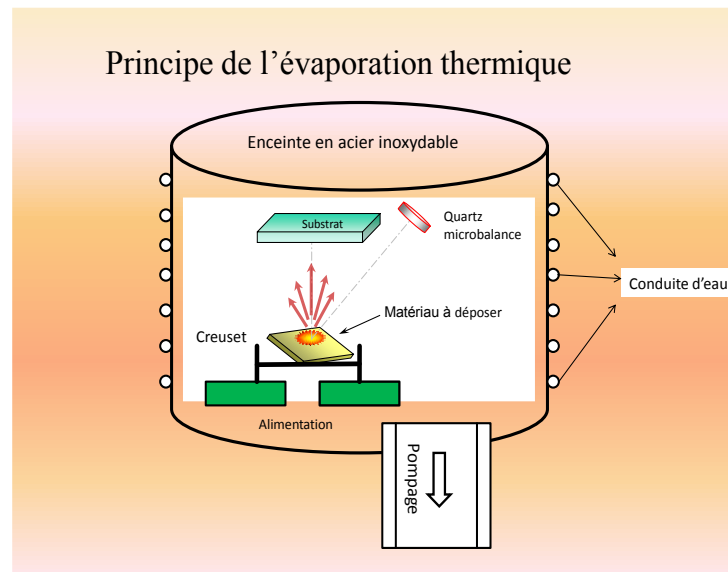


Figure 7: Principe de l'évaporation thermique sous vide