

### Description de la technique de dépôt ionique

Le dispositif expérimental le plus simple est schématisé sur la figure 1. Le corps à déposer est évaporé dans la nacelle N chauffée par effet Joule. Les substrats S sont disposés sous l'électrode C appelée cathode, polarisée négativement par rapport au reste de l'enceinte reliée à la masse. L'introduction d'un gaz permet de faire remonter la pression dans l'enceinte et d'amorcer une décharge électrique entre la cathode porte-substrats et le reste de l'enceinte. Si l'on veut réaliser le dépôt d'un métal, le gaz utilisé est de l'argon. Si l'on veut obtenir un dépôt d'un matériau composé, on introduit le ou les gaz correspondant à ce matériau.

A titre d'exemple : pour obtenir du nitrure de titane (TiN), le titane est évaporé en présence d'une décharge réalisée dans l'azote ou dans un mélange argon-azote. La présence de la décharge électrique et celle d'un gaz à pression réduite ( $p \approx 6 \times 10^{-2}$  à 6 Pa suivant les dispositifs) donnent naissance à un certain nombre de phénomènes qui permettent d'améliorer considérablement la qualité des dépôts.

Pour amorcer la décharge il faut maintenir dans l'enceinte une pression de l'ordre de 2 Pa. Dans ces conditions le libre parcours moyen des atomes évaporés est inférieur à 5 mm. Ceux-ci diffusent à travers le gaz support de la décharge, dans toutes les directions, et arrivent sur le substrat suivant une incidence quelconque. Ceci permet d'obtenir un dépôt sur tout le substrat quelle que soit sa forme géométrique.

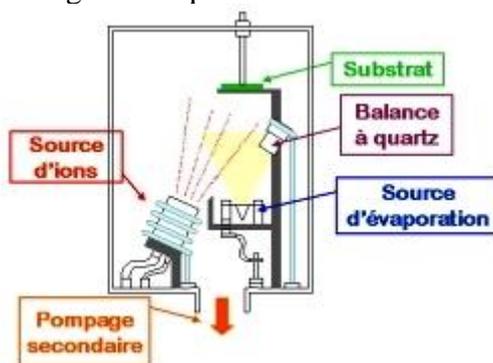


Fig.1. Installation de dépôt ionique

### Caractéristiques des dépôts

#### Adhérence des dépôts

L'adhérence est en général excellente, et elle est supérieure à celle que l'on peut obtenir par les autres techniques quel que soit le couple dépôt-substrat. Ceci est dû :

- à la préparation de la surface du substrat avant dépôt ;
- à la formation d'une interface dépôt-substrat où se mélangent le matériau constituant le substrat et celui du dépôt.

#### Préparation de la surface avant dépôt

L'état de surface du substrat avant le dépôt joue un rôle fondamental sur l'adhérence de ce dernier. Ceci explique les nombreux procédés de nettoyage ou d'activation chimiques du substrat avant la réalisation du dépôt dans les méthodes classiques (polissage mécanique jusqu'à l'obtention d'une surface miroir, polissage électrolytique, décapage chimique par ultrasons etc.). Ces techniques, permettent d'améliorer l'adhérence. Ces procédés s'effectuent en général, à l'air libre, en dehors de l'enceinte où a lieu le dépôt.

Le nettoyage chimique permet d'éliminer les contaminations organiques telles que les poussières, les graisses, les résines, vapeur d'eau et les oxydes qui se trouvent sur la surface du substrat. Il s'opère sur deux bains de solvants organiques activés sous ultra-sons sur une durée qui dépend de l'état du substrat. Le premier nettoyage est généralement réalisé dans un bain d'acétone et le second dans un bain d'éthanol pur. Le substrat a alors le temps de se polluer à nouveau, entre la phase nettoyage et la phase dépôt. Dans la technique des dépôts ioniques, ce phénomène peut être évité en opérant de la manière suivante : avant

d'entreprendre l'évaporation on amorce une décharge électrique dans un gaz, neutre en général (ex: Argon). Les ions créés dans cette décharge pulvérisent le substrat ce qui permet de le débarrasser de ses impuretés de surface (contaminations organiques). En commençant ensuite l'évaporation tout en maintenant la décharge, on peut réaliser un dépôt sur une surface parfaitement propre.

Avant dépôt, le décapage par bombardement ionique in situ est une étape indispensable qui permet de nettoyer d'avantage le substrat par des ions de gaz neutre pour éliminer tout ce qui persiste après le nettoyage chimique et donne des surfaces très propres et très lisses. Le plus souvent, le nettoyage des surfaces métalliques se fait par un plasma d'argon ou d'hydrogène.

#### Mécanismes physiques de formation d'une couche mince

La formation des couches minces par dépôt physique en phase vapeur est le résultat de la condensation des particules éjectées de la cible sur le substrat. Elle s'effectue par une combinaison de processus de nucléation et de croissance décrits par la figure 2.

Au moment de l'impact sur le substrat, les atomes incidents perdent leurs énergies cinétiques limitant ainsi leur capacité à diffuser dans le substrat. Ceci n'est vrai que s'il n'y a pas une énergie extérieure apportée à ces particules par chauffage du substrat ou bombardement ionique. Comme ils sont d'abord adsorbés, ils sont connus sous le nom d'adatoms.

Ces derniers se déplacent sur la surface jusqu'à atteindre l'équilibre thermique avec le substrat.

Pendant leur déplacement, les adatoms interagissent entre eux; créant ainsi des nucleus appelés aussi «clusters» ou îlots qui poursuivent leur déplacement en se développant et en entrant en collision les uns avec les autres. Les îlots continuent à croître en nombre et en dimension jusqu'à ce que l'on atteigne une densité de nucléation dite la saturation [1].

Les îlots continuent à croître en nombre et en dimension jusqu'à ce que l'on atteigne une densité de nucléation dite la saturation. L'étape suivante du processus de formation de la couche mince s'appelle la coalescence. Les îlots commencent à s'agglomérer les uns aux autres en réduisant la surface du substrat non recouverte. La coalescence peut être accélérée en augmentant la mobilité des espèces adsorbées, par exemple en augmentant la température du substrat. Pendant cette étape, de nouveaux îlots peuvent être formés sur des surfaces libérées par le rapprochement d'îlots plus anciens. Les îlots deviennent des îles qui continuent à croître, ne laissant que des trous ou des canaux de faibles dimensions entre elles. Peu à peu, une couche continue se forme lorsque les trous et les canaux se remplissent.

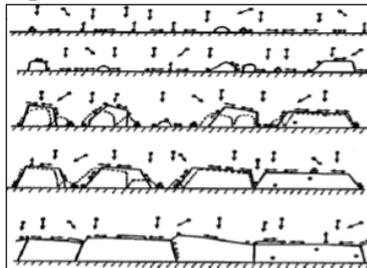


Fig.2. Processus de croissance de couches :  
nucléation, croissance des îlots, coalescence des îles [1].

#### Bibliographie

[1]. [www.institut-numerique.org](http://www.institut-numerique.org). Chapitre I. Généralités sur les revêtements PVD, [korvustech.com](http://korvustech.com) 2013, Thin Film Sputtering Systems - Sputtering, E-Beam, OLED