

Introduction

La microélectronique, donc les dispositifs semi-conducteurs, sont présents dans notre quotidien sous forme de puces dans nos ordinateurs, décodeurs, téléphones Nous demandons à tous ces objets d'avoir toujours plus de fonctionnalités, d'être plus miniaturisés, plus légers, plus fiables, performants, moins chers... Pour cela, les technologues conçoivent des circuits intégrés de plus en plus complexes et de plus en plus petits. A chaque nouvelle technologie, ces dimensions verticales et horizontales sont réduites pour que la surface d'un circuit donné soit beaucoup plus réduite de la technologie précédente. Le passage à une nouvelle technologie nécessite toujours plus de contrôle des procédés de fabrication.

II.1. Techniques d'élaboration des couches minces

Les techniques permettant de produire des matériaux en couches minces sont très nombreuses. L'histoire des systèmes et de la technologie de dépôt de matériaux en couches minces a beaucoup évolué depuis les années soixante. Cela peut s'expliquer par la croissance de la demande industrielle de matériaux en couches minces. Parallèlement, à la variété des méthodes de dépôt, la nature des matériaux produits en couches minces ne fait que se multiplier : isolants, semi-conducteurs, carbures, polymères, supraconducteurs, leurs applications s'étendant sur plusieurs disciplines : microélectronique, optique, mécanique, chimie biomédical. En plus, le développement d'un grand nombre de techniques d'analyse des surfaces, le contrôle de plus en plus précis des paramètres intervenant sur le dépôt et une meilleure compréhension des processus de croissance des matériaux en couches minces a favorisé le développement industriel de ces matériaux. Nous citons, ci-dessous, les techniques les plus connues [10- 11]:

II.2. dépôt de couche mince

II.2.1. couches minces

Le dépôt de couche mince est une technique qui permet de déposer une couche mince de matériau sur un substrat ou sur des couches déposées antérieurement. Le terme « mince » est relatif, mais la plupart des techniques de dépôts permettent d'atteindre une épaisseur de couche de quelques dizaines de nanomètres. Certains, comme l'épitaxie par jet moléculaire, permettent de déposer une seule couche atomique à la fois.

Cette technique est utile dans la fabrication optique (pour des revêtements réfléchissants ou antireflet, par exemple), l'électronique (couches d'isolants, de semi-conducteurs et de conducteurs des circuits intégrés), l'emballage (feuilles de PET recouvertes d'aluminium), et l'art contemporain. Des processus similaires sont parfois utilisés quand l'épaisseur n'est pas critique.

On appelle couche mince un matériau dont l'une des dimensions, en général l'épaisseur, est très petite devant les deux autres dimensions. Cette faible distance entre les deux surfaces limites du matériau entraîne une perturbation des propriétés physique selon cette dimension [12].

L'intérêt des couches minces provient de la particularité des propriétés physicochimiques acquise par le matériau selon cette direction. C'est pourquoi les couches minces jouent un rôle de plus en plus important en nanotechnologie. Pour ne rien gâcher, elles représentent un enjeu économique et cela est du au fait de la relative simplicité des techniques de leur mise en oeuvre, donc du faible coût de leur élaboration. De nos jours, une grande variété de matériau est utilisée pour produire des couches minces. A titre d'exemples, nous pouvons citer : les métaux, les alliages métalliques, les composés réfractaires (oxydes, nitrures, carbures,...), les composés intermétallique et les polymères. Les applications des couches minces connaissent un développement de plus en plus accéléré, et notamment ces deux dernières décennies.

Synthèses classiques des couches minces

Les méthodes d'élaborations des couches minces sont nombreuses et variées. Après une brève description de ces techniques, nous présentons de manière assez détaillée la dernière voie développée, à savoir la méthode Sol-Gel. Le choix d'une technique particulière de synthèse dépend de plusieurs facteurs [13]. Nous citons en autres : le matériau à déposer, la nature du substrat et l'application désirée.

Deux grandes familles regroupent l'essentiel des techniques de dépôt en phase vapeur:

- Le dépôt physique en phase vapeur PVD.
- Le dépôt chimique en phase vapeur CVD

La classification des différentes techniques est présentée sur la Figure 2.1.

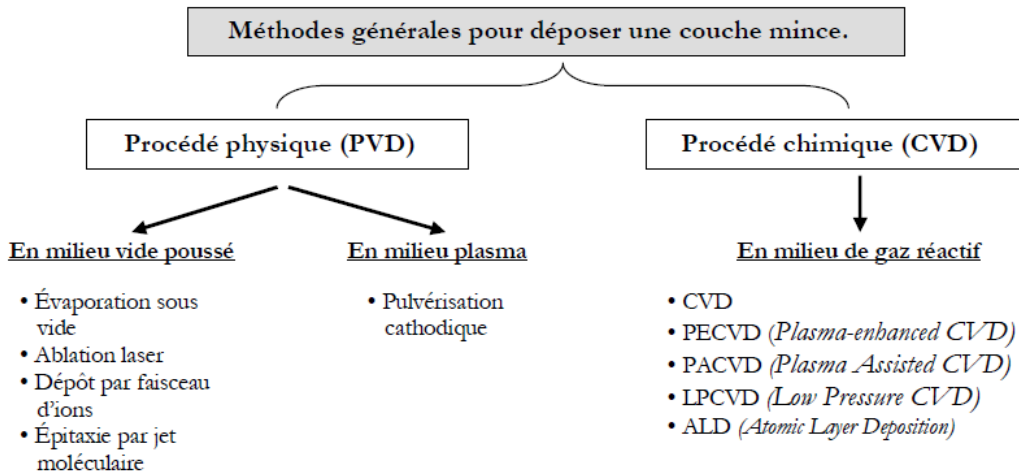


Figure 2.1: Méthodes générales de dépôt de couches minces en phase vapeur sous vide

Toutes les couches minces actives des micros batteries sont élaborées par des techniques de dépôt physique en phase vapeur dans une enceinte sous vide. Le lithium est déposé par évaporation thermique, c'est-à-dire que du lithium métallique est chauffé dans un creuset et les vapeurs ainsi formées se condensent sur le substrat placé en vis-à-vis. Les autres couches sont élaborées par pulvérisation cathodique[14].

II.3. Pulvérisation cathodique

La pulvérisation cathodique (sputtering) est une méthode de dépôt de couche mince. Il s'agit d'une technique qui autorise la synthèse de plusieurs matériaux à partir de la condensation d'une vapeur métallique issue d'une source solide (cible) sur un substrat.

II.3.1. Interaction ion-surface

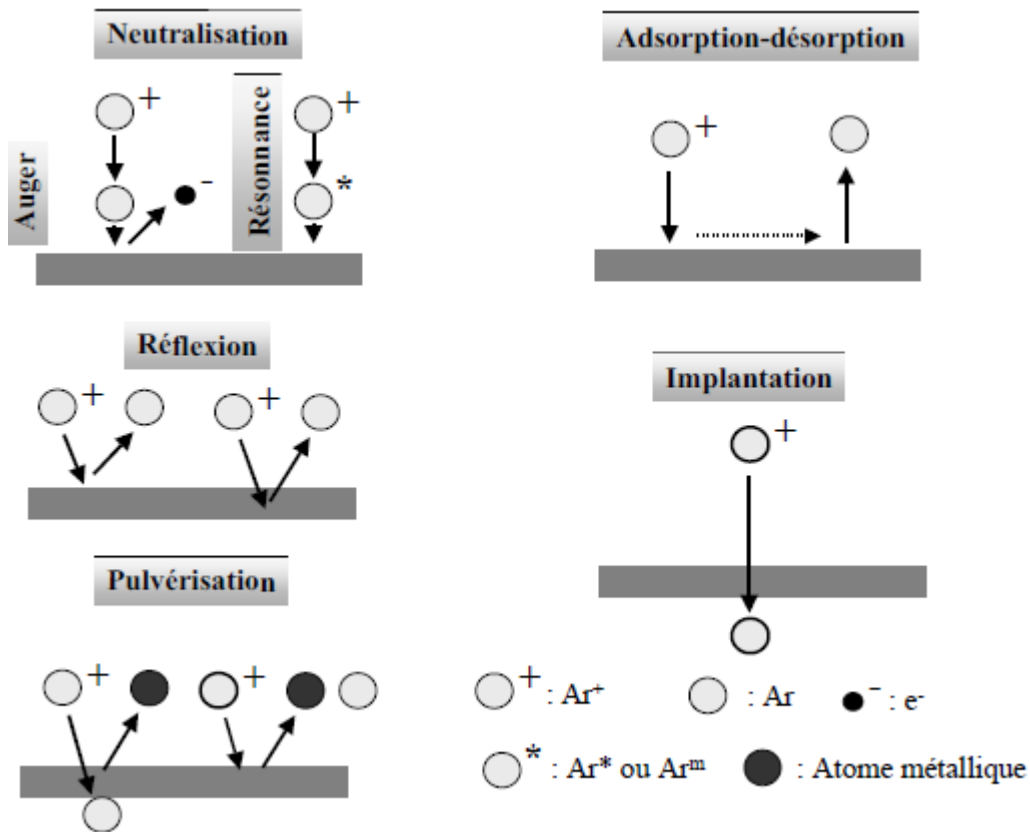


Figure 2. 2 : Phénomènes d'interaction ions-cible

L'interaction d'un ion avec une surface engendre de nombreuses réactions (figure 2.2) :

- Pulvérisation de particules neutres;
- Ejection d'un électron secondaire;
- Implantation d'ions incidents;
- Réflexion ou rétrodiffusion des ions incidents neutralisés dans le processus;
- Réarrangement structural du matériau cible.

La pulvérisation physique (éjection d'un atome ou d'un groupement d'atomes) peut se faire suivant trois phénomènes (figure 2.3):

- Le régime de simple collision;
- Le régime de cascade linéaire de collisions;
- Le régime de pointes thermiques.

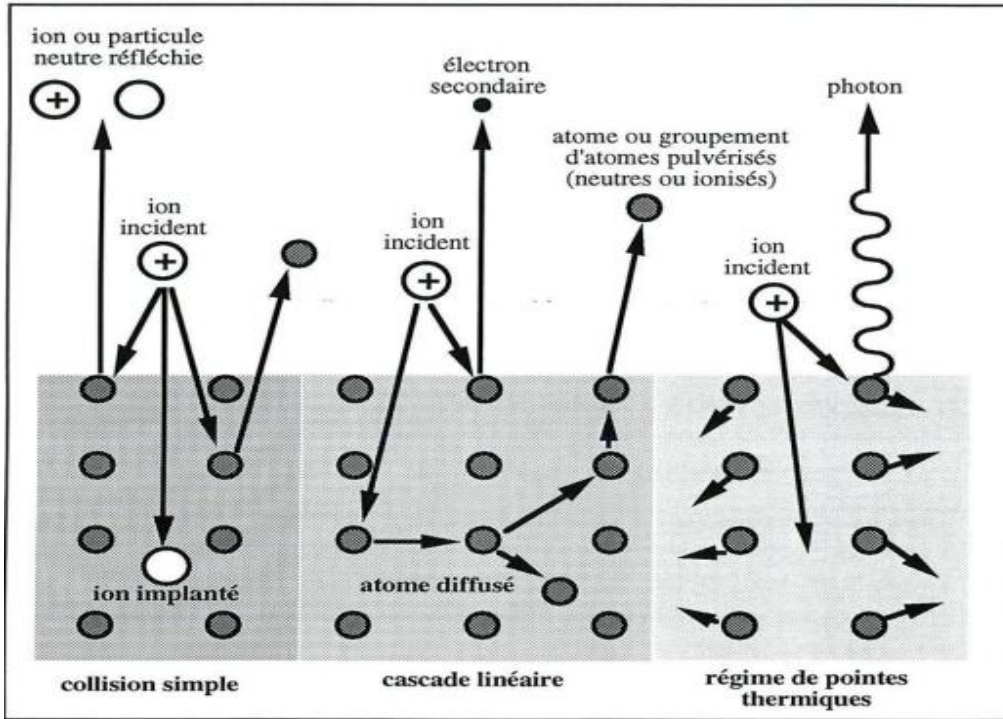


Figure 2.3 Représentation schématique de l'interaction ion-surface et des mécanismes de Pulvérisation

Les différents mécanismes de pulvérisation en fonction de l'énergie des ions incidents sont schématisés dans la figure 2.3 [15]. Lorsque l'énergie des ions est inférieure à 100 eV, l'énergie transférée est suffisante pour éjecter les atomes de la cible mais trop faible pour provoquer des collisions en cascade. Ce mécanisme est appelé le régime de collision simple. Pour des ions possédant une énergie comprise entre 100 eV et 1 keV, les atomes de la cible acquièrent assez d'énergie pour entrer en collisions avec leurs voisins : le régime de cascades collisionnelles. Si l'énergie est supérieure à 1 keV, il se produit un important mouvement des atomes situés dans la zone d'interaction de l'ion incident ce qui peut provoquer une forte élévation de température locale (10^3 à 10^4 K) ; c'est le régime de porosité thermique.

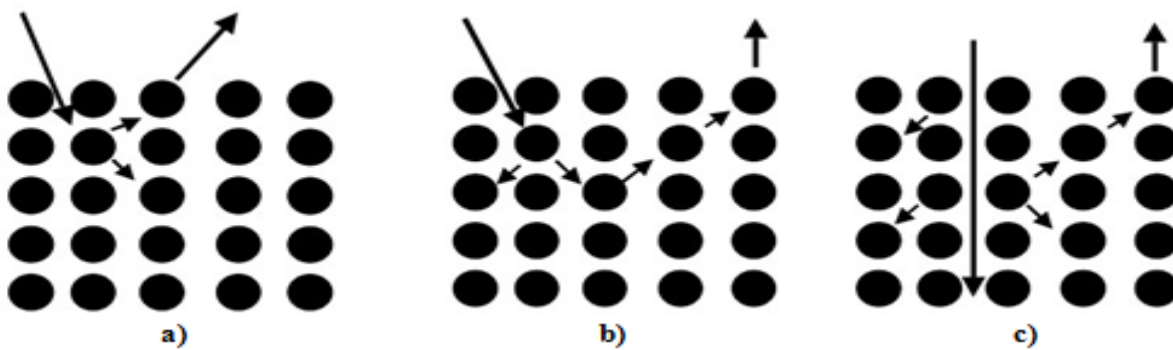


Figure 2.4 : Mécanismes de pulvérisation : (a) régime de collision simple ; (b) régime de cascades collisionnelles ; (c) régime de porosité thermique.

La technique de pulvérisation cathodique est utilisée pour le dépôt de tous les matériaux soit conducteurs, semi-conducteurs ou isolants (pulvérisation RF). Dans cette technique on peut utiliser une cible, pulvérisation mono-cible, ou des cibles, pulvérisation multi-cible, qui joue le rôle de la cathode qui contient le matériau ou les composés à déposer. Une différence de potentiel est appliquée entre les électrodes, ce qui provoque l'ionisation du gaz inerte de décharge, généralement l'argon. Quelques électrons toujours présents (action du rayonnement cosmique sur la matière) vont être accélérés et vont rentrer en collision avec les atomes d'argon et donc des ions Ar^+ et des électrons secondaires sont créés. Ces électrons secondaires vont subir des chocs avec d'autres atomes d'argon, créant de nouveaux ions et des électrons qui créent ainsi un plasma. Le dépôt est obtenu par condensation d'atomes provenant de la cible, créés par bombardement de celle-ci par les ions de plasma accélérés du fait de la décharge électrique. L'éjection d'atomes de la cible est un effet purement mécanique dû au choc des ions sur le matériau que l'on veut déposer. Les ions argon sont les seuls qui une énergie cinétique suffisante vont pouvoir arracher et pulvériser des atomes ou des particules de la cible. Les atomes pulvérisés subissent des collisions avec les particules du plasma et donc sont diffusés dans toutes les directions avant de venir se déposer sur le substrat à recouvrir placée en face de la cible.

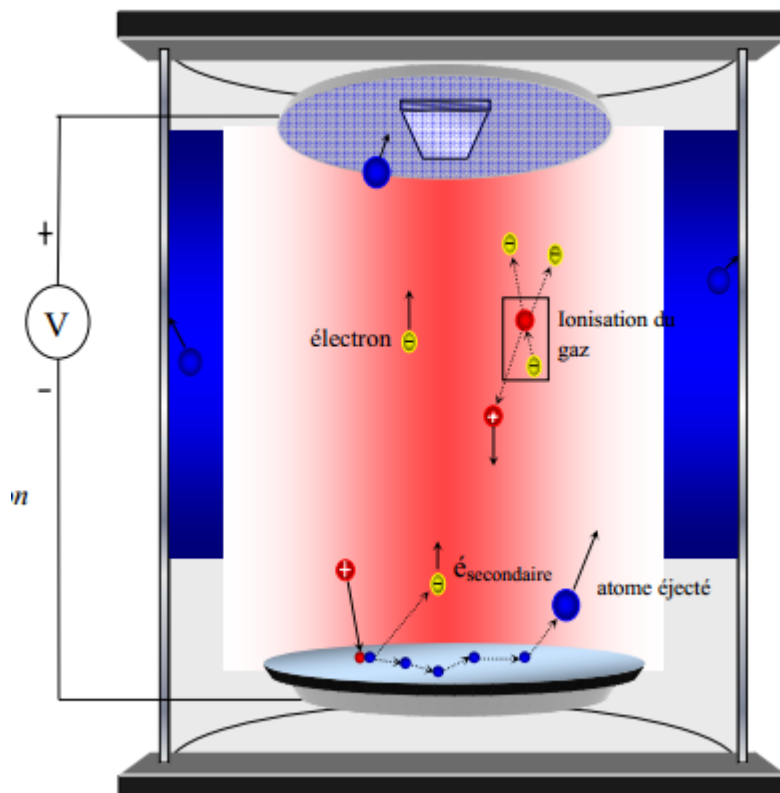


Figure 2.5: Principe de pulvérisation cathodique

II.3.2.Principe de pulvérisation cathodique

La pulvérisation correspond au processus d'éjection de certains atomes provenant des premières couches atomiques d'un matériau appelé cible, soumis à un bombardement par des particules lourdes (atomes ou ions). Le mécanisme de pulvérisation est un processus purement mécanique de transfert de quantité de mouvement des particules incidentes aux atomes de la cible.

L'application d'une différence de potentiel entre la cible et les parois du réacteur au sein d'une atmosphère raréfiée permet la création d'un plasma froid, composé d'électrons, d'ions, de photons et de neutre dans un état fondamental ou excité. Sous l'effet du champ électrique, les espèces positives du plasma se trouvent attirées par la cathode (cible) et entrent en collision avec cette dernière. Elles communiquent alors leur quantité de mouvement, provoquant ainsi la pulvérisation des atomes sous forme de particules neutres qui se condensent sur le substrat. La formation du film s'effectue selon plusieurs mécanismes qui dépendent des forces d'interactions entre le substrat et le film. La décharge est auto-entretenu par les électrons secondaires émis de la cible. En effet, ceux-ci, lors de collisions inélastiques, transfèrent une partie de leur énergie cinétique en énergie potentielle aux atomes du gaz présent dans l'enceinte qui peuvent s'ioniser.

➤ Le principe de pulvérisation peut se décrire en trois temps. En premier lieu, le bombardement est obtenu en ionisant un gaz par une décharge électrique produite a voisinage du matériau cible qui est polarisé négativement et joue le rôle de cathode. Le gaz ionisé (généralement de l'argon), appelé plasma, apparaît sous forme d'un nuage luminescent et est composé d'atomes d'argon, d'ions Ar^+ et d'électrons. La cible est alors bombardée par des ions positifs Ar^+ extraits du plasma.

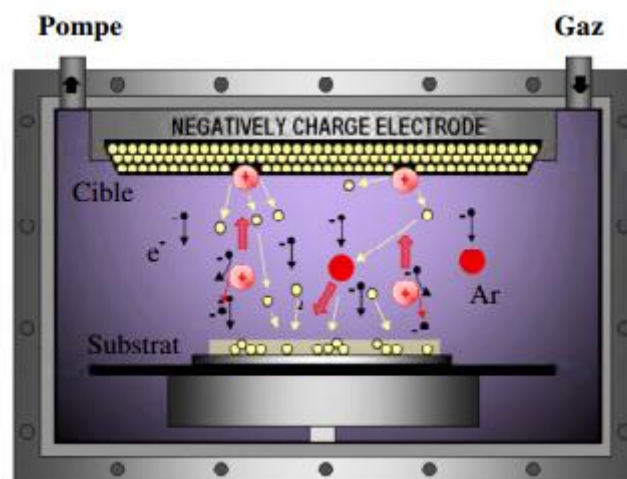


Figure 2.6 : Schéma détaille la pulvérisation cathodique

➤ Une partie d'entre eux est réfléchi, mais la plupart transfèrent leur énergie au matériau à pulvériser. Cette énergie est suffisamment élevée pour rompre les liaisons chimiques du matériau cible lors de la collision. Enfin, des atomes (ou clusters d'atomes) sont éjectés, puis traversent le plasma avant de venir se condenser sur le substrat. Le bombardement de la cible par les ions Ar^+ produit également des électrons secondaires qui, lorsqu'ils traversent le plasma, ionisent les molécules de gaz rencontrées, entretenant ainsi la décharge [16].

II.3.3. Pulvérisation cathodique de courant direct DC

La pulvérisation cathodique en continu s'applique essentiellement aux matériaux conducteurs. Les matériaux isolants ne peuvent être élaborés par ce procédé. En effet, l'accumulation des charges positives apportées par les ions à la surface de la cible ne peut être neutralisée et interdit toute pulvérisation. Les oxydes, qui sont généralement semi-conducteurs voire isolants sont donc souvent pulvérisés en mode radiofréquence (RF) ou en DC pulsée.

La pulvérisation cathodique de courant direct DC est une technique, où on applique un courant continu entre les deux électrodes. La tension appliquée est importante, entre 3 et 5KV, qui permet de déposer seulement les matériaux conducteurs où semi-conducteurs. En effet, la pulvérisation de matériaux isolants provoque rapidement la polarisation de la cible et les charges positives vont s'accumuler sur la surface de la cible, ils ne pourront être neutralisés par les électrons et donc la tension chute rapidement entre les électrodes et le plasma va disparaître, et la pulvérisation s'arrête.[17]

II.3.4. Rendement de pulvérisation

Un des paramètres importants de la pulvérisation cathodique est le rendement. Le rendement est défini comme le nombre d'espèces éjectées d'une cible sur le nombre des ions projectiles. Il dépend de l'énergie transmise (c'est-à-dire de l'énergie transférée lors d'une collision élastique) et de la nature des liaisons atomiques de la cible. Cela veut dire que pour une cible d'un matériau composé tel que le SiO_2 , l'élément léger ou celui qui possède une énergie de liaison plus faible sera préférentiellement éjecté de la cible. Par conséquent la surface de la cible s'enrichit en atomes dont le rendement est plus faible par rapport aux atomes dont le rendement de pulvérisation est plus important, c'est-à-dire que la composition chimique de la surface de la cible est modifiée.

Lorsqu'un ion vient frapper la cathode et que son énergie est suffisante (supérieure au seuil de pulvérisation du matériau), il peut arracher des particules de la surface du matériau. On définit le taux de pulvérisation comme le nombre de particules arrachées du matériau par particules incidentes :

$$Y = \frac{\text{Nombre de particules pulvérisées}}{\text{Nombre de particules incidentes}}$$

❖ Le taux de pulvérisation dépend de l'énergie, de la masse et de l'angle d'incidence des particules incidentes mais pas de la charge. En effet, au niveau de la surface du matériau, les ions incidents sont neutralisés ce qui implique que le taux de pulvérisation pour les ions ou les neutres est le même. Le taux de pulvérisation peut être déterminé par des mesures expérimentales mais il existe aussi de nombreuses théories analytiques et des modèles numériques

❖ Le rendement de pulvérisation est fonction de :

- L'énergie des ions incidents (celle-ci est proportionnelle à la tension appliquée à la cible).

- La nature (chimique et cristallographique) de la cible.

- L'angle d'incidence des ions par rapport à la cible.

- La nature du gaz.

- L'état physico-chimique de la surface de la cible (contamination).

Pour des ions d'énergie inférieure à 1 keV, pour un matériau donné et à incidence normale.

II.3.5. Comparaison avec d'autres méthodes de dépôt

Un important avantage de la pulvérisation comme technique de dépôt est que les films déposés ont la même composition que le matériau source. L'identité stœchiométrique entre le film et la cible pourrait surprendre du fait que le rendement de pulvérisation dépend de la masse atomique des atomes dans la cible. On pourrait donc s'attendre à ce qu'un composant d'un alliage ou d'un mélange pulvérise plus rapidement que les autres composants, menant à un enrichissement de ce composant dans le dépôt. Cependant, comme seuls les atomes à la surface de la cible peuvent être pulvérisés, l'éjection plus rapide d'un élément laisse la surface enrichie avec les autres, ce qui compense efficacement la différence dans les vitesses de pulvérisation. Ceci contraste avec les techniques thermiques d'évaporation, où un composant de la source peut avoir une pression vapeur plus élevée, il en résulte un film déposé avec une composition différente de la source. Le dépôt par pulvérisation présente aussi un avantage sur l'épitaxie par jet moléculaire [molecular beam epitaxy (MBE)] à cause de sa vitesse. La vitesse plus élevée a pour conséquence l'incorporation inférieure d'impuretés parce que moins d'impuretés peuvent atteindre la surface du substrat dans une même quantité de temps. Les méthodes de pulvérisation peuvent en conséquence utiliser des gaz de processus avec des concentrations en impuretés bien plus élevées que la pression de vide pouvant être tolérée par

les méthodes de MBE. Durant le dépôt par pulvérisation, le substrat peut être bombardé par des ions sa grande énergie et des atomes neutres. Les ions peuvent être déviés avec une polarisation du substrat et le bombardement peut être minimisé en pulvérisant loin de l'axe mais aux dépens de la vitesse de dépôt. Les substrats en plastique ne peuvent pas tolérer le bombardement et sont généralement traités par évaporation.

II.3.6. Types de dépôt par pulvérisation

- La pulvérisation cathodique magnétron.
- La pulvérisation cathodique triode.
- La pulvérisation cathodique magnétron pulsé à haute puissance [High Power Impulse Magnétron Sputtering (HIPIMS)].
- La pulvérisation par cathode creuse.
- La pulvérisation par faisceau d'ions.
- Le dépôt assisté par canon à ion [ionbeamassisteddeposition (IBAD)].
- HiTUS (High Target Utilisation Sputtering Haute utilisation des cibles de pulvérisation).
- Dépôt très précis de la couche mince.

II.4. utilisation de la pulvérisation cathodique avec les semi-conducteurs

Les dispositifs électroniques à semi-conducteurs ont maintenant une importance économique et stratégique considérable pour le traitement de l'information et de la communication. Ils ont un rôle clef dans la réalisation et le fonctionnement de beaucoup de biens de consommation. Leur importance est née avec la découverte, en 1948, du transistor. Le développement de l'industrie électronique s'est par la suite accéléré avec l'arrivée des circuits intégrés dans les années 1970. Le silicium occupe la position dominante parmi les semi-conducteurs et cette situation devrait encore durer long temps.

Les circuits intégrés concentrés sur une faible surface, un nombre de plus en plus grand de transistors et leur puissance augmentent sans cesse. Ils répondent à une demande du consommateur qui souhaite avoir de plus en plus de confort dans la vie courante en se débarrassant des tâches fastidieuses. Pour cela, il faut des dispositifs de traitement de l'information de plus en plus rapide. Une simple carte de crédit contient environ 2 millions de transistors et une automobile actuelle embarque plus d'électronique que les premiers avions Airbus. Les circuits intégrés peuvent être fabriqués simultanément en grand nombre si bien que leur coût de production diminue considérablement alors que leurs performances augmentent. L'industrie microélectronique est gouvernée par la nécessité de

réaliser des composants électroniques (mémoires ou circuits intégrés) toujours plus rapides, plus petits et moins chers[18].

II.4.1. Thermologie

Les composants Electroniques comprennent les composants passifs et les composants actifs, les semi-conducteurs appartiennent à la catégorie des composants actifs:

1) Composants passifs

Exemples : résistances, capacités, inductances, plaques de circuits imprimés.

2) Composants actifs

➤ Tubes a vide

Exemple (tubes cathodiques, lampes).

➤ Dispositifs à semi-conducteurs

Exemple : transistors de puissance, diodes redresseurs, diode électroluminescentes, triodes, etc...

➤ circuits intégrés

Exemples: mémoires, blocs logiques microprocesseurs.

II.4.2. fabrication des dispositifs à semi-conducteur

La fabrication des dispositifs à semi-conducteur englobe les différentes opérations permettant l'élaboration des composants électroniques ayant pour base des matériaux semi-conducteurs. Rentrent dans cette catégorie divers types de composants, une première approche permet déjà de différencier les composants discrets des circuits intégrés.

On peut également citer les dispositifs semi-conducteurs réalisant également des fonctions mécaniques, telles les MEMS, qui utilisent les procédés standard servant à la réalisation de circuits électroniques (pour des raisons de couts d'investissement), ou bien utilisent des procédés spécifiques (lithographie électronique SCALPEL IPL EBL SPM, outils à champ proche AFM NIL ou μ CP).

II.4.3. Autres utilisations

Si la technique de pulvérisation cathodique est utilisée pour déposer des matériaux sur un substrat, elle peut être utilisée pour d'autres motifs. De plus en plus d'applications industrielles sont basées sur cette technologie qui est très utile pour créer des composés impossibles à fabriquer par chimie en masse (procédés traditionnels, tels que la fonderie). On peut notamment citer dans la fabrication optique (pour des revêtements réfléchissants ou antireflet, par exemple), l'électronique (couches d'isolants, de

semi-conducteurs et de conducteurs des circuits intégrés), l'emballage (feuilles de PET recouvertes d'aluminium).

II.4.3.1. circuits intégrés

Le circuit intégré (CI), c'est un composant électronique reproduisant une ou plusieurs fonctions électroniques plus ou moins complexes. Il intègre souvent plusieurs types de composants électroniques de base dans un volume réduit, rendant le circuit facile à mettre en œuvre.

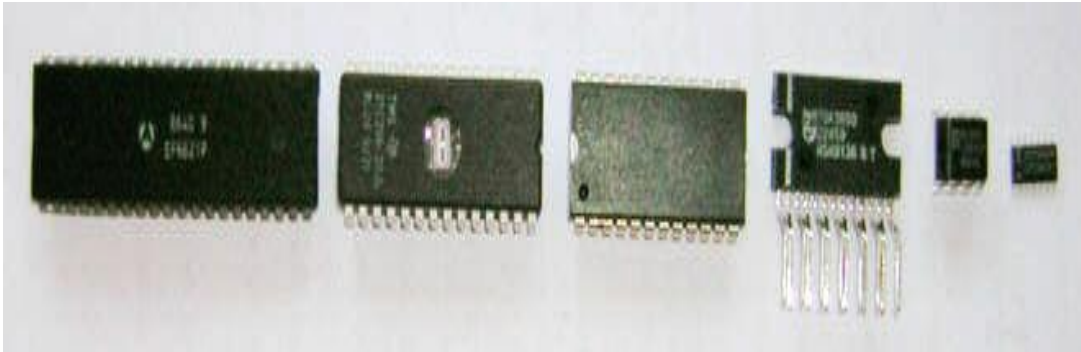


Figure 2.7 : Les circuits intégrés

Il existe une très grande variété de ce composant divisé en deux grandes catégories : analogique (linéaire) et numérique (logique)

1) Circuit intégré analogique

Les composants les plus simples peuvent être de simples transistors encapsulés les uns à côté des autres sans liaisons entre eux, jusqu'à des assemblages complexes pouvant réunir toutes les fonctions requises pour le fonctionnement d'un appareil dont il est le seul composant. Les amplificateurs opérationnels sont des représentants de moyenne complexité de cette grande famille où l'on retrouve aussi des composants réservés à l'électronique haute fréquence et de télécommunication.

Un exemple de circuit analogique : l'ampli op LM741 et de nombreux cousins.

2) Circuit intégré numérique

Les circuits intégrés numériques les plus simples sont des portes logiques (et, ou et non), les plus complexes sont les microprocesseurs et les plus denses sont les mémoires. On trouve de nombreux circuits intégrés dédiés à des applications spécifiques (ou ASIC pour Application-specific integrated circuit), notamment pour le traitement du signal (traitement d'image, compression vidéo...) on parle alors de processeur de signal numérique (ou DSP pour Digital Signal Processor). Une famille importante de circuits intégrés est celle des composants de logique programmable (FPGA, CPLD).

Ces composants sont amenés à remplacer les portes logiques simples en raison de leur grande densité d'intégration.

La conception de circuits intégrés nécessite l'utilisation d'éléments passifs (résistances, capacités, inductances,...) et d'éléments actifs (diodes, transistors). Historiquement, des composants identiques étaient fabriqués, puis découpés et connectés l'ensemble par soudure ou par fil de connexion. On avait accès à une technologie hybride, qui permettait de relier l'ensemble des technologies différentes non processées en un seul bloc. Depuis, l'amélioration des procédés technologiques permet de réaliser des circuits entièrement intégrés, réunissant composants passifs et actifs sur une seule puce et selon un processus technologique unique. Ce développement est relativement récent dans le monde des très hautes fréquences, au début des années 1980, alors qu'il est plus ancien pour les circuits fonctionnant à basses fréquences (fin des années 1960). L'essor de la microélectronique sur silicium a bénéficié au développement des circuits MMIC sur des substrats tels que l'arséniure de gallium (GaAs) et le phosphure d'Indium (InP). Ces semi-conducteurs présentent l'avantage non seulement d'être semi-isolants et d'avoir des pertes faibles dans le domaine des microondes, mais également des mobilités élevées des électrons, conférant ainsi des fréquences de coupure élevées aux composants.

Récemment, des semi-conducteurs tels que le GaN ou le SiC ont montré leurs potentialités pour réaliser des composants actifs de puissance à hautes fréquences.

❖ Parmi les principaux circuits intégrés logiques (numérique), selon les utilisations, on peut citer les mémoires:

1) Mémoires **ROM** (Read Only Memories) : elles conservent leur contenu même lorsque l'alimentation électrique est coupée ; ce contenu rémanent est fixe ou renouvelable après effacement par différents procédés physiques:

1.1) Les **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory).

1.2) Les **E2PROM** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory).

2) Mémoires **RAM** (Random Access Memories) : leur contenu n'est pas permanent il disparaît lorsque la réalimentation électrique est coupée; les mémoires RAM se répartissent en:

2.1) **SRAM** (Statice): elles conservent une fraction des informations même lorsque l'alimentation électrique est coupée.

2.2) **DRAM** (Dynamic): la permanence des informations stockées nécessite une alimentation constante.

II.4.3.2. principe de fabrication

Les circuits intégrés sont fabriqués dans un environnement spécifique; des salles blanches, qui requièrent des machines élaborées et onéreuses, tant l'achat, qu'à la maintenance. On parle de salles blanches car l'environnement doit y être quasiment dépoussiéré afin d'éviter l'introduction de poussière ou d'impureté dans le circuit, lors du procès, qui pourrait endommager le fonctionnement de ce dernier. [19]

Les technologies Silicium et GaAs ne nécessitent pas le même environnement et les mêmes étapes technologiques. En effet, ces deux semi-conducteurs sont différents et les procédés requis également. Il faut également noter que le GaAs contient de l'Arsenic et doit donc être traité avec beaucoup de rigueur afin d'éviter toute pollution pouvant entraîner des accidents. Les semi-conducteurs sont disponibles sous forme de barreaux ou lingots élaborés selon des technologies de croissance cristalline. Ces barreaux sont ensuite sectionnés en fines tranches qui sont polies pour devenir des substrats, ou des wafers, sur lesquels les circuits intégrés sont réalisés.

Les circuits intégrés sont le fruit de la superposition de différentes couches actives, pour la réalisation des composants actifs, de couches passives et diélectriques, pour la réalisation des composants passifs et de couches métalliques, pour les interconnexions entre composants, déposées sur le substrat. Chacune de ces couches est élaborée selon un procédé particulier.

II.5.Boitier

Les circuits intégrés se présentent généralement sous la forme de boîtiers pleins rectangulaires, noirs, équipés sur un ou plusieurs côtés voire sur une face, de 'pattes' permettant d'établir les connexions électriques avec l'extérieur du boîtier. Ces composants sont soudés sur un circuit imprimé, ou enfichés, à des fins de démontage, dans des supports eux-mêmes brasés sur un circuit imprimé.

II.5. 1. Diffèrent types de boitiers

Boitier DIL8



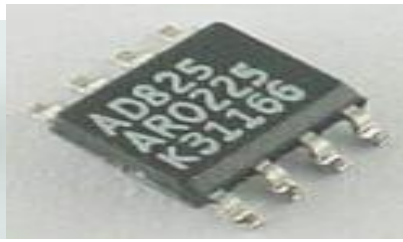
Boitier PLCC44



Boitier DIL14



Boitier CMS



Boitier Multi watt 15



Boitier SLI9



II.6.microprocesseurs

Les microprocesseurs sont des circuits intégrés d'un type particulier, il représente un degré supérieur en termes d'intégration, de fonctionnalités et de complexité. Ils sont des circuits logiques comprenant différents blocs d'entre-sortie, des blocs mémoires, une unité arithmétique et logique et des blocs de contrôlé.

La fabrication du microprocesseur nécessite la maîtrise des technologies les plus fines des circuits intégrés. Elle suppose aussi une compétence particulière pour la conception, l'architecture et la programmation. Peu nombre uses sont les entreprises a même de produire des micro-processeurs: parmi celles-ci Intel, Motorola et IBM, Les microprocesseurs sont le prochain objectif des sociétés nipponnes, après leur succès dans la technologique des mémoires.[20]



II.7. circuit micro-onde

On appelle micro-onde (microwave en anglais) ou hyperfréquence la bande de fréquences auxquelles les dimensions géométriques des objets utilisés sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde électromagnétique. Ce sont en général des ondes électromagnétiques de longueur d'onde intermédiaire entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion.

II.7.1. Applications

Les micro-ondes ne sont connues du grand public que par les fours qui ont pris place dans les cuisines ces dernières années. Or ses applications sont aussi nombreuses que variées. Citons entre autres dans l'industrie avec les télécommunications et des systèmes, tels que le radar, l'effet du rayonnement micro-onde sur les pertes diélectriques de l'eau. En médecine, l'hyperthermie micro-onde permet le traitement des tumeurs cancéreuses. En radioastronomie, avec la mise au point des radiotélescopes. En électronique, avec la réalisation des oscillateurs, amplificateurs, mélange et multiplication de fréquences. En radiométrie, avec l'évaluation des caractéristiques physiques ou naturelles de la zone d'observation (télédétection) ; mesure des paramètres physiques divers tels que distance, position, épaisseur, vitesse, déformation etc. La navigation, la surveillance le guidage des armes.