

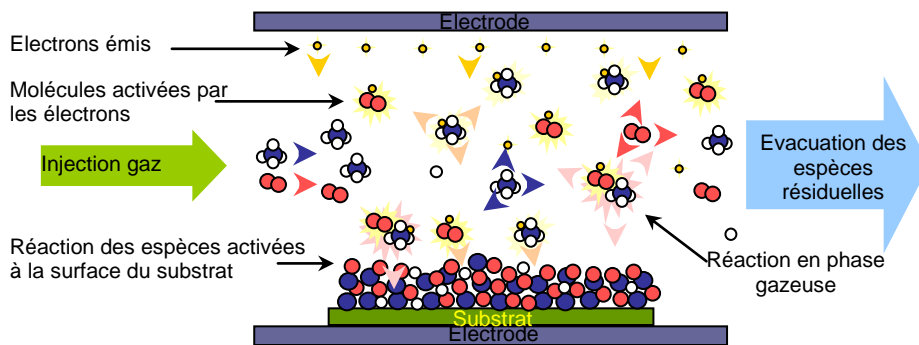
Traitement de surface par plasma froid

I. Principe

Les **plasmas froids** sont des milieux ionisés obtenus par l'excitation d'un gaz (en général sous un vide primaire) sous l'effet d'une décharge électrique : les plasmas radiofréquence (kHz au MHz) et micro-onde (2.45 GHz) sont les plus couramment utilisés.

On obtient ainsi un mélange constitué de molécules neutres (majoritaires) d'ions (négatifs et positifs), d'électrons, d'espèces radicalaires (chimiquement très actives) et d'espèces excitées. Ces plasmas sont dits "froids" car ce sont des milieux hors équilibre thermodynamique où l'énergie est captée essentiellement par les électrons mais où la température "macroscopique" du gaz reste voisine de la température ambiante.

Le processus réactionnel est décrit dans le schéma ci-dessous :



Les électrons émis par l'électrode entrent en collision avec les molécules de gaz et les activent. Il se produit alors une ionisation ou une dissociation avec création de radicaux. Ces espèces excitées vont diffuser dans l'enceinte du réacteur et en particulier arriver à la surface du substrat. Là peuvent intervenir plusieurs types de réactions de surface : implantation, transfert d'énergie, création de liaisons ou destruction de liaisons. Selon le type de réaction intervenant à la surface on pourra avoir activation de la surface, croissance d'une couche, ou gravure.

Les plasmas froids, s'ils nécessitent actuellement encore, l'emploi de technologies de vide contraignantes pour des procédés industriels, présentent les avantages suivants :

- Obtention de propriétés de surfaces très spécifiques conduisant à des applications performantes;
- La modification chimique de la surface se réalise sans affecter les propriétés intrinsèques du matériau traité et sans modifier son aspect de surface;
- Un choix judicieux des gaz de traitement permet de conduire, avec une faible quantité de matière première, à une chimie de surface très spécifique sans employer de produits chimiques dangereux, toxiques ou polluants.

Il est donc possible grâce à la technique de traitement par plasma froid, et en utilisant un réacteur adapté, de réaliser des traitements ou des revêtements sur des surfaces de forme quelconque afin de leur conférer des propriétés spécifiques. Ces couches peuvent être réalisées

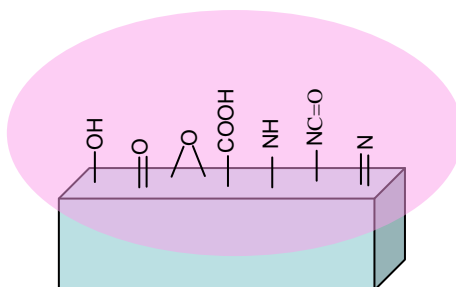
de manière performante, contrôlée, automatisable, et non polluante à l'inverse des procédés chimiques utilisés actuellement.

Par ailleurs le développement de décharges électriques à pression atmosphérique permet déjà de traiter des films en défilé dans l'air, ce qui ouvre des perspectives industrielles importantes.

II. LES DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT PAR PLASMA

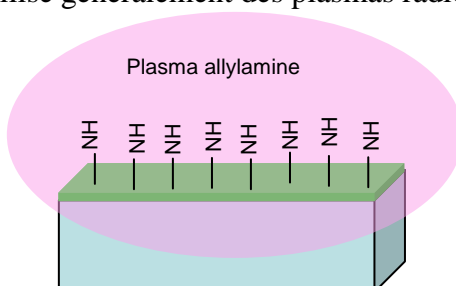
II.1 Le greffage chimique

Il consiste à travailler avec des gaz tels que l'oxygène, l'azote, l'air, l'ammoniac ou le tétrafluorocarbure dont les espèces actives vont réagir chimiquement sur les chaînes macromoléculaires du polymère pour conduire à la formation de liaisons covalentes (C-O, C-N, C-F,...) caractéristiques du gaz de traitement. Ce type de traitement affecte uniquement les premiers nanomètres de la surface exposée au plasma. La surface d'un polymère ainsi activée peut ensuite être mise en contact avec des molécules biocompatibles spécifiques (héparine, phospholipides, etc) pour les fixer par liaisons chimiques. Généralement le greffage chimique est réalisé en plaçant le matériau à traiter en dehors de la zone de création de la décharge (post-décharge).



II.2 Le dépôt par polymérisation plasma

Le milieu plasma, par la présence de radicaux libres et d'espèces ionisées, est propice à la formation en surface du matériau traité d'un dépôt polymère dans des conditions "douces" (faible densité d'espèces actives, faible énergie des ions bombardant la surface traitée). L'avantage du plasma est que l'on peut travailler avec des gaz polymérisables (éthylène, tétrafluoroéthylène, etc.) mais aussi avec des mélanges gazeux qui, avec les procédés chimiques conventionnels ne peuvent pas conduire au mécanisme de polymérisation (tétrafluorocarbure/hydrogène, ...). Dans un tel procédé, il est également possible d'introduire dans le plasma des molécules spécifiques. Pour obtenir facilement des conditions de polymérisation plasma, on utilise généralement des plasmas radiofréquence.

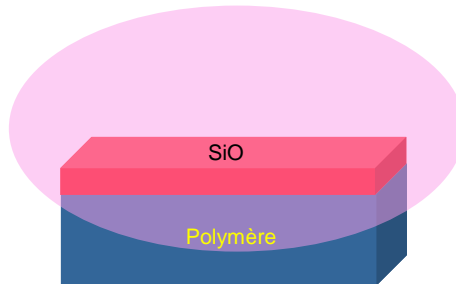


II.3 Le dépôt de couches dures et à performances spécifiques

Dans des conditions "dures" (forte densité d'espèces actives, bombardement ionique suffisant pour activer efficacement la surface traitée), le milieu plasma est propice à la

formation d'un dépôt dur en surface du matériau traité. L'épaisseur du dépôt dépend des conditions expérimentales et notamment du temps de traitement plasma. L'originalité du traitement par plasma froid est le fait que l'on soit capable de réaliser, à la température ambiante, des dépôts inorganiques durs présentant une excellente adhérence qui sont normalement obtenus à température relativement élevée (supérieure à 500 °C) par les procédés de dépôt classiques (CVD, pyrolyse,...). La flexibilité dans le choix du matériau à déposer (nature, caractéristiques et propriétés) est très importante, ce qui rend cette méthode de dépôt très attrayante.

Les propriétés et les performances de ces dépôts les rendent aptes à de nombreuses applications : couches barrières à la perméation de gaz, couches anti-UV, antisalissures, antibuée.



II.4 Le nettoyage et la gravure

Le milieu plasma est également, dans certaines conditions opératoires, propice au nettoyage ou à la gravure d'une surface exposée. La possibilité de contrôler indépendamment les ions et les neutres dans les systèmes de traitement plasma a notamment permis l'essor de la nanogravure dans le secteur de la microélectronique et de la microfabrication.

