

CARACTERISATION D'UNE DECHARGE A BARRIERE DIELECTRIQUE (DBD) POUR LAMPE A EXCIMERE XeCl*(308nm)

Salim BAADJ et Ahmed BELASRI

Laboratoire de Physique des Plasmas, Matériaux Conducteurs et leurs Applications

U.S.T.O.M.B., B.P. 1505 El-M'naouer, Oran, Algérie

E-mail: salimbaadj@hotmail.fr

RÉSUMÉ : Depuis sa commercialisation, la lampe à décharges est une des application des plasmas froids hors équilibre les mieux connues du grand public. Le plasma est créé à l'aide d'une décharge contrôlée par barrière diélectrique (DBD). Ces lampes dites lampes à excimère créée par une DBD ont trouvé ces dernière année des applications industrielles très intéressante tels que l'éclairage, la stérilisation, la microélectronique et la lithographie. L'intérêt de ces décharges provient de leur grande efficacité à produire des espèces actives pour augmenter la réactivité des mélanges gazeux. Ce type de décharges peut être une source de lumière avec un excellent rendement et une faible largeur spectrale dans le domaine recouvrant l'ultraviolet lointain (UVL) et l'ultraviolet (UV). Les bandes spectrales sont fonction de la composition du milieu gazeux (gaz rares purs, mélanges de gaz rares). Ce travail représente une modélisation numérique d'une lampe à décharge à barrières diélectriques contenant le mélange gazeux Xe-Cl₂ dans le but de déterminer ses caractéristiques électrique et cinétique. Le modèle comporte 38 réactions impliquant 18 espèces chargées et excitées, où nous tenons compte de l'évolution temporelle des densités des espèces. Le modèle cinétique permet de calculer l'évolution temporelle de la molécule exciplexe XeCl* responsable de l'émission des UV durant l'impulsion de la décharge.

MOTS-CLÉS : décharge a barrière diélectrique, DBD, lampe, UV, modélisation, Xe-Cl₂

1. Introduction

Les lampes à gaz rares tel que Ar₂*, Xe₂*, ArF*, KrF*, XeI*, XeBr*, XeCl*, KrCl*...sont très étudiées de la part des scientifiques à cause de leur pouvoir de produire les radiations UV, et leur haut efficacité lumineuse. Ces sources d'UV sont mises à profit dans divers procédés technologiques et industriels, mais la plus important dans ces catégorie des sources c'est XeCl*, parce que ce délivrer des rayonnements pratiquement monochromatiques à 308 nm. L'excitation de cette excilampe est assurée par une décharge à barrières diélectriques. La différence de potentiel entre deux électrodes et de 9 KV pour un mélange de Xe-Cl₂ 1% de 400 torr, la distance du gap est de 4 mm. Le chemin de réaction prédominante conduisant à la formation d'exciplexe XeCl * dans de telles conditions c'est la recombinaison de Xe⁺ avec Cl⁻. Tel que l'émission à 308 nm, a lieu entre l'état XeCl(B) et l'état fondamental XeCl(X). L'état supérieur résulte essentiellement de la recombinaison d'ion positif Xe⁺ et d'ion négatif Cl⁻. L'ion Xe⁺ est créé par ionisation dans la décharge et l'ion Cl⁻ par attachement dissociatif des électrons libres de la décharge sur la molécule Cl₂.

Ce travail est présenté sous forme de quatre sections, Section 2 décrire le schéma numérique utilisé dans notre modèle et la cinétique chimique. Section 3 présente les résultats obtenus par le modèle avec ces discussions. et la conclusion donné dans la section 4.

2. Description du modèle

Nous avons développés la cinétique du mélange Xe-Cl₂ 1%, tel qu'on a utilisé un modèle zéro dimensionnelle où le plasma est représenté par une résistance de valeur variable dans le temps

dépend de la densité électronique du plasma, de la distance interélectrode d , de la surface de la décharge A et de la mobilité électronique μ_e . Le circuit équivalent de la décharge est en série avec la capacité équivalente des diélectriques qui couvrent les électrodes. Couplés au circuit électrique de la décharge pour décrire le comportement électrique et chimique de la lampe à excimère.

La résistance du plasma donne par l'équation suivant :

$$R = \frac{d}{Aen_e\mu_e} \quad (1)$$

Le modèle zéro dimensionnel permet de décrire la formation du plasma dans des conditions où le milieu est supposé homogène, et uniforme dont la conductivité est variable, cette dernière est liée à l'évolution de la densité des électrons dans le plasma. Ce modèle est géré par trois systèmes d'équations couplées : l'équation du circuit de la décharge, l'équation de Boltzmann et un système d'équations cinétique pour les espèces considérées.

En introduisons les taux de réactions des électrons, l'équation de Boltzmann et le système d'équations cinétique servent à obtenir la densité et la mobilité des électrons, qui sont utilisées pour déterminer la résistance du plasma intervenant dans l'équation du circuit de la décharge ces trois systèmes d'équations sont fortement liées et relatives.

le modèle 0D a été développé dans le but de mieux comprendre la cinétique des mélanges XeCl_2 pour les lampes à excimère pour déterminer les mécanismes à l'origine de la production des photons. L'avantage du modèle temporel est sa simplicité et par sa rapidité d'exploitation. Ainsi de comparer des réactions entre elles et de comprendre l'influence de chacune sur la décharge.

2.1 Espèces considérées et équations cinétiques.

La cinétique utilisée est très simple mais suffisante pour décrire la décharge. Le modèle comporte 33 réactions impliquant 16 espèces chargée et excitée et les photons correspond au les longueurs d'ondes 172, 259, 308, 490 nm où nous tenons compte de l'évolution temporelle des densités de ces espèces.

Les densités des espèces excitées et ionisées sont régies par un ensemble d'équations bilan de cinétique du mélange qui tiennent compte de l'ensemble des processus dans lesquels sont impliquées ces espèces. Parmi ces processus, il faut, bien entendu, inclure toutes les collisions électroniques et qui produisent un changement d'état ou d'énergie interne des espèces (ionisation, excitation et désexcitation, recombinaison...).

Il faut aussi tenir compte les processus radiatifs émission spontanée, des collisions entre espèces lourdes qui seront essentiellement des collisions à deux corps et trois corps, qui sont importantes en raison la pression qui était élevée.

Les principaux états effectifs dont nous tenons compte pour les équations cinétiques sont les suivants :

Pour le Xe : le niveau fondamentale du Xe, l'état excité Xe^* qui contient deux niveaux correspond à 8.31eV et 8.41eV, Xe^{**} correspond aux 4 niveaux énergétiques 9.95ev, 10ev, 11ev, 11.70ev, la molécule Xe_2^* , et les ions Xe^+ , Xe_2^+ .

Pour le Cl : le niveau fondamentale de la molécule Cl_2 , Cl_2^* l'état excité correspond aux niveaux énergétiques 2.5ev et 3.12ev et les ions Cl^- , Cl_2^+

Pour les molécules complexe : c'est les états excité, XeCl^* , XeCl_2^* .