

DISTRIBUTION ANGULAIRE ET TEMPS DE VOL DES IONS PRODUITS SUR CIBLE DE TITANE PAR IRRADIATION LASER

Y. BELAROUSSI, T. KERDJA et S. MALEK
*Centre de Développement des Technologies Avancées,
Lot 20 Août 1956, B.P. 17, 16303 Baba-Hassen, Alger, Algérie*
E-mail : ybelaroussi@yahoo.fr, ybelaroussi@cdta.dz

RÉSUMÉ : La croissance de films minces par ablation laser implique des processus physiques extrêmement complexes. Dans ces expériences, la qualité de la couche et la stochiométrie des dépôts dépendent de paramètres essentiels, entre autre l'énergie des ions et leur distribution angulaire.

L'évolution de l'énergie des ions, le nombre d'ions et les distributions angulaires en fonction de l'énergie laser incidente, ont été étudiés au moyen d'un collecteur de charges. Dans cette contribution, nous présenterons les diagrammes polaires en énergie et en nombre d'ions collectés, en irradiant une cible de titane au moyen d'un laser excimère à différentes énergies.

MOTS-CLÉS : ablation laser, cible de titane, temps de vol, TOF

1. Introduction:

La technique PLD (Pulsed laser Deposition), du fait des nombreux avantages qu'elle offre, est devenue une technique de plus en plus utilisée sur une grande variété de matériaux [1]. L'ablation laser est une technique très simple. En revanche l'interaction laser matière est un phénomène physique très complexe. Le contrôle et l'optimisation du procédé du dépôt dépendent de la compréhension des phénomènes d'interaction.

Lorsque l'énergie laser émise est suffisante pour mener à l'évaporation du matériau lors du processus d'ablation par laser, les électrons sont les premiers à quitter la surface de la cible. Pendant la durée de l'impulsion laser l'émission d'électrons est suivie de celle des ions qui sont accélérés par le champ électrique ambipolaire. Les atomes neutres et les agrégats sont à leur tour éjectés de la surface de la cible. Vers la fin de l'impulsion laser, une partie des agrégats en expansion seront par la suite dissociés par le laser. Les ions se trouvant sur le front du plasma seront les premiers à être récoltés par la sonde, alors que les ions provenant des agrégats dissociés arriveront plus tard [2]. Un aspect important de cette technique est la stoechiométrie des dépôts ainsi que leur uniformité, aussi, la distribution angulaire des produits de l'ablation reste un paramètre à caractériser et déterminant pour d'une part fixer la taille des substrats et la distance cible-substrat.

Zhigilei et al [3] suggèrent que l'obtention d'un double pic dans les signaux de collecteur est due au fait que les espèces éjectées de la cible ont des vitesses différentes selon leur position initiale dans le plasma et le mécanisme de leurs générations.

Dans cette contribution un collecteur de charges a permis d'analyser en temps de vol, l'expansion d'un plasma produit par laser KrF dans une gamme d'énergie allant de 60 mJ à 130 mJ, sur une cible pur de titane. L'analyse des signaux obtenus a permis de tracer des diagrammes polaires en énergie et en nombre d'ions, en fonction de l'énergie laser.

2. Dispositif expérimental:

Les expériences ont été effectuées dans une chambre sous vide pompée à une pression de 10^{-6} mbar à l'aide d'un groupe de pompage primaire-secondaire utilisant une pompe turbomoléculaire. La source est un laser Excimer KrF fonctionnant à 248 nm avec une durée d'impulsion de 25 ns et une cadence de tirs de 10 hertz. La cible de Ti est montée sur un système mécanique, composé d'un porte-cible et d'un moteur électrique permettant la rotation de la cible durant les expériences. Cette cible est placée à 45° de la direction de propagation du faisceau laser. Une sonde électrostatique de type collecteur de charge est placée à une distance de 8 cm de la cible à différents angles allant de -80° à 40° par pas de 10° . La sonde électrostatique est constituée d'un conducteur plan polarisé à la tension -30 volts placé dans un cylindre conducteur relié à la masse. Le montage expérimental est schématisé en figure 1.

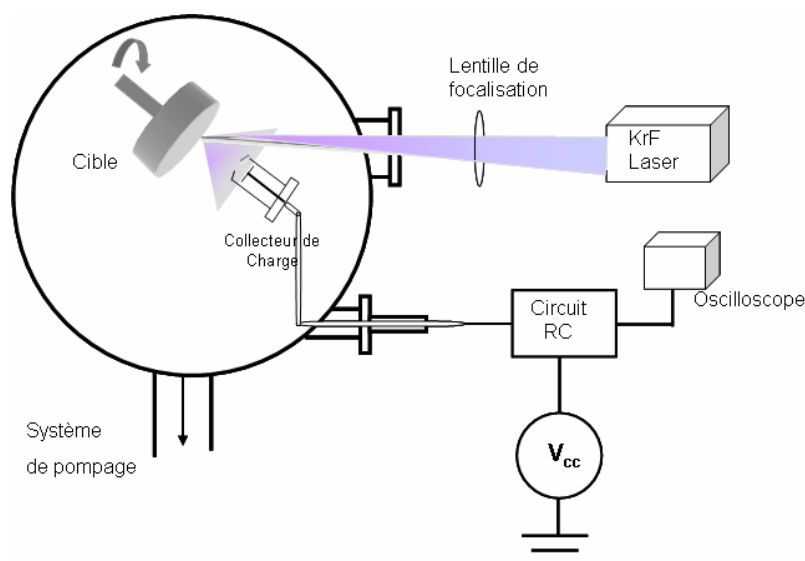


Figure 1: Montage Experimental

3. Résultats et discussion:

Le signal obtenu par le collecteur de charge à différentes énergies laser et à un angle 0° (face à la normale à la cible) est représenté dans la figure 2. Nous pouvons distinguer le pic photoélectrique dû à l'émission de rayonnement UV de la cible de titane au moment de l'irradiation, et quelques instants plus tard, le signal dû aux ions du plasma. D'après la superposition des signaux à différentes énergies laser, on remarque que le signal du pic ionique augmente avec l'augmentation de l'énergie laser incidente. L'augmentation des intensités des signaux avec l'énergie laser, est attribuée à l'augmentation de la quantité de masse ablatée. Le fait que l'énergie d'expansion n'augmente pas de façon significative, est une indication qu'il n'y a pas d'ionisation supplémentaire significative due à l'absorption de l'énergie laser par le panache plasma. D'autre part, une ionisation supplémentaire conduirait à une diminution importante du temps d'arrivée des premiers ions [4].

La figure 3 représente les temps correspondant aux pics des signaux en fonction de l'angle par rapport à la normale à la cible, à différentes énergies laser. Le temps de vol reste quasiment constant dans un angle compris entre -40° et $+40^\circ$ et varie très peu avec l'énergie laser. Nous constatons également que le panache plasma tend à se confiner autour de la normale à la cible avec l'augmentation de l'énergie laser incidente.

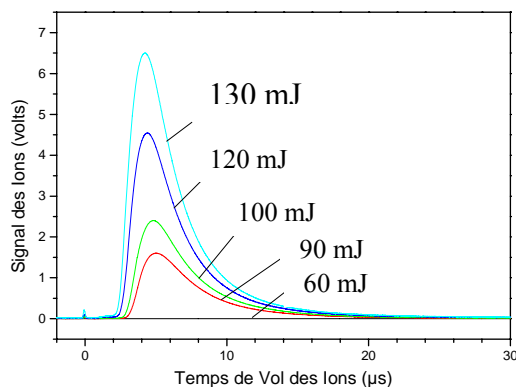


Figure 2. Signal du collecteur de charge à différentes énergies laser

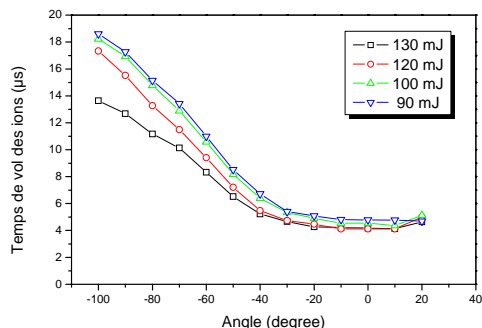


Figure 3. Temps de vol des ions en fonction de l'angle par rapport à la normale à la cible.

L'énergie cinétique d'expansion associée au pic ionique représente l'énergie la plus probable [5]. La figure 4 représente la distribution angulaire de l'énergie cinétique d'expansion au pic du signal à différentes énergies laser. La vitesse des espèces estimée suivant la normale à la cible, est de 1.25×10^5 cm/s pour 90mj (3.64 J/cm^2). Elle est de 1.87×10^6 cm/s pour 130 mj (5.26 j/cm^2).

Les courbes montrent une augmentation de l'énergie d'expansion avec l'énergie laser, passant de 72ev à 95ev suivant la normale à la cible, pour des énergies laser allant de 90mJ à 130mJ. Le profil est très dirigé et se resserre autour de 0° au fur et à mesure que l'énergie laser augmente.

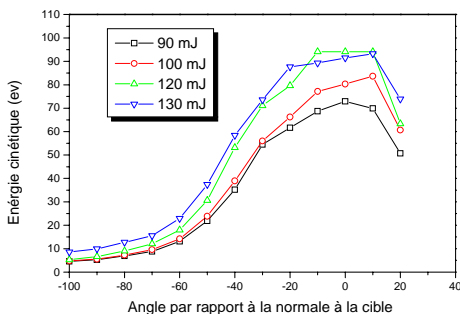


Figure 4. Distribution angulaire de l'énergie du pic ionique, pour quatre différentes énergie laser incidente sur la cible de titane.

Le nombre d'ions est calculé par intégration des signaux d'ions, en supposant que le degré de charge n'évolue pas dans la gamme d'énergie laser utilisée. Comme signalé dans le paragraphe précédent, une ionisation supplémentaire conduirait à une diminution significative du temps d'arrivée du pic principal, si l'on admet que l'accélération est due au champ électrique ambipolaire créé entre les électrons et les ions du plasma.

La figure 5 représente la distribution angulaire du nombre d'ions, pour quatre différentes énergie laser incidente sur la cible de titane. Nous pouvons constater que la quasi-totalité des ions du plasma est confiné dans un cône de demi-angle au sommet de 30-40° et le maximum d'ions se retrouvent dans la direction normale à la surface de la cible.

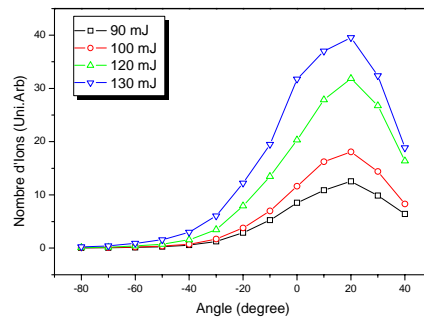


Figure 5. Distribution angulaire du nombre d'ions, pour quatre différentes énergie laser incidente sur la cible de titane.

4. Conclusion :

Au moyen d'un collecteur de charges, nous avons caractérisé la distribution angulaire en énergie et en nombre d'un panache plasma créé sur cible de titane par laser excimère.

Il apparaît que l'expansion du panache est confinée dans un cône de demi-angle de 30-40° autour de la normale par rapport à la cible.

Références

- [1] D.B. Chrisey, G.K. Hubler, Pulsed-laser Deposition of thin films, Wiley. 1994.
- [2] T. Kerdja. K. Yahiaoui. A. Bendib and S. Malek. ; Materials Science Forum 609 p37 (2009).
- [3] L.V.Zhigilei. B.J.Garrison. ; Applied Physics letters 71 (4) p551 (1997).
- [4] N. M. Bulgakova. A. V. Bulgakov. O. F. Bobrenok. ; Phys. Rev. E 62 (4) 5624 (2000).
- [5] R. Janmohamed. J. J. Steele. C. Scurtescu. Y. Y. Tsui. ; Applied Surface Science 253 7964-7968 (2007)