

Source compacte de rayons X

M. Ganciu*, A.M. Pointu et M. Nistor*

LPGP, Université Paris Sud et CNRS, 91405 Orsay cedex, France

Résumé: Des dispositifs miniatures peuvent produire des flashes intenses de rayons X. Ils mettent en jeu un faisceau d'électrons de haute densité de courant obtenu dans des décharges transitoires à cathode creuse. L'étude de ce faisceau a démontré son aptitude à être auto collimaté, permettant ainsi l'interaction ponctuelle avec une cible solide située à l'intérieur du tube à décharge. Nous présentons un dispositif compact utilisant un tube de quartz scellé rempli de Xe à 0,3 Torr. Des impulsions de haute tension (30 à 40 kV, 20 ns, 1-200 Hz) induisent par couplage capacitif la décharge transitoire et le faisceau d'électrons associé. Un aimant extérieur défléchit le faisceau vers la paroi interne du tube, côté anode, donnant une source X quasi-ponctuelle qui est observée à travers la paroi (0.5 mm d'épaisseur) à la fois avec un scintillateur et un détecteur dosimétrique.

1. DECHARGES TRANSITOIRES A CATHODE CREUSE OUVERTE

Des décharges transitoires à cathode creuse ouverte opérant avec des hautes tensions pulsées de quelques dizaines de kV à des pressions de quelques 0.1 mbar peuvent être utilisées pour générer des faisceaux d'électrons de quelques dizaines d'A durant environ 10 ns [1, 2, 3]. L'originalité principale par rapport aux pseudosparks tient à la nature de la cathode et au fait qu'elle ne nécessite aucun diaphragme de collimation. Il n'y a donc pas le passage au régime habituel de superluminescence. Une décharge supplémentaire de préionisation permet d'optimiser facilement les conditions de création et de réglage du faisceau pour le gaz et la pression désirés. L'étude de ce faisceau a démontré, entre autres, son aptitude à être collimaté par la charge spatiale positive associée à un plasma filamentaire produit par lui-même [4], permettant ainsi l'interaction ponctuelle avec une cible solide située à l'intérieur du tube à décharge (Fig. 1)



Figure 1: Plasma filamentaire associé à un faisceau d'électrons et tache de fluorescence induite par l'impact du faisceau d'électrons défléchi dans un champ magnétique sur la surface interne du tube

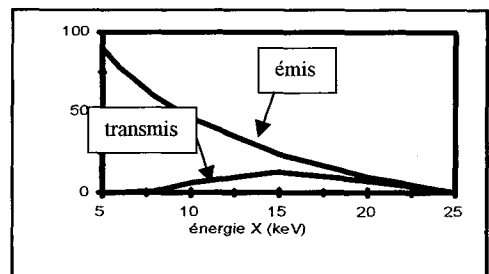


Figure 2: Spectre de rayons X

L'analyse en énergie du faisceau par différentes méthodes a mis en évidence une distribution poly-énergétique contenant à la fois une bosse centrée sur une valeur de l'ordre de la moitié de la tension de claquage de la décharge et aux énergies plus faibles, une quasi-maxwellienne s'étendant jusqu'à quelques dizaines d'eV [5, 6]. Une telle distribution explique le spectre X observé quand il tombe sur une cible solide [6]. Ces résultats, transposés au cas de l'expérience du paragraphe suivant, donnent le spectre de la Fig 2.

* Adresse permanente : Institut de Physique Atomique, NILPRP, P.O. Box MG-36, Bucarest, Roumanie.

2. APPLICATION: SOURCE COMPACTE DE RAYONS X

Ici, nous présentons une nouvelle source, utilisant un tube scellé rempli de Xe à 0.3 Torr dont les caractéristiques essentielles sont: des électrodes diélectriques, une dimension compacte (25 cm × 1.5 cm)

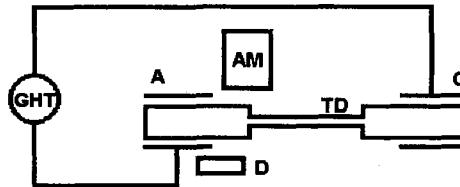


Figure 3: Dispositif expérimental: GHT: générateur de haute tension, AM: aimant, A: anode, C: cathode, TD: tube à décharge, D: détecteur dosimétrique

Une haute tension en impulsions est appliquée entre les extrémités du tube via deux cylindres externes, couplés capacitivement à la surface interne du tube. Elle est produite par un générateur (prototype réalisé pour l'ONERA), qui utilise la compression magnétique et est pilotable par signal TTL ou par signal optique. Il fournit une tension de sortie de $\pm (30 \text{ à } 40 \text{ kV})$ pour une charge infinie, avec : temps de montée = 15 ns, durée = 20 ns, impédance de sortie : $Z_s = 250 \Omega$, fréquence de répétition = 0 à 200 Hz, gitter = 2 ns. Un aimant externe défléchit le faisceau vers la paroi interne du tube de quartz (épaisseur de 0.5 mm), donnant une source X quasi-ponctuelle qui est observée avec un détecteur dosimétrique à thermoluminescence.

La dose mesurée à 7 mm pour une tension de 25 kV est de 3 cGy pour 90 000 impulsions X de 10 ns. Sur la base de l'émissivité lumineuse dans le domaine visible, aucune dérive significative des caractéristiques de la décharge n'a été observée après une utilisation de deux mois. La versatilité de ce type de décharge permet, avec un choix optimisé des paramètres gaz, pression, haute tension, forme de la région anodique, de réaliser des sources de rayonnement visible ou UV stables, reproductibles, de maniement facile et en toute sécurité électrique. Le gitter réduit entre l'impulsion de commande et l'impulsion de rayons X permet le développement d'applications qui nécessitent une détection synchrone particulièrement pour mettre au point des sources miniatures de rayons X d'intérêt médical permettant la réduction de la dose pour le diagnostique.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur gratitude à l'égard de Verre & Quartz à Bondy, France, du Laboratoire des Plasmas Denses à l'Université Paris VI pour la réalisation des tubes à décharge, ainsi qu'aux Dr C. Gaudin et M. Lamoureux qui ont participé aux mesures X et au Service de Physique de l'Institut Gustave Roussy qui en a assuré la dosimétrie.

Références

1. M. Ganciu, G. Modreanu, A.M. Pointu, I.-I. Popescu, J. Phys. D.-Appl. Phys. **27**, 1370 (1994).
2. E. Dewald, K. Frank, D.H.H. Hoffmann, R. Stark, M. Ganciu, N.B. Mandache, M. Nistor, A.M. Pointu, I.-I. Popescu, IEEE Trans. Plasma Sci., **25**, 272 (1997).
3. A.M. Pointu, G. Modreanu, M. Ganciu, N.B. Mandache, M. Nistor, I.I. Popescu, Journal of Technical Physics, Special issue for Invited Papers, XXIVth ICPIG, **XLI**, 401 (2000).
4. M. Ganciu, I.-I. Popescu, V. Zoran, A.M. Pointu, Nucl. Instr. Methods Phys. Res. **B 98**, 541 (1995).
5. G. Modreanu, N.B. Mandache, A.M. Pointu, M. Ganciu, I.I. Popescu, Journal of Physics D: Applied Physics **33**, 819 (2000)
6. M. Nistor, Thèse, Université Paris VI (2000)