

SOURCE D'ULTRAVIOLETS LOINTAINS À PARTIR DE PLASMAS GÉNÉRÉS DANS DES CAPILLAIRES**FAR ULTRAVIOLET FROM PLASMA GENERATED IN CAPILLARIES**

Etablissement **Université Paris-Saclay GS Physique**

École doctorale **Ondes et Matière**

Spécialité **Physique**

Unité de recherche **Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas**

Encadrement de la thèse **Olivier LEROY**

Financement du 01-10-2025 au 30-09-2028 *origine* **Concours EDOM Employeur** **Université Paris-Saclay**

Début de la thèse le **1 octobre 2025**

Date limite de candidature (à 23h59) **30 avril 2025**

Mots clés - Keywords

plasma, UV lointains, micro-onde, radiofréquence, capillaire

plasma, far UV, microwave, radiofrequency, capillary

Description de la problématique de recherche - Project description

Les applications telles que l'analyse de surface UPS (spectroscopie photoélectronique dans l'ultraviolet) nécessitent des sources intenses et collimatées dans l'ultraviolet lointain (FUV) qui impliquent souvent l'accès à de grandes installations expérimentales synchrotron. Nous proposons ici de surmonter ce problème en utilisant des microplasmas générés dans des capillaires de diamètre inférieur à 1 mm, qui sont connus pour produire de fortes densités de particules chargées (électrons et ions), de photons, d'espèces excitées et actives, ainsi que les radiations associées. Ces caractéristiques sont dues à l'énorme densité de puissance, atteignant 10^5 W/cm³, pour une puissance injectée typique inférieure à 100 W. Les plasmas capillaires peuvent être créés en utilisant différentes excitations telles que les

radiofréquences (RF, quelques MHz à quelques dizaines de MHz) ou les micro-ondes (MO, typiquement 2,45 GHz). Schématiquement, dans un gaz noble pur, les électrons ne produisent que des excitations et une ionisation, tandis que dans un gaz d'hydrogène pur, ils rompent en outre les liaisons H₂ entre autres canaux de perte (impliquant des excitations ro-vibrationnelles). Les RF et les MO chauffent très efficacement les électrons libres du plasma et le gaz. Par conséquent, la combinaison de ces deux modes de fonctionnement sur de grandes longueurs (de l'ordre du décimètre au mètre) offre un large éventail de possibilités scientifiques. Il est à noter que l'allumage d'une décharge MO dans des tubes capillaires est particulièrement difficile dans l'hélium ou les gaz moléculaires par rapport à d'autres gaz nobles. La juxtaposition des deux modes d'excitation, RF et MO, en association le long du même capillaire, produit une décharge efficace, le premier étant utilisé pour allumer le plasma et le second pour augmenter la densité électronique. Le projet vise à produire et à comprendre le fonctionnement d'une source d'ultraviolet lointain compacte, lumineuse et bien collimatée, compatible avec l'ultravide, fonctionnant avec de l'hélium (photons de 20 eV) ou de l'hydrogène (photons de 10 eV).

Applications such as surface analysis UPS (UltraViolet Photoelectron Spectroscopy) require intense and collimated Far UltraViolet (FUV) sources that often imply access to large synchrotron experimental facilities. We propose here to overcome this bottleneck by using microplasmas generated in capillary diameters below 1 mm, which are known to produce high densities of charged particles (electrons and ions), photons, excited and active species, and the associated radiations. These features are due to the huge power density, reaching 10⁵ W/cm³, for a typical injected power below 100 W. Capillary plasmas can be created using different excitations such as Radio-Frequency (RF, a few MHz to a few 10s of MHz) or Microwave (MW, typically 2.45 GHz). Schematically, in a pure noble gas, electrons produce only excitations and ionization, while in pure hydrogen gas, they additionally break H₂ bonds among other loss channels (involving ro-vibrational excitations). Both RF and MW very effectively heat free plasma electrons and the gas. Hence, combining these two modes of operation over long lengths (decimeter to meter range) offers a wide range of scientific opportunities. Notice that MW discharge ignition in capillary tubes is particularly difficult in helium or molecular gases compared to other noble gases. The juxtaposition of the two excitation modes, RF and MW, in association along the same capillary, produces an effective discharge, the first being used to ignite the glow and the second to enhance the electron density. The project aims to produce and understand the operation of a compact, ultra-high vacuum compatible bright and well-collimated Far UltraViolet (FUV) source operating with helium (20 eV photons) or hydrogen (10 eV photons).

Thématique / Domaine / Contexte

Les applications telles que l'analyse de surface UPS (spectroscopie photoélectronique dans l'ultraviolet) nécessitent des sources intenses et collimatées dans l'ultraviolet lointain (FUV) qui impliquent souvent l'accès à de grandes installations expérimentales synchrotron. Nous proposons ici de surmonter ce problème en utilisant des microplasmas générés dans des capillaires de diamètre inférieur à 1 mm, qui sont connus pour produire de fortes densités de particules chargées (électrons et ions), de photons, d'espèces excitées et actives, ainsi que les radiations associées.

science des plasmas / science de la lumière

L'allumage d'une décharge microonde dans des tubes capillaires est particulièrement difficile dans l'hélium ou les gaz moléculaires par rapport à d'autres gaz nobles. La juxtaposition des deux modes d'excitation, RF et MO, en association le long du même capillaire, produit

une décharge efficace, le premier étant utilisé pour allumer le plasma et le second pour augmenter la densité électronique. L'ensemble du système permettra de produire une source d'ultraviolets lointains (FUV) compacte, lumineuse et bien collimatée, compatible avec l'ultravide, fonctionnant avec de l'hélium (photons de 20 eV) ou de l'hydrogène (photons de 10 eV).

Objectifs

Le projet vise à produire et à comprendre le fonctionnement d'une source d'ultraviolet lointain compacte, lumineuse et bien collimatée, compatible avec l'ultravide, fonctionnant avec de l'hélium (photons de 20 eV) ou de l'hydrogène (photons de 10 eV) dans un capillaire de faible diamètre sur de grandes longueurs (de l'ordre du décimètre au mètre) à l'aide d'une double excitation RF/Micro-ondes..

Méthode

L'étude paramétrique se concentrera sur l'effet des rayons intérieur et extérieur des capillaires, de la puissance d'excitation et du flux de gaz. Dans un premier temps, nous étudierons le plasma dans des capillaires de diamètre proche de 1 mm. Nous aborderons ensuite le cas plus délicat des capillaires de diamètre inférieur, jusqu'à 100 μm , car un capillaire très fin est plus favorable pour la production de rayonnement UV à haute luminosité.

Références bibliographiques

- [1] O. Leroy, G. Maynard, and T. Minea, Patent FR3114476A1 (publication: 25-03-2022)
- [2] S. Dap, O. Leroy, J Andrieu , C. Boisse-Laporte , and P. Leprince, Plasma Sources Science and Technology 24, 065007 (2015)
- [3] F. Coquery, O Leroy, T Minea, and G.D. Stancu, Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 055003

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Le (la) doctorant(e) travaillera dans l'équipe TMP-D&S – Théorie et Modélisation des Plasmas – Décharges et Surfaces du LPGP sur le Campus de l'Université Paris-Saclay. La direction de thèse sera assurée par O. Leroy (CR - CNRS). Des réunions fréquentes avec le directeur de thèse et des réunions régulières avec les membres de l'équipe auront lieu afin de suivre et d'orienter le travail. Un comité de suivi de thèse sera également mis en place.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Les travaux seront effectués au Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP), qui est une Zone à Régime Restrictif (ZRR).

Ouverture Internationale

-

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

publications dans des revues internationales, participation à des conférences internationales

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

connaissances en physique des plasmas

connaissances en spectroscopie

knowledge on plasma physics

knowledge on spectroscopy

Dernière mise à jour le 18 mars 2025