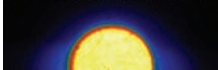


Plasma-Québec Express

Plasma-Québec



REGROUPEMENT STRATÉGIQUE EN SCIENCE ET APPLICATIONS DES PLASMAS

Numéro 1

Octobre 2006

Qui sommes-nous ?

Le plasma constitue un milieu complexe d'une grande richesse dans lequel on retrouve des particules et rayonnements divers susceptibles d'interagir physiquement ou chimiquement avec la matière organique et inorganique, par exemple des électrons, des ions, des radicaux et des photons couvrant selon les conditions la totalité du spectre entre l'infrarouge et le rayonnement X. Pour cette raison, les plasmas constituent des outils génériques et névralgiques pour synthétiser, modifier et analyser des matériaux et des nanomatériaux, pour détruire ou transformer des environnements nuisibles, pour produire de la lumière ou encore de l'énergie, pour réaliser des micro- et nanostructures destinées à la fabrication de dispositifs électroniques, RF ou photoniques,

pour élaborer des instruments de pointe dans le cadre de l'analyse chimique, pour développer des systèmes d'imagerie X à très haute résolution dans le domaine médical, etc. Dans tous ces exemples, le plasma est un outil particulièrement attrayant et souple, procurant souvent une solution écologique et économique à divers problèmes difficiles, voire impossibles à résoudre par les autres moyens physiques ou chimiques traditionnels. Les plasmas sont ainsi au cœur d'un très grand nombre de secteurs d'importance stratégique pour tous les pays industrialisés, notamment les télécommunications, la photonique, le biomédical, l'environnement, l'énergie et l'aéronautique. Plusieurs de ces secteurs sont très bien représentés au Québec.

Plasma-Québec Express a comme vocation première de disséminer des informations en matière d'innovation en science des plasmas au Québec auprès de nos partenaires qu'ils soient universitaires, gouvernementaux ou industriels. De manière plus large, nous sommes convaincus qu'il est capital que cette information touche également des personnes et entreprises visées plus indirectement par la recherche en science et applications des plasmas. Nous vous souhaitons donc la bienvenue à ce premier numéro consacré au regroupement stratégique Plasma-Québec. Nous espérons que vous prendrez plaisir à en prendre connaissance et que ce numéro initiera une longue tradition qui nous permettra de vous compter parmi nos fidèles lecteurs.

Joëlle Margot

Who are we ?

Plasmas are rich and complex media in which various particles and light waves can be found, such as electrons, ions, radicals and photons radiating from infrared to X-rays, any or all of which are able to interact physically and chemically with organic and inorganic matter. Plasmas are thus excellent tools for many operations on matter. Among these are synthesis, modifica-

tion and analysis of materials and nano-materials, destruction or transformation of harmful environments; production of light or even energy; fabrication of micro- and nanostructures intended for electronic, RF or photonic devices; use in advanced instrumentation for environmental analysis; innovative X-ray imaging systems for medicine; etc. In all these examples, plasmas are

attractive and flexible tools capable of providing ecological and economical solutions to various problems which are difficult or even unsolvable using only traditional physical or chemical methods. Many plasmas are at the heart of a large number of strategic sectors for all industrialized countries, sectors such as telecommunications, photonics,

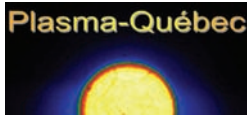
Continued on page 5

SOMMAIRE

TROIS ÉTUDIANTS NOUS RELATENT QUELQUES RÉALISATIONS SCIENTIFIQUES DE PLASMA-QUÉBEC EN 2006. DU CRAYON À PLASMA A LA PHOTOLUMINESCENCE DANS LES NANOCRISTAUX DE SILICIUM, L'INNOVATION EST TOUJOURS AU PROGRAMME.

DANS CE NUMÉRO :

LE CRAYON À PLASMA	2
LA CLEF DES CHAMPS	3
TOUTE LA LUMIÈRE SUR LE SILICIUM	4
GRANDES NOUVELLES...	5
... ET PETITES ANNONCES	6



Le crayon à plasma : un outil à la fine pointe !



UN NOUVEL
OUTIL POUR
LES
APPLICATIONS
MÉDICALES DE
PRÉCISION



Un outil de pointe !

Valérie Léveillé et Sylvain Coulombe, son directeur de thèse de doctorat, ont conçu un crayon à plasma connu sous le nom d'APGD-*t* (Atmospheric Pressure Glow Discharge torch) pour des applications biomédicales de précision. L'équipe de chercheurs a démontré que cet outil peut être utilisé pour l'excision cellulaire, la perméabilisation temporaire de cellules et la création de micro-patrons cellulaires. Ce crayon est constitué de deux électrodes concentriques séparées par un tube de quartz se terminant en une buse de 500 μm ou moins. Le crayon se tient facilement dans une main. Une variété d'espèces réactives (ex. O_2) peut être injectée à l'intérieur de l'électrode centrale, dans un tube capillaire métallique, ce qui permet de préserver la stabilité du plasma formé dans le tube de quartz. La longueur du jet de plasma est de 2 à 3 mm et son diamètre est inférieur à 0.5 mm. La source d'excitation est modulée en amplitude, ce qui permet d'exploiter une vaste gamme de puissances ($\sim 0.2 - 60$ W). La température à la sortie de la buse est faible (inférieure à 2000 K), et celle des particules lourdes peut être aussi faible que 25°C. La spectroscopie d'émission opti-

que conjuguée à une analyse théorique de la chimie du plasma a révélé la présence de plusieurs espèces réactives, dont des métastables d'He, des radicaux OH, O et des molécules O_2 , N_2 , N_2^+ et O_3 . À long terme, l'équipe de chercheurs veut élaborer des applications de thérapie génique pour le crayon à plasma.

Valérie Léveillé and Sylvain Coulombe, her Ph.D. thesis supervisor, have developed a "plasma pen" also known as APGD-*t* (Atmospheric Pressure Glow Discharge torch) for precise biomedical applications. The researchers have shown that this tool can be used for cellular excision, temporary cell permeabilization and creation of cell micro-patterns. This pen is made of two concentric electrodes separated by a quartz tube ending on a 500 μm or less nozzle. The pen is easily held in one hand. A variety of reactive species (e.g. O_2) can be injected inside the central electrode through a capillary tube, which maintains the stability of the plasma formed in the quartz tube. The plasma jet is typically 2-3 mm and its diameter is less than 0.5 mm. the excitation source is amplitude-modulated which enables



Crayon à plasma tenant dans une main

to operate over a large power range ($\sim 0.2 - 60$ W). The temperature at the nozzle exit is weak (less than 2000 K), and that of the heavy species can be as low as 25°C. Optical emission spectroscopy coupled to a theoretical analysis of the plasma chemistry have shown the existence of several reactive species, including helium metastables, OH radicals, O atoms and O_2 , N_2 , N_2^+ et O_3 molecules. In the long term, the research team expect to use this plasma pen to develop gene therapies.

Valérie Léveillé

Brevet américain en cours/
US patent pending
Coulombe S., Léveillé V., Leask R. L et Yonson S. "A Plasma Source and Applications Thereof", # Application du brevet 11/383,581, Mai 16 2006.

Contact
Valerie.leveille1@mail.mcgill.ca
Sylvain.coulombe@mcgill.ca

La clef des champs !

La conception d'applicateurs de champ de haute fréquence qui soient simples d'utilisation et d'efficacité énergétique maximale pour produire des plasmas de stabilité indépendante des conditions opératoires (comme la puissance micro-onde ou le débit des gaz), que ce soit à l'intérieur d'une tube diélectrique ou à la sortie d'une buse métallique est extrêmement importante. Le Groupe de physique des plasmas de l'Université de Montréal a joué un rôle de pionner dans la conception de tels applicateurs destinés à la génération de plasmas micro-ondes, en particulier ceux voués à la propagation d'ondes électromagnétiques de surface. Plusieurs applications ont ainsi vu le jour au cours des 30 dernières années, grâce à la disponibilité de tels applicateurs. Parmi celles-ci, on peut mentionner la destruction des gaz à effet de serre, la stérilisation de dispositifs médicaux et le dépôt de couches minces de diamant. Récemment, Thomas Fleisch, Michel Moisan son directeur de mémoire de maîtrise et leurs collaborateurs ont consacré des efforts importants à la conception d'applicateurs construits à partir de guides d'onde permettant de transmettre efficacement plusieurs kilowatts de puissance au plasma, une caractéristique très recherchée en milieu industriel. En considérant une approche relativement simple basée sur la notion de bilan de puissance et en représentant l'applicateur à l'aide d'un modèle de circuit équivalent,

ils ont pu comprendre la variation du transfert de puissance de la source micro-ondes au plasma. Ils ont conçu et optimisé un applicateur ne nécessitant aucun moyen d'accord d'impédance et dont l'efficacité de transfert de puissance est de l'ordre de 98%. Celui-ci présente également l'avantage de générer un plasma pratiquement insensible aux variations des conditions opératoires. Cette démarche d'optimisation est générale et peut être appliquée à d'autres types de source de plasma basées sur d'autres technologies micro-ondes (micro-ruban, triplaque, etc.), permettant ainsi d'envisager des applications industrielles plus simples, robustes et économiques.

Designing high-frequency field applicators being at the same time of simple use, exhibiting an optimized energetic efficiency and able to generate plasmas with stability independent of the operating conditions (like microwave power or gas flow rate), either in a dielectric tube or at the exit of a metallic nozzle is extremely important. The Groupe de Physique des Plasmas de l'Université de Montréal has been a pioneer in such a design of applicators intended to generate microwave plasmas, in particular those based on the propagation of electromagnetic surface waves. Various applications were born from this capability over the last three decades. Among them, let us note greenhouse gas destruction, sterilization of

biomedical devices and diamond thin film deposition. Recently, Thomas Fleisch, his master thesis supervisor Michel Moisan, and their collaborators have devoted important efforts to designing applicators built from waveguides able to efficiently transport several kilowatts of microwave power to the plasma, a feature highly recognized for industrial applications. By using a relatively simple approach based on the concept of power balance and on an equivalent circuit model, they have been able to understand the dependence of the power transfer from the microwave source to the plasma. They have conceived and optimized an applicator that does not require any impedance matching system with an efficiency of 98%. Another advantage of this applicator is to produce a plasma that is practically insensible to the operating conditions. This optimization approach is quite general and can be applied to other kinds of plasma sources based on different microwave technologies (micro-strips, three-plate stripline, etc.), opening the possibility of simple, robust and cost-effective industrial applications.

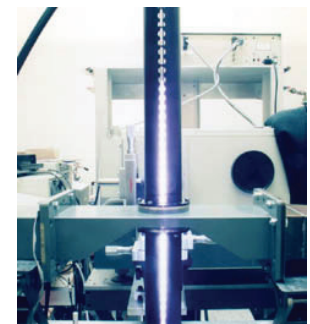
Thomas Fleisch

Article
T. Fleisch, Y. Kabouzi, M. Moisan, J. Pollak, E. Castaños-Martínez, H. Nowakowska and Z. Zakrzewski, "Designing an efficient microwave-plasma source, independent of operating conditions, at atmospheric pressure", soumis à Plasma Sources Science and Technology.

Contact
Thomas.fleisch@gmail.com
Michel.moisan@umontreal.ca



DES PLASMAS
STABLES
QUELLES QUE
SOIENT LES
CONDITIONS
OPÉRATOIRES



Surfatron-guide alimentant une torche micro-onde à la pression atmosphérique

Toute la lumière sur le silicium !



INTÉGRER DU SILICIUM DANS DES DISPOSITIFS OPTO-ÉLECTRONIQUES

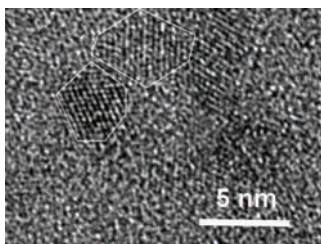


Image TEM de nanocristaux de silicium

Depuis l'invention du transistor, de nombreuses recherches consacrées au silicium ont permis aux dispositifs électroniques d'atteindre des performances très voisines des limites physiques pour ce matériau. Par contre, le silicium étant un piètre émetteur à cause de sa bande interdite indirecte, son intégration dans les dispositifs optoélectroniques n'a pas encore pu être réalisée. Au début des années 90, les recherches ont démontré que l'efficacité lumineuse du silicium peut être accrue de façon significative si on le confine dans un petit volume de l'ordre de quelques nanomètres. Par la suite, la recherche dans ce nouveau domaine s'est concentrée sur la conception de techniques de synthèse de nanocristaux de Si. Cependant, la compréhension des mécanismes de formation des nanocristaux de Si est encore très fractionnaire.

Daria Riabina, son directeur de thèse de doctorat Mohamed Chaker et leurs collaborateurs se sont attaqués à cette question. En premier lieu, ils ont élaboré une nouvelle méthode de fabrication de nanocristaux de Si encastrés dans une matrice d'oxyde. Cette méthode combine une technique de synthèse par ablation laser réactive à un traitement thermique. Des couches minces de sous-oxyde de Si sont d'abord produites par ablation laser d'une cible de Si, le degré d'oxydation étant contrôlé par une atmosphère réactive d'oxygène. Un traitement thermique subséquent des couches permet de former les nanocristaux de Si par précipitation. Ceux-ci, encastrés dans une matrice d'oxyde de Si, émettent du

rayonnement rouge et infrarouge dont la longueur d'onde peut être contrôlée en faisant varier la taille des nanocristaux, elle-même sensible des conditions opératoires. En corrélant la concentration du Si non-oxydé à la taille des nanocristaux, les chercheurs ont démontré que la formation des nanocristaux obéit à la théorie classique de nucléation et de croissance dans un milieu solide, selon laquelle la distance entre les centres de noyaux des nanoparticules reste constante. Cette recherche fondamentale apporte un éclairage nouveau sur la compréhension des mécanismes de synthèse des nanocristaux de Si et, de ce fait, ouvre la voie à un meilleur contrôle de leurs propriétés optoélectroniques.

Since the invention of the transistor, numerous scientific studies devoted to silicon have enabled silicon-based devices to reach performances approaching the physical limits. Silicon is however practically absent of optoelectronics because it is a very inefficient light emitter due to its indirect bandgap structure. In the early 90s, it was demonstrated that reducing the size of silicon down to several nanometers results in a drastic increase of the emission efficiency. Since then, numerous investigations have been devoted to the development of methods for synthesizing Si nanocrystals in order to study their optoelectronic properties. Yet, the mechanisms of formation of Si nanocrystals are not understood very well.

Daria Riabina, her Ph.D. thesis supervisor Mohamed Chaker and their collaborators have undertaken to inves-

tigate the nucleation and growth of Si nanocrystals. They first developed a new method for synthesizing Si nanocrystals embedded in Si oxide. This method combines reactive pulsed laser deposition to a post-deposition thermal treatment. In a first step, Si suboxide films are deposited by laser ablation of a Si target under reactive oxygen atmosphere which enables to control the oxidation degree. A subsequent thermal treatment is performed to form Si nanocrystals by precipitation. These nanocrystals embedded in Si oxide emit red and infrared light with wavelengths controlled by the nanocrystal size which depends on the operating conditions. Correlating the concentration of non-oxidized Si to the Si nanocrystal size reveals that the formation of Si nanocrystals follows the classical nucleation theory, where the distance between nuclei centers remains constant. The fundamental understanding of the mechanisms governing the synthesis of Si nanocrystals improves the control of Si optoelectronic properties. This fundamental study shed a new light on the understanding of Si synthesis mechanisms and therefore opens the way to the wide-scale integration of silicon in optoelectronics devices.

Daria Riabina

Article
D. Riabina, C. Durand, J. Margot, M. Chaker, G.A. Botton, F. Rosei, "Nucleation and growth of Si nanocrystals in an amorphous SiO₂ matrix", Phys. Rev. B, 74, 075334(2006)

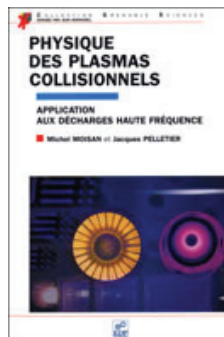
Contact
Riabina@emt.inrs.ca
Chaker@emt.inrs.ca

Les capsules

- La 4^{ème} Conférence internationale LIBS sur la spectroscopie de plasmas induit par laser, LIBS 2006, s'est tenue à Montréal du 4 au 8 septembre 2006. Organisée par notre collègue Mohamad Sabsabi de l'Institut des Matériaux Industriels de Boucherville, elle s'est avérée un franc succès. Tenue près du quartier historique du centre-ville, la conférence a attiré plus de 180 présentations et 210 participants provenant de 24 pays représentant les 5 continents. Les conférences précédentes s'étaient déroulées à Pise, en Italie, à Orlando, en Floride et à Malaga, en Espagne. Un des points forts du programme social fut le souper de conférence dans un bateau circulant sur la voie navigable du St-Laurent en face de Montréal. Durant ce souper, des prix ont été octroyés aux meilleures affiches présentées par des étudiants. L'accent mis sur des technologies innovantes, la participation de nombreux nouveaux venus et des présentations sur de récents développements ont contribué à faire de LIBS 2006 un événement particulièrement stimulant. Plasma-Québec a été l'un des commanditaires de l'événement.
- Luc Stafford a obtenu le prix 2006 de la Faculté des Études Supérieures de l'Université de Montréal pour la meilleure thèse de doctorat en sciences fondamentales et appliquées. Ce prix d'une valeur de 1500 \$ sera remis lors d'une cérémonie officielle le 13 novembre 2006.

Sur les rayons

- Le professeur Michel Moisan et son collaborateur grenoblois Jacques Pelletier ont publié un ouvrage intitulé « Physique des plasmas collisionnels : Application aux décharges haute fréquence ». Edité par la maison française d'édition EDP Sciences, l'ouvrage est une introduction à la physique des plasmas collisionnels destiné à un public de scientifiques non-spécialistes. Il s'agit d'un des rares ouvrages récents rédigés en français dans le domaine des plasmas.



GRANDES
NOUVELLES ...

Who are we ?

Continued from p. 1

biomedical, environment, energy and aeronautics, to name only a few. Several of these sectors are well represented in Québec.

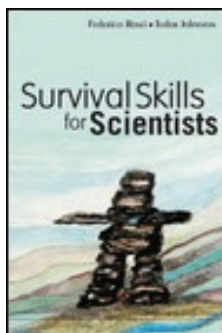
Plasma-Québec Express is principally devoted to the dissemination of first-hand information related to innovation in plasma science in Québec. While intended for our university, government and industrial partners, we also hope that this information will eventually reach every person or company involved even quite indirectly with research in plasma science and applications.

In closing, we bid you welcome to the first issue of this bulletin devoted to the strategic network we call Plasma-Québec. We hope that you will find it a pleasure to read and that this number will start a long tradition of faithful readership.

Joëlle Margot

Translated by Tudor Johnston

- Les professeurs Federico Rosei et Tudor Johnston ont publié le livre « Survival skills for scientists ». Véritable guide de survie prodiguant conseils et astuces aux jeunes scientifiques afin de les aider à faire les bons choix dans le déroulement de leur carrière, cet ouvrage est édité chez



World Scientific. De même que les artistes prennent un agent pour mettre leur carrière en valeur, ce livre explique avec humour et au moyen d'anecdotes les règles non écrites de la réussite scientifique, notamment comment être publié et connu, et l'art d'attirer du financement.

Pour nous rejoindre
 Téléphone : 514 343 6850
 Télécopie : 514 343 2071
 Courriel :
 info@plasmaquebec.ca

Formation 2006 : mémoires et thèses

Maîtrises

- *Isabelle Bolduc*
 « Application de modèles numériques au traitement de l'aluminium liquide. », Dir. P. Proulx
- *Thomas Fleisch*
 « Adaptation d'impédance des applicateurs de champ HF servant à l'entretien des plasmas d'onde de surface », Dir. M. Moisan
- *Lu Jia*
 « Inductively Coupled Thermal Plasma Synthesis of CeO₂-based Nanopowders », Dir. F. Gitzhofer
- *Yazid Lakaf*
 « Étude de l'interaction plasma/surface en écoulement supersonique par spectroscopie d'émission », Dir. M. Boulos/D. Gravelle

- *Crina Popovici*
 « Caractérisation de la post-décharge à pression réduite d'un plasma de N₂-O₂ : optimisation des conditions opératoires et maximisation de l'intensité UV émise dans la chambre de stérilisation », Dir. M. Moisan
- *François Roy*
 « Modification de la surface du cuivre par implantation ionique par source plasma (IISP): application à l'érosion à arcs », Dir. G. Ross/J.L. Meunier
- *Jocelyn Veilleux*
 « Caractérisation par interférométrie en lumière faiblement cohérente de milieux céramiques hautement diffusants », Dir. M. Boulos/C. Moreau

Ph.D.

- *Behnam Goordani*
 « Matériaux ultra-poreux par plasma », Dir. P. Proulx
- *Valérie Léveillé*
 « A miniature atmospheric pressure glow discharge torch for localized biomedical applications », Dir. S. Coulombe
- *David Pelletier*
 « Modélisation de la cinétique chimique dans les plasmas inductifs, application aux procédés », Dir. P. Proulx
- *Luc Stafford*
 « Etude fondamentale des mécanismes de gravure par plasma des matériaux de pointe : application à la fabrication de dispositifs photoniques », Dir. J. Margot/M. Chaker

... ET PETITES ANNONCES

Félicitations à tous nos diplômés !

A votre agenda

- Le 53rd International Symposium de l'American vacuum Society se tiendra à San Francisco du 12 au 17 novembre.
- Du 12 au 16 mars 2007 aura lieu la rencontre « Nano and Giga School » qui fait partie de la conférence « Nano and Giga Challenges in Electronics and Photonics » à Phoenix en Arizona. L'événement est co-présidé par Federico Rosei.
- Le congrès de l'ACFAS se tiendra à Trois-Rivières du 7 au 11 mai 2007. Plasma-Québec a déposé une proposition de colloque intitulée « Plasmas : défis actuels et futurs ». Réponse en décembre !
- La conférence ICPIG (International Conference on Phenomena in Ionized Gases) aura lieu à Prague du 15 au 20 juillet 2007.
- Le 18ème International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC) se tiendra à Kyoto au Japon du 26 au 31 août 2007.

Nouveau logo

Plasma-Québec s'est doté d'un nouveau logo. Il est basé sur la photographie d'un plasma d'aluminium produit par ablation laser dans l'air à la pression atmosphérique. L'image a été obtenue par caméra CCD intensifiée 100 ns après l'impulsion laser avec une durée d'intégration de 10 ns. N'hésitez pas à utiliser ce logo pour illustrer les activités de recherche réalisées dans le cadre de Plasma-Québec.



53ème Symposium international de l'AVS

Nous serons heureux de recevoir vos commentaires et vos informations aux coordonnées apparaissant ci-dessus.