

Colloque de Plasma-Québec

Les plasmas : de la science aux applications

1 au 3 juin 2010, Montréal

Recueil des résumés

A X I S

 DELTA
PHOTONICS

FPIinnovations 

PHIVAC Inc 

Advancing Plasma-Based Technologies
PLASMIONIQUE
À l'Avant-Garde des Technologies Plasmas

SYSTEMS FOR RESEARCH
SFR 
MAGNIFYING NANOSCIENCE

Liste des auteurs

Abatzoglou, N.....	2.4	Ismail, M.....	5.5
Ahadi, J.....	3.5	Jia, L.....	5.3
Almeida, V.A.B.....	5.3	Johnston, T.W.	4.1
Alves, L.L.....	1.1	Ka, I.....	2.7
Anghel, C.....	6.2	Karmouch, R.....	5.10
Arefi-Khonsari, F.....	6.1	Kieffer, J.-C.....	3.2, 3.8
Berk D.....	2.6	Killicaslan, A.....	1.2
Bérubé P.-M.....	1.3, 2.3	Kosierb, R.....	6.4
Blanchard, J.....	2.4	Kumar, V.....	6.1
Blanchard V.....	5.9, 6.2	Lassonde, P.....	3.2
Blanchet P.....	6.2	Laville S.....	2.1, 2.10
Bouchard, P.....	6.4	Lavocat-Dubuis, X.....	3.3, 3.6, 3.8
Boudreault, O.....	1.2, 3.4	Le Borgne V.....	6.6
Boulos, M.....	8.3	Légaré, F.....	3.2
Braidy, N.....	6.3	Lerouge, S.....	5.4
Brunette, I.....	3.7	Loszach, M.....	6.5
Busnel, F.....	5.9	Lussier, S.-A.....	3.4
Cabarrocas, P.R.I.....	7.3	Ma, D.....	2.5, 2.7, 5.8
Carabin, P.....	8.2	Maaloul, L.....	5.7
Castaños-Martínez E.....	2.9	Margot J.....	1.3, 2.3, 2.5
Castrucci, P.....	6.6	Marian, A.....	3.7
Chaker M.....	1.3, 2.1, 2.5, 2.10, 5.5, 5.8	Matte J.-P.....	1.5, 3.3
Coïa, C.....	8.4	Mattei, S.....	1.2
Corkum P.B.....	3.1, 3.2	Meunier J.-L.....	2.2, 2.6
Costantino, S.....	3.7	Moisan M.....	2.9
Côté, C.Y.....	8.5	Montavon, G.....	4.3
Coulombe S.....	2.2, 2.8, 7.2	Morandotti. R.....	5.2
Darthout, E.....	5.1	Morel, S.....	5.7
De Crescenzi, M.....	6.6	Nada, O.....	3.7
Delprat, S.....	5.5	Oh, J.H.....	5.5
Dionne M.....	2.2	Ozaki T.....	3.5, 3.6, 3.8, 4.4
Dolbec, R.....	8.3	Pertot, Y.....	3.5
Donnelly, V.M.....	1.2	Piché, F.....	1.2
Doucet, F.R.....	6.4	Pignolet, A.....	5.2
Dussart, R.....	4.2	Poirier, J.-S.....	1.3, 2.3
El Khakani M.A.....	2.7, 6.6	Popovici C.A.....	3.6
Elouga Bom L. B.....	3.5	Pristavita R.....	2.6
Eslahpazir Esfandabadi, R.....	2.4	Prégent, J.....	5.9
Ferrera, M.....	5.2	Pulpytel, J.....	6.1
Fisher, E.R.....	1.4	Rifai, K.....	2.10
Gitzhofer F.....	2.4, 5.1, 5.3, 5.6, 6.7	Razzari, L.....	5.2
Goueguel C.L.....	2.1	Riabinina, D.....	2.5, 5.8
Haji Abolhassini, A.A.....	1.5	Riedl B.....	6.2
Harbec, D.....	6.7	Ross, G.G.....	5.10
Hwang, J.-Y.....	5.2	Rossi, F.....	6.1
		Rousseau, F.....	2.9
		Ruiz, J.-C.....	5.4

Liste des auteurs

Sabsabi M.	2.1, 2.10, 6.4
Sarkissian A.	5.9
Schmidt, B.E.	3.2
Shen, Y.	5.6
Shiner, A.D.	3.2
St.-Georges-Robillard, A.	5.4
Stafford L.	5.7, 1.2, 1.3, 5.9, 7.4
Tagnit-Hamou	6.7
Tavares J.	2.8
Thérésy, C.	5.4
Tikhonchuk, V.	7.1
Trallero-Herrero, C.	3.2
Ventzek, P.L.G.	8.1
Vidal F.	2.1, 2.10, 3.4, 3.6, 3.7, 3.8
Villeneuve, D.M.	3.2
Wertheimer M.R.	5.4
Wu, K.	5.5
Zhang, J.	5.8

Modélisation de sources plasma : les succès et les nouveaux défis

(Modeling of plasma sources : successes and new challenges)

Luís L. Alves

Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear - Laboratório Associado, Instituto Superior Técnico,
Lisboa, Portugal

Plasma sources are routinely used in many different applications, with both research and industry, which justifies a continuous investment in the study of gas discharges, not only to understand the physical mechanisms controlling their operation but also to project new reactor versions. In this context, predictive modeling is a non-expensive, competitive approach to the study of plasma sources; well-validated models can provide systematic and fast results over a multiple combinations of parameters, often about physical quantities unavailable by experimental diagnostics.

In this lecture, I will present the general strategy usually adopted in the fluid modeling of plasma sources (one or two-dimensional; stationary or time-dependent), to describe: (i) the power coupling and deposition (obtained from the solution to Maxwell's equations, knowing the charge distribution within the plasma, and to the electron power balance equation); (ii) the transport of species (obtained by solving the corresponding particle balance and flux equations); (iii) and the plasma reactivity (defined by a collisional-radiative model, to account for the production/ destruction of species, which is solved coupled to the kinetic electron Boltzmann equation). The successes with this research work will be illustrated by several modeling results, obtained in the study of various plasma sources at intermediate and high-pressures: dc positive column / rf capacitively coupled reactor / hf surface-wave discharge / hf axial injection torch / hf micro-discharge.

By analyzing the information with these different modeling studies, it is possible to conclude about the quality of predictions, for quantities such as the plasma potential, the electron and the gas temperatures, and the density of species (charged and neutral), at various frequencies, pressures and applied powers. Moreover, one can also learn about the main uncertainties affecting the results, thus defining a set of new challenges for the future of this modeling activity.

Étude de la fonction de distribution en énergie des électrons dans un plasma basse pression d'argon entretenu par une onde de surface

O. Boudreault¹, S. Mattei¹, A. Kilicaslan¹, L. Stafford¹,
F. Piché¹ et V.M. Donnelly²

¹Departement de physique, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7

²Department of Chemical and Biomolecular Engineering, University of Houston, Houston

Les plasmas entretenus par ondes de surface connaissent un grand succès vu leurs multiples avantages, plus particulièrement dans le domaine du traitement de matériaux. Dans ce type de décharge, la fréquence plasma moyenne ω_p est plus grande que la fréquence de l'onde ω ce qui permet la propagation de l'onde. Cependant, à cause d'inhomogénéités spatiales dans la densité du plasma, des zones de résonance où $\omega_p = \omega$ peuvent apparaître près des parois. Ces résonances sont source de pics importants dans le champ électrique radial. Il a été conclut par des simulations numériques que ces pics dans le champ pouvaient générer des électrons ultra-rapides. Cependant, cet effet n'a jamais été observé expérimentalement. Par spectroscopie optique de gas rares (TRG-OES), nous avons mesuré la fonction de distribution en énergie des électrons (FDEE) d'un plasma d'argon maintenu à basse pression (< 50 mTorr) dans un tube de quartz. La fréquence d'excitation, f , et le rayon du tube, a , ont été variés de 100 à 2450 MHz et de 4 à 15 mm, respectivement. Pour un plasma d'argon à 50 mTorr avec $f=100$ MHz et $a=4$ mm, la FDEE était Maxwellienne avec une température électronique $T_e=4$ eV. Pour une fréquence d'excitation plus élevée, on on observé une FDEE à trois températures avec $T_{e\text{-faible}} > T_{e\text{-élevé}} < T_{e\text{-queue}}$. Les mécanismes pouvant mener à une FDEE différente pour les paramètres étudiés seront discutés.

Influence des argons métastables sur la détermination de la température du gaz par spectroscopie optique d'émission

J. S. Poirier¹, P. M. Bérubé¹, J. Margot¹, L. Stafford¹, M. Chaker²

¹ Groupe de physique des plasmas, Université de Montréal, Montréal

² INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

La température du gaz est un paramètre clé du plasma qui affecte la plupart des caractéristiques de ce dernier : densité des neutres, température électronique, densités ioniques, etc. Elle est couramment mesurée par spectroscopie optique d'émission de la structure rovibronique de l'azote, inséré à titre d'espèce thermométrique. Dans ce travail, cette méthode est utilisée afin de déterminer la température d'un plasma à couplage inductif composé d'un mélange Ar/N₂. Nous montrons que la température rotationnelle de différentes bandes rovibroniques est influencée par la présence d'atomes métastables d'argon dans la décharge. Les températures obtenues par cette méthode se situent entre ~400 K et ~500 K pour des pressions variant de 0.4 à 15 mTorr. La température et la densité des électrons ainsi que la densité des atomes métastables d'argon ont aussi été mesurées. Les résultats indiquent que les atomes métastables d'argons excitent plusieurs bandes rovibroniques, menant alors à une large surestimation de la température du gaz. De plus, nous signalons que cette surévaluation augmente avec la pression, tout comme l'importance relative des métastables dans la décharge.

Using the Imaging of Radicals Interacting with Surfaces (IRIS) Technique to Understand Molecular-Level Plasma Chemistry

Ellen R. Fisher

Department of Chemistry, Colorado State University, Fort Collins CO, USA

Many mechanistic details for plasma processing of materials remain unknown, despite their near ubiquitous use in a variety of industrial applications. Understanding surface interactions of plasma species provides critical molecular level information about plasma processing, especially at interfaces. In addition, power dissipation and energetics are also important for elucidation of mechanistic details in plasmas. The imaging of radicals interacting with surfaces (IRIS) technique measures interactions of radicals *during* plasma processing of a variety of materials. This technique combines molecular beam and plasma technologies with laser-induced fluorescence (LIF) to provide spatially-resolved 2D images of radical species involved in film formation or etching. IRIS allows for determination of radical-surface interactions during plasma processing. Furthermore, IRIS provides direct information on the energetics of plasma-generated radicals as well as for species scattering off of surfaces. IRIS data for species in PECVD and etching environments will be presented. This work concentrates on plasma species during deposition, etching or modification of primarily silicon-based or carbon-based materials. Comparisons will be made between the surface interactions of individual species to elucidate the chemistry of both the molecules and the plasma processes.

Simulations of two temperature plasmas using two Maxwellians and Laguerre polynomials

Amir Abbas Haji Abolhassani et Jean-Pierre Matte

INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

There are several situations which produce two temperature plasmas. When a sub-picosecond, ultra-intense laser pulse impinges on a solid target, very energetic electrons are produced, and these thermalize on the majority background electrons. Electron heat flow in steep temperature gradients is known to produce distinctly non-Maxwellian electron velocity distributions: In the cold regions, there is a considerable surplus of hot electrons which have streamed from the hot regions before being thermalized. In electron kinetic codes, the velocity distribution function is represented on a grid in velocity space. Expanding the angular dependence in Legendre polynomials has been shown to greatly reduce the computational requirements, but the energy grid is still a burden. Here, we represent the energy dependence as a sum of two Maxwellians, each multiplied by a finite sum of Laguerre polynomials. As a first step, we develop an algorithm for advancing the two temperatures and the Laguerre polynomial coefficients in time, for the Fokker-Planck electron-electron collision operator, which is the most complex part of this endeavor. We simulate the relaxation of a very hot Maxwellian against a cold one (temperature ratio of 100:1 and higher) in a uniform plasma, and compare the results to those of a finite difference electron kinetic code, "FPI" to validate the algorithm. The results show that representing the cold electrons as a simple Maxwellian, as is often done in some "hybrid" codes can be very incorrect. The consequences of these changes to the distribution function on the rates of ionization will be shown.

Analyse d'alliages d'aluminium par resonance-enhanced laser-induced breakdown spectroscopy (RELIBS) : influence des paramètres expérimentaux

Christian Goueguel¹, Stéphane Laville², François Vidal¹, Mohamad Sabsabi²
et Mohamed Chaker¹

¹ INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

² Conseil National de Recherches Canada, Institut des Matériaux Industriels, Boucherville

Dans cette étude, nous avons appliqué la technique RELIBS (Resonance-Enhanced Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) pour l'analyse d'échantillons d'aluminium. La technique consiste à ablater l'échantillon à analyser avec un laser Q-switched Nd :YAG à 1064 nm puis après un certain délai un laser OPO (Optical Parametric Oscillator) accordé à 396.15 nm vient exciter sélectivement la raie résonante de l'aluminium, de manière à induire des transferts d'énergie par collisions entre les différentes espèces présentes à l'état de trace dans le plasma, dont le silicium et le magnésium. Nous avons montré que, relativement à l'analyse par LIBS conventionnel, le rapport signal-sur-bruit de l'émission d'éléments traces peut-être considérablement amélioré pour des fluences d'ablation proches du seuil d'ablation, ce qui rend cette technique particulièrement intéressante pour l'analyse d'échantillons où les dommages doivent être réduits au minimum. Cette présentation illustrera nos résultats sur l'étude de l'influence des paramètres expérimentaux sur le signal d'émission et sur notre compréhension des principaux processus physiques impliqués.

Plasmas à basse pression entretenus par émission thermo-champ sur des nanotubes de carbone

Martin Dionne, Sylvain Coulombe et Jean-Luc Meunier

Département de Génie Chimique, Université McGill

Nos calculs précédents ont démontré que l'émission thermo-champ était théoriquement possible pour des réseaux des nanotubes de carbone insérés dans des patrons d'oxyde anodique d'aluminium. Ces calculs ont permis une optimisation du design de l'électrode; nous présentons ici les premiers résultats expérimentaux sur ces géométries spécifiques. Les réseaux de nanotubes optimisés doivent être denses ($10^{13-14}/\text{m}^2$) et de longueur variable (plus de 100 nm). Nous avons créé des électrodes composites reproduisant cette géométrie à partir d'aluminium commercial et avons observé un mode d'émission ressemblant à l'attachement diffus d'arcs électriques sur des électrodes réfractaires. Le point d'attachement mesure quelques mm^2 à quelques cm^2 et la différence de potentiel entre l'anode et la cathode est très faible, variant de 38 à 140 V selon la composition du mélange gazeux à 1-2 Torr. Les plasmas d'azote demandent des différences de potentiel légèrement plus grandes que les plasmas d'argon et produisent une grande quantité de rayonnement UV. L'analyse spectroscopique du spectre UV-visible a révélé des températures rotationnelles variant de 1800 à 3000 K. Les observations par microscopie électronique à balayage ont indiqué que les nanotubes pouvaient demeurer intacts et que les surfaces métalliques (autres que nos électrodes) exposées au plasma près des nanotubes étaient la principale source d'érosion.

Mesure de la densité absolue de Cl et de Cl₂ dans un plasma de chlore à couplage inductif par actinométrie

Pierre-Marc Bérubé, Jean-Sébastien Poirier, Joëlle Margot

Universtié de Montréal

Le degré de dissociation d'un plasma est un paramètre clé pour déterminer le taux de gravures ainsi que la forme des profils obtenus. Nous avons procédé à la caractérisation de ce paramètre dans un plasma de chlore à couplage inductif en fonction de la pression et de la puissance. Dans un premier temps, une trace (<5%) de xénon a été introduite dans la décharge comme actinomètre. Ensuite, l'intensité des raies d'émission du Cl₂ (306,0 nm), du Cl(792,46 nm) et du Xe (828,0 nm) a été mesurée par spectrométrie optique. La densité relative du Cl₂ et du Cl a été obtenue respectivement en calculant le rapport des intensités des raies Cl₂(306,0 nm)/Xe (828,0 nm) et Cl(792,46 nm) /Xe (828,0 nm). Un modèle 0D prenant compte du peuplement des états excités à partir d'états métastables ou par cascade à partir d'états d'énergie supérieure a été utilisé pour corriger les rapports calculés. Finalement, les densités absolues ont été obtenues à l'aide de mesures en fonction de la puissance : l'intensité des raies a été extrapolée jusqu'à la puissance nulle, permettant ainsi d'obtenir un point de calibration. Pour des pressions de 1 entre 10 mTorr, le degré de dissociation est faible à basse puissance (<300W), puis augmente rapidement pour atteindre des valeurs supérieures à 90% à 4000W. De plus, le degré de dissociation diminue en fonction de la pression pour une même puissance.

Utilisation du plasma inductif pour la production par atomisation d'un catalyseur nanométrique de carbure de fer pour la synthèse Fischer-Tropsch

Jasmin Blanchard, Roham Eslahpazir Esfandabadi, François Gitzhofer et Nicolas Abatzoglou

Département de Génie Chimique et Biotechnologique, Université de Sherbrooke

La demande croissante pour l'énergie et les problèmes environnementaux reliés à l'utilisation des ressources fossiles justifient l'intérêt croissant porté à la réaction de synthèse Fischer-Tropsch (SFT) pour la production de carburants liquides à partir de gaz de synthèse. Dans ce projet, le gaz de synthèse utilisé pour la SFT origine de la biomasse et est composé de 56% d'H₂, 33% de CO et 11% de CO₂.

Pour la SFT, les paramètres importants du catalyseur sont sa stabilité, sa sélectivité et son efficacité pour la conversion du CO et ils constituent l'essentiel de l'effort de recherche et développement. Cette étude présente une méthode pour la production d'une nano-poudre de carbure de fer qui est actuellement utilisée pour faire du SFT. Le catalyseur est produit à partir d'une suspension de micro-particules de fer dans de l'huile minérale. La suspension est atomisée dans un plasma d'argon et d'hydrogène généré par induction. L'huile est décomposée en carbone et hydrogène et le carbone peut se recombinaison avec le fer pour former le carbure. L'hydrogène a pour rôle d'augmenter la température du plasma, de transformer une partie du carbone excédentaire en méthane et de maintenir le milieu réducteur. Le reste du carbone excédentaire forme une matrice qui protège les nano-particules de carbure (entre 5 et 35nm) de l'oxydation une fois ces dernière exposée à l'air. Pour rendre les particules actives, la matrice doit être enlevée pour donner un accès aux réactifs. Un protocole de réduction par hydrogène a été optimisé.

Les résultats ont montré que le catalyseur se désactive en raison du milieu réactionnel oxydant. Le catalyseur c'est par contre montré résilient face au frittage comparé au catalyseur commercial, mais le mécanisme n'est pas encore expliqué. Le protocole de fabrication du catalyseur a été modifié pour permettre l'ajout d'additifs (potassium et cuivre). Les résultats obtenus avec ces catalyseurs seront également présentés. Le catalyseur a également été caractérisé par diffraction des rayons X et au microscope à transmission et à balayage.

L'ablation et l'irradiation laser des nanoparticules d'or en milieu liquide

D.Riabinina, J. Zhang, D. Ma, M. Chaker, J. Margot

Département de Physique, Université de Montréal
INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Avec le développement des nanotechnologies, les nanoparticules métalliques attirent de plus en plus l'attention de la communauté scientifique. Les nanoparticules d'or, en particulier, peuvent servir d'agents de contraste et leur activité biofonctionnelle et leurs propriétés optiques les rendent particulièrement intéressantes pour des applications biologiques. Une des nouvelles techniques prometteuses pour la synthèse de nanoparticules d'or est l'ablation laser en milieu liquide. Cette technique offre la possibilité de synthétiser des nanoparticules d'or possédant des propriétés fonctionnelles et physico-chimiques uniques. Il est en effet possible, par exemple, d'obtenir de l'oxyde d'or dans la composition chimique des nanoparticules. De plus, leur stabilité est supérieure à celle obtenue par synthèse chimique. Dans cette présentation, nous parlerons de nos derniers résultats sur l'influence des paramètres laser, tels l'énergie et la durée d'impulsion, sur les propriétés structurales et l'efficacité d'ablation des nanoparticules d'or. Aussi, nous montrerons l'impact de l'irradiation laser sur la stabilité des nanoparticules d'or produites par la synthèse chimique.

Synthèse de nano-flocons de carbone fonctionalisé par plasma thermique ICP

Ramona Pristavita, Jean-Luc Meunier and Dimitrios Berk

Département de génie chimique, Université McGill

Il y a présentement un effort de recherche important au niveau des piles à combustibles à base de membrane électrolyte en matériau polymérique (également appelée membrane d'échange de proton - PEM). Malgré le fait que les piles à combustible PEM peuvent constituer une source d'énergie propre et efficace, leur coût de production doit être substantiellement réduit pour pouvoir former une solution énergétique économiquement viable, par exemple dans le domaine du transport. Trois des composantes des piles à combustible PEM sont responsables à elles seules de 80% du coût de production : la couche de diffusion de gaz, la membrane, et le catalyseur dans lequel du platine est exclusivement utilisé pour le moment. Le prix des couches de diffusion de gaz et de la membrane ont été diminuer suite à l'augmentation de production. Le prix du catalyseur tend cependant à demeurer constant ou même à augmenter en raison de l'offre et de la demande non équilibrée du platine. Un catalyseur alternatif est proposé dans ce projet conjoint McGill-INRS, celui-ci est composé d'une poudre de noir de carbone (CB) contenant des atomes d'azote liés aux atomes graphitiques de soutien en bordure de zones cristallines nanométriques. Des atomes de fer sont ensuite liés aux atomes d'azote afin de créer les centres actifs.

Le matériel de carbone a été produit en utilisant un système de plasma thermique ICP de 35 kW et un réacteur de forme conique. Les nanopoudres de carbone ont été obtenus par la décomposition de méthane à des débits de 0.5 slpm à 5 slpm. Les poudres montrent une morphologie et une microstructure uniforme dans tout le réacteur. De plus, ces caractéristiques sont reproductibles pour chaque essai même avec un certain degré de variation des paramètres de la décharge ; cette uniformité et constance dans le produit étant souvent problématique dans la synthèse de nano-particules par plasma thermique. Le produit obtenu a une structure graphitique cristalline, avec un empilement entre 6 et 16 plans graphitiques et une morphologie de nano-flocons avec des dimensions de particules approximativement de 100 nm de longueur, 50 nm de largeur et 5 nm d'épaisseur. Afin de générer des sites propices à l'attachement du Fe sur les structures graphitiques, l'azote a également été injecté avec le méthane dans quelques expériences. Le produit obtenu a les mêmes propriétés structurales, et l'azote est incorporé dans la structure graphitique par des liaisons de type pyridinique et piperidinique. Les structures pyridiniques correspondent aux types d'attachement requis pour une fonctionnalisation ultérieure au Fe.

Étude des propriétés structurales et de photoluminescence de nanoparticules de PbS synthétisées directement sur substrat par plasma d'ablation laser

Ibrahima Ka, Dongling Ma, My Ali El Khakani

INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications

Le sulfure de plomb (PbS) est un matériau semi-conducteur idéal pour les études des effets de taille du au confinement quantique. Avec une bande interdite très faible (0.41 eV) et un rayon de Bohr élevé (18 nm), il offre toutes les caractéristiques permettent d'ajuster sa bande interdite de 0.41 eV à 5 eV en faisant varier la taille de ses nanoparticules (NPs). La synthèse par voie chimique permet d'obtenir assez facilement des NPs de PbS avec, cependant, les défis liés à leur agglomération spontanée et la présence d'impuretés. Dans ce contexte, nous présenterons les résultats de notre approche de synthèse par ablation laser pour le dépôt direct de NPs de PbS isolées sur substrat. En réalisant des études systématiques en fonction des paramètres de dépôt, nous avons pu synthétiser, à température ambiante, des NPs de PbS d'une excellente qualité cristalline et dont la taille peut être contrôlée de ~2 à 8 nm. Les observations TEM confirment non seulement les tailles déduites des analyses XRD mais également les structures cristallines révélées par diffraction X. Les valeurs de bandes interdites déduites des mesures optiques (UV-Vis et ellipsométrie) des films de NPs de PbS, en fonction de leur taille, sont consistantes avec l'élargissement du gap attendu par effet de confinement spatial. Par ailleurs, les spectres de photoluminescence des NPs de PbS montrent un décalage significatif vers le bleu (de 1350 nm à 850 nm) lorsque leur taille diminue, confirmant ainsi l'effet de confinement. Enfin, notre capacité à contrôler, à volonté, les propriétés optoélectroniques de ces NPs de PbS nous permettra, dans une étape subséquente, d'améliorer grandement l'efficacité quantique des cellules solaires.

Synthèse par plasma hybride d'un nanofluide stable à base de cuivre et d'éthylène glycol

Jason Tavares, Sylvain Coulombe

Université McGill - Département de génie chimique

Le terme "nanofluide" est utilisé en référence à toute suspension colloïdale contenant des nanoparticules ayant au moins une dimension inférieure à 100 nm. Ces nouveaux fluides composites trouvent des applications en transfert de chaleur et comme vecteurs de transport de masse assisté, entre autres. Par contre, les suspensions nanométriques exhibent des problèmes de stabilité: les particules ont tendance à s'agglomérer et sédimenter hors de la suspension. La solution communément présentée à ce problème est d'ajouter un surfactant ou autre agent de stabilisation. Malheureusement, ces composés sont typiquement très sensibles aux flux de chaleur et perdent leur efficacité à des températures modestes (e.g. autour de 70°C). Plutôt qu'avoir recours à ces composés, nous proposons la fonctionnalisation des nanoparticules par polymérisation plasma afin d'améliorer leurs propriétés de dispersion. Plus particulièrement, nous présentons un procédé dans lequel des particules métalliques sont générées via l'ablation par arc pulsé d'une cathode, revêtues en vol au moyen d'une décharge radio fréquentielle et recueillies dans un liquide s'écoulant à même le réacteur. Les vapeurs du liquide hôte (l'éthylène glycol) sont utilisées comme gaz plasmagène pour la fonctionnalisation des particules. La morphologie des particules dispersées et la stabilité du nanofluide résultant sont étudiées, ainsi que les produits secondaires engendrés par le procédé dans le liquide. Les suspensions obtenues sont stables à long terme. Lorsqu'elles sont chauffées, il y a agglomération (à des températures nettement plus élevées que la limite des surfactants), mais cette agglomération est réversible au moyen d'ultrasons (traitement de courte durée).

Étude des caractéristiques électrodynamiques d'une torche à plasma (tiago) pour obtenir une source indépendante des conditions opératoires

Eduardo Castaños-Martínez, François Rousseau, Michel Moisan

Université de Montréal

La TIAGO (Torche à Injection Axiale sur Guide d'Ondes) est une torche à plasma qui est alimentée par un champ microondes à 2450 MHz à la pression atmosphérique ou à pression réduite, caractérisée par une configuration plus simple que la TIA (Torche à Injection Axiale). Le plasma se forme à l'extrémité d'un conducteur (torche-tige) qui porte le champ électrique micro-onde. L'avantage de ce type d'excitation par rapport aux systèmes à arcs tient à l'absence de contre-électrode ou de plan conducteur de référence et à la formation d'une flamme plus stable. Les torches à plasma sont utilisées pour le traitement de surface (dépôt de matériaux par projection, formation de couches minces de diamant), pour réaliser des réactions chimiques (destruction de gaz toxiques ou affectant la couche d'ozone) et pour l'analyse chimique. La TIAGO est constituée par une tige conductrice (tungstène) qui traverse un surfaguide construit à partir d'un guide rectangulaire de type WR-340 ou WR-430 et se termine par une buse, conique, en cuivre. Le surfaguide est connectée à un piston mobile qui sert à réaliser l'accord d'impédance et maximiser le transfert de puissance de la torche au plasma. Dans ce travail, les courbes d'accord d'impédance (rapport entre la puissance réfléchie et incidente en fonction de la position du piston) ont été établies en fonction des conditions opératoires (puissance incidente, nature du gaz et débit du gaz) et calculées en utilisant une modélisation de type circuit équivalent. Le circuit équivalent développé sépare l'impédance caractéristique des dimensions de la TIAGO de l'impédance du plasma. Ceci nous permet d'examiner l'influence des conditions opératoires sur le transfert de puissance de la TIAGO au plasma et déterminer les dimensions optimisées de la TIAGO pour le transfert maximum de puissance au plasma.

Caractérisation d'un plasma induit sur un liquide par double impulsions UV et IR

Kheir Eddine Rifai^{1,2}, Stéphane Laville², François Vidal¹,
Mohamad Sabsabi² et Mohamed Chaker¹

¹ INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

² Conseil National de Recherches Canada, Institut des Matériaux Industriels, Boucherville

La spectroscopie d'émission optique d'un plasma induit par laser, connu dans la littérature anglo-saxonne par LIBS (laser-induced breakdown spectroscopy) a reçu une attention accrue depuis une quinzaine d'année. Ceci est dû d'une part, au fait que la technique n'exige pas une préparation préalable et qu'elle peut s'appliquer pour l'analyse, *in situ* et *à distance*, de la matière à l'état solide, liquide ou gazeux, indépendamment de la nature de la cible. Malgré les nombreux avantages de la technique LIBS, sa limite de détection, qui est comprise entre 10 et 1000 ppm dépendamment de l'élément, reste généralement moins bonne que les techniques analytiques traditionnelles. De plus l'application de cette technique sur les liquides présente des difficultés particulières comme les éclaboussures causées par l'interaction laser matière, la formation d'ondes à la surface (qui détériore la reproductibilité) et la courte durée de vie du plasma. Pour s'affranchir de ces problèmes liés à l'utilisation de cette technique sur les liquides et ainsi améliorer la reproductibilité, et comme je l'ai déjà mentionné dans une présentation précédente, nous avons utilisé une cellule permettant une circulation du liquide et ainsi tirer sur une surface plus reproductible. Pour améliorer la limite de détection du LIBS nous avons utilisé l'approche Double-Impulsion consistant à générer un plasma par une première impulsion puis le chauffer par une seconde impulsion. Cette approche a beaucoup été utilisé dans le solide et peu dans le liquide. Dans ce travail nous avons utilisé cette approche pour détecter du fer et de l'or dans une solution. Dans un premier temps et dans le but de comprendre l'effet de la seconde impulsion nous avons déterminé la densité électronique en utilisant la raie d'hydrogène H_{α} élargie par effet Stark et la température d'excitation par le diagramme de Boltzmann en utilisant des raies de Fer (370 nm à 377 nm), ensuite nous avons cherché les conditions optimales et tracé les courbes de calibration pour le fer et l'or.

Plasma Physics at the Single Atom Level

Paul Corkum

JASLab University of Ottawa and National Research Council of Canada

When an atom or molecule is ionized by an intense infrared laser pulse, the newly formed electron must oscillate. Its ponderomotive potential can readily reach 10's to 100's of electron volts. Physics in large ponderomotive potentials has traditionally been the realm of plasma physics. However, under these circumstances, plasma physics-like phenomena appear in atomic physics.

I will describe how plasma physics ideas lead to: the very energetic electrons measured during atomic ionization; the high harmonics generated by ionizing gases; attosecond pulses and a set of new spectroscopic methods for probing atoms and molecules.

Génération de rayonnement-X dans le domaine du keV à l'aide d'une nouvelle source laser infrarouge intense et ultra-brève

François Légaré, Bruno E. Schmidt, Andrew D. Shiner, Philippe Lassonde, Carlos Trallero-Herrero, David M. Villeneuve, Paul B. Corkum, Jean-Claude Kieffer

INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

La génération d'harmoniques élevées est le processus clef pour synthétiser des impulsions attosecondes isolées. En générant les harmoniques avec une source laser intense Titane-Saphir stabilisée en phase et dont les impulsions ont une durée inférieure à deux cycles optiques, des impulsions de 80 attosecondes de durée dans la région spectrale de 0.1 keV ont été caractérisées [1]. C'est la limite inférieure que l'on peut atteindre avec la technologie Titane-Saphir. Afin de diminuer la durée des impulsions attosecondes, il faut générer des harmoniques avec des énergies de photon plus élevées. La façon la plus efficace d'obtenir des harmoniques de courtes longueurs d'onde est d'augmenter la longueur d'onde de la source laser intense tout en conservant des durées d'impulsions de moins de trois cycles optiques.

Dans la dernière année, nous avons démontré la génération d'impulsions lasers dont la durée temporelle fait moins de deux cycles optiques à 1.8 micron, soit 11.5 fs (1 cycle = 6 fs) [2]. L'énergie par impulsion est de ~0.4 millijoule. Ces impulsions sont obtenues en utilisant l'élargissement spectral par propagation nonlinéaire dans un capillaire sous pression d'argon et la phase spectrale accumulée est compensée par propagation linéaire dans une fenêtre de silice placée après le capillaire. Ainsi, nous utilisons les propriétés anormales de la dispersion dans la silice. Cette approche de compression, très simple et robuste, est possible grâce à la combinaison de deux processus sous propagation nonlinéaire, le 'self-phase modulation' et le 'self-steepening'. Ceci est démontré par simulations numériques. De plus, les calculs montrent que le schéma de compression peut-être adapté à des énergies par impulsion d'une dizaine de millijoules, ainsi que dans la région spectrale du 'mid-infrared'. Ceci nous permettra de générer des harmoniques dans la région spectrale du keV, soit dans les gaz, soit dans les plasmas, pour des applications en photonique ultra-rapide, pour les sciences biologiques et des matériaux.

[1] E. Goulielmakis et *al.* Single-cycle nonlinear optics, *Science* 320, 1614-1617 (2008).

[2] B. E. Schmidt et *al.* Compression of 1.8 μm laser pulses to sub two optical cycles with bulk material, accepté à *App. Phys. Lett.* (2010).

Conditions optimales pour générer des harmoniques par interaction laser intense avec un réseau

Jean-Pierre Matte et Xavier Lavocat-Dubuis

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Par des simulations numériques avec un code à particules (PIC) relativiste à deux dimensions, nous avons montré que l'interaction d'une impulsion laser ultra-courte et ultra-intense avec un réseau dont la maille est d'un quart de longueur d'onde permet de générer des harmoniques très intenses le long de la surface de la cible^[1]. Il s'avère que cette génération est maximale quand une condition de résonance est à peu près satisfaite, qui relie la densité de la cible, la longueur d'onde, et l'intensité. Il s'avère que l'intensité requise varie avec le carré de la densité, et que pour le laser ALLS 200 TW de l'INRS, à la longueur d'onde 800 nm et une intensité de quelque fois 10^{20} W/cm², il faudrait utiliser des matériaux d'une densité bien inférieure à celle de l'eau, soit des matériaux poreux. Lors de la présentation, les résultats des simulations seront rappelés, quelques matériaux poreux seront décrits, et les intensités requises pour divers matériaux solides ou poreux, à 400 nm et 800 nm seront données.

[1] X. Lavocat-Dubuis and J.-P. Matte, Phys. Rev. E 80, 055401 (2009).

Étude numérique de l'ablation résonnante

Simon-Alexandre Lussier et François Vidal

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Dans cette présentation nous étudions au moyen d'un modèle numérique l'ablation laser résonnante (ALR), qui consiste à ablater un échantillon au moyen d'une impulsion laser dont la longueur d'onde correspond à une transition d'un atome présent dans l'échantillon. Notre modèle est basé sur un code lagrangien 1D dans lequel nous avons incorporé un modèle de taux décrivant la dynamique des populations des états excités de l'atome neutre de l'élément composant l'échantillon. Nos résultats indiquent que près du seuil d'ablation l'effet de résonance augmente sensiblement l'émission du plasma. Cependant, à plus haute fluence, l'effet de résonance devient pratiquement inexistant. Nous concluons que l'ablation résonnante peut constituer une technique intéressante pour la détection de composants chimiques lorsqu'il est important de minimiser les dommages à l'échantillon.

Génération d'harmoniques d'ordres élevés dans les plasmas créés par ablation laser sur différents types de cibles carbonées

Yoann Pertot, Luc Bertrand Elouga Bom, Jalal Ahadi, Tsuneyuki Ozaki

INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Nous étudions une nouvelle méthode afin de créer une source de rayonnement intense dans le domaine extrême ultra violet (X-UV). Pour cela, la méthode utilisée est la génération d'harmoniques d'ordres élevés. Habituellement, une impulsion ultra courte est focalisée dans un gaz, des effets non linéaires induisent alors la génération d'harmoniques d'ordres élevés de la fréquence du laser d'origine. L'originalité de notre équipe est d'utiliser un plasma créé par ablation laser d'une cible, comme milieu non linéaire. Notre méthode nécessite donc deux impulsions ultra courtes, la première crée le plasma, la deuxième génère les harmoniques.

Jusqu'ici, les cibles utilisées étaient de type métallique comme par exemple l'indium, l'argent ou l'aluminium. L'intensité des harmoniques obtenues étaient alors comparable à celles obtenues dans les gaz avec toutefois une efficacité (ratio énergie utilisée/énergie des harmoniques) supérieure à celle des gaz.

Ensuite, toujours afin d'augmenter l'intensité du rayonnement X-UV généré, l'utilisation de nanoparticules à la place des cibles solides a été envisagée. Ceci est toujours en développement et nous amène à des résultats tout à fait prometteurs. Cependant, un inconvénient majeur de cette solution est la perte très rapide de l'intensité des harmoniques au cours de l'ablation de la cible car celle-ci s'altère rapidement. La recherche d'un moyen de mettre en forme des nanoparticules de manière à avoir une cible « résistante » est toujours en cours.

C'est aussi dans un souci de stabilité de l'intensité des harmoniques générées au cours du temps, que nous nous intéressons à des cibles solides à base de carbone. Elles semblent permettre d'obtenir une intensité comparable aux cibles de nanoparticules tout en garantissant une certaine stabilité de l'intensité du fait du caractère solide de la cible. Nous avons donc mené une étude liant les caractéristiques de plusieurs types de cibles carbonées aux harmoniques générées à partir de ces cibles.

Effet du chirp sur le spectre des harmoniques de surface

C. A. Popovici, X. Lavocat-Dubuis, F. Vidal et T. Ozaki

INRS Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

La génération d'harmoniques d'ordre élevé est un phénomène qui peut produire des sources cohérentes dans la région étendue de l'ultraviolet du vide jusqu'à l'extrême ultraviolet. Les harmoniques résultent de l'interaction d'une impulsion laser intense et ultra-brève avec un gaz, un plasma ou une surface solide. Les harmoniques de surface ont le potentiel d'être plus intenses que ceux générés dans un gaz ou un plasma parce qu'avec cette technique il n'y a aucune limite à l'intensité laser maximale utilisée, alors qu'avec un gaz ou un plasma il faut éviter l'ionisation excessive.

Pour générer des harmoniques de surface, il est important de créer un plasma surcritique dans lequel le gradient de densité varie de zéro à la densité solide sur une distance plus courte que la longueur d'onde du laser pompe. Une méthode prometteuse pour éviter la formation d'un préplasma et de permettre la génération efficace des harmoniques de surface est le façonnage du profil temporel de l'impulsion laser par l'utilisation des impulsions « chirpées ».

Nous avons généré des harmoniques en utilisant des impulsions laser de 40 fs, 800 nm, et 10^{18} Wcm⁻² en interaction avec des cibles d'Al. Nous montrons que pour des impulsions ayant la même durée, celles qui sont « chirpées » négativement produisent des harmoniques plus forts avec un élargissement un peu plus prononcé par rapport à celles générées en utilisant des impulsions « chirpées » positivement. Nous attribuons ce phénomène à une déformation asymétrique de la forme temporelle de l'impulsion laser lorsqu'on change le chirp. Ceci pourrait permettre le contrôle de la formation du préplasma.

Surface analysis of corneal femtosecond laser cuts

Anca Marian^{1,2,3}, Ossama Nada¹, Francois Vidal³, Isabelle Brunette¹,
Santiago Costantino¹

¹ Maisonneuve-Rosemont Hospital Research Center, Montreal, QC, Canada

² University of Montreal, QC, Canada

³ INRS-EMT, Varennes, QC, Canada

A femtosecond laser was used to make corneal lamellar cuts in corneas with different hydration degree and thicknesses ranging from 600 to 1100 microns. The cuts were done at 220 microns depth from the corneal surface and the anterior flap was afterwards mechanically separated from the posterior lamellar bed. Scanning electron microscopy (SEM) images of the posterior bed were used to assess the quality of the laser cut in terms of surface smoothness, by analyzing the image texture, defined as the gray-level intensity variations in the image. Haralick parameters based on second order statistics of the image pixels were used to quantify the uniformity, the contrast and the homogeneity of the images.

Génération d'impulsions attosecondes lors de l'interaction relativiste entre un laser et un plasma de densité solide

X. Lavocat-Dubuis, F. Vidal, T. Ozaki, J.-C. Kieffer

INRS-EMT, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Lorsqu'un laser ultra-intense interagit avec un solide, celui s'ionise quasiment instantanément. La réflexion de cette onde laser sur la surface du plasma s'accompagne d'une forte émission d'harmoniques. Il est montré que les spectres obtenus suivent une loi de puissance universelle. Après filtrage des harmoniques, des impulsions d'une durée de 80 attosecondes sont extraites. Il y est démontré que plusieurs impulsions attosecondes sont émises par cycle laser.

Quelques souvenirs de physique des plasmas au Québec 1958 -1988

Tudor W. Johnston

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Les micros-décharges en France

Rémi Dussart

GREMI Université d'Orléans

Application des procédés plasma thermique à la projection plasma, au découpage et aux traitements des déchets

Ghislain Montavon

LERMPS, L'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard

Plasmas induits par laser et application à la génération d'harmoniques (titre provisoire)

Tsuyenuki Ozaki

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

La résistance aux cycles thermiques des dépôts nanostructurés de $\text{Lu}_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{-xZrSiO}_4$ élaborés par plasma inductif

Émilien Darthout, François Gitzhofer

Université de Sherbrooke

Les silicates de terres rares sont intéressants pour l'application de barrières environnementales dans les parties chaudes des futurs réacteurs aéronautiques à cause de leur température d'utilisation élevée. Les revêtements de $\text{Lu}_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{-xZrSiO}_4$ élaborés par plasma inductif à partir de précurseurs liquides constituent une protection contre la corrosion des composites céramiques SiC/SiC en contact avec l'environnement de combustion. Les cycles thermiques et la différence de coefficient de dilatation thermique du substrat et du revêtement vont induire des contraintes thermomécaniques qui mènent à la détérioration prématurée du revêtement protecteur. La phase secondaire de zircon vient minimiser ces contraintes par des propriétés de dilatation thermique anisotrope. L'étude porte sur l'influence du taux de phase secondaire et les mécanismes de fissuration du revêtement durant les cycles thermiques. La composition des revêtements est caractérisée par diffraction des rayons X, la détérioration par fissuration est analysée par microscopie électronique à balayage.

Optimization of CeBiIG epitaxial films for Magneto-Optic Applications

Jae-Yeol Hwang, Alain Pignolet, Marcello Ferrera, Luca Razzari
and Roberto Morandotti

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Epitaxial Ce and Bi comodified iron garnet (CeBiIG) films were grown on (100)-oriented $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ substrates by pulsed laser deposition. CeBiIG films show a pure cubic iron garnet phase without any secondary phases and all peaks were indexed as (400) and (800) peaks corresponding to a (100) orientation. Epitaxy and crystallinity of the films were confirmed by ϕ -scans and rocking curve of a 4 0 0 reflection, respectively. The surface morphology of the epitaxial films showed crack and void-free surface with a uniform distribution of grains.

It was found that substrate temperature, cooling rate, and laser profile were critical parameters to obtain a good epitaxy of the Ce and Bi comodified iron garnet films.

We investigated the changes in structure and the chemical states induced by the presence of Ce and Bi, giving special attention to the correlation between the valence states of Ce and the structural and chemical properties in the CeBiIG films. The valence state of Ce was drastically changed by the co-substitution with Bi_3^+ . We suggest that the lattice relaxation (or lattice distortion) of CeBiIG is closely related to the lone pairs character of Bi_3^+ . It was confirmed that the substitution of Bi_3^+ ions induces an increase of the concentration of Ce_3^+ as well as an improvement of the crystal quality, and that these factors are highly correlated with each others. The measured Faraday rotation of the CeBiIG epitaxial films is 0.65 degree per micron, a very promising value for application of CeBiIG epitaxial films to integrated magneto-optical devices. The optical transparency of the optimized CeBiIG film was larger than 95% at a wavelength of 1550 nm. We believe that CeBiIG epitaxial films are very promising candidates for next-generation integrated optical isolators and application to other MO devices at telecommunication wavelengths.

Dépôt par plasma inductif SolPS des couches gradées en utilisant un système d'alimentation

Verônica A.B.Almeida, Lu Jia, François Gitzhofer

Université de Sherbrooke

Un système d'alimentation pour la déposition par plasma inductif SolPS (Solution Plasma Spraying) a été développé par le CREPE-UdeS à fin de produire des couche de composition gradée de l'anode des piles à combustibles à électrolyte solide (SOFC - Solide Oxide Fuel Cell). La déposition SolPS permet la déposition des couches poreuses - caractéristique importante pour la bonne performance des anodes des SOFCs. Du fait que les SOFCs sont composés de différents matériaux pour le reformeur, l'anode, l'électrolyte et la cathode la fabrication des couches à composition gradée permet de minimiser les effets de la température sur l'expansion de tels matériaux. Le système d'alimentation par atomisation du CREPE permet la déposition par plasma inductif de deux solutions en séparé (solution de nitrate de Ni et solution de nitrate de Ce et de Gd), avec des débits différents pour la déposition de l'anode. Les résultats préliminaires montrent que la couche produite est poreuse dans toute son épaisseur d'environ 70 μm . La diffraction des rayons-X réalisée sur la surface montre la présence de NiO, de $\text{Ce}_{0,7}\text{Gd}_{0,3}\text{O}_{1,85}$ et aussi de Gd_2O_3 , suggérant un excès de nitrate de Gd dans la solution. Des études pour l'ajustement de la composition et des paramètres de déposition tels que le débit d'alimentation et la pression de la chambre du réacteur pour la fabrication des couches à composition gradée sont en train d'être réalisées.

Fabrication et caractérisation de couches minces plasma-et photo-polymérisées pour applications en génie tissulaire

J.C. Ruiz, A. St.-Georges-Robillard, C. Thérésy, S. Lerouge, M.R. Wertheimer

Génie Physique, École Polytechnique

Dans nos récentes communications, nous avons fait état d'observations que nos dépôts minces de « simili-polymères » riches en amines primaires (-NH₂) sont très efficaces pour faire adhérer des cellules mammifères, voire même pour contrôler la différenciation de cellules souches. Nous fabriquons ces dépôts par plasma-polymérisation à basse pression (couches minces dites « L-PPE :N »), à pression atmosphérique (« H-PPE :N »), ou par photochimie ultra-violette (« UV-PE :N »). Dans cette présente communication, nous décrivons, d'une part, les techniques de fabrication; d'autre part (et plus important) nous faisons état de résultats de caractérisations physico-chimiques de nos dépôts par XPS, FTIR, MEB, mesures de solubilité en milieux aqueux pour cultures cellulaires, entre autres. Enfin, nous présenterons certains résultats biologiques se rapportant surtout à la recherche en médecine vasculaire.

Influence of pulsed laser deposition energy density on (Ba,Sr) TiO₃ dielectric properties

Marwa Ismail¹, Sébastien Luc Delprat¹, JaeHo Oh¹, Ke Wu² and Mohamed Chaker¹

¹ Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) Énergie, Matériaux et Télécommunications

² Poly-Grames Research Center, Département de Génie Électrique, École Polytechnique de Montréal

Highly oriented BST films are grown on MgO substrates by reactive pulsed laser deposition at different laser energy densities by changing either the laser spot area or the laser energy on the target. A systematic study of the microstructure and the microwave dielectric properties of the BST films obtained is performed using X-ray diffraction (XRD) and inter-digital capacitor (IDC) characterizations. These measurements show that there is a strong correlation between the laser fluence, the microstructure, and the dielectric response of the films. The highest figure-of-merit are obtained for films deposited at low energy densities that exhibit a lattice parameter close to BST bulk material. These results demonstrate that, apart from the usually explored deposition parameter such as the deposition pressure and temperature, the laser energy density has an important influence on the structure of BST films and their performance at microwave frequency.

Nanocomposite GDC/LSCF Cathode Material Synthesis for IT-SOFC by Induction Plasma Spaying

Yan Shen, François Gitzhofer

CREPE, Université de Sherbrooke

Homogenous mixtures of $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ (GDC) and $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$ (LSCF6428) nanopowders were successfully synthesized using radio frequency (RF) induction plasma by axial injection of a solution. Two kinds of powders with different mass ratio of GDC/LSCF, such as 3/7 and 6/4, were obtained. The crystallinity and morphological features of the powders were characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM). The particles are almost globular in shape with a diameter lower than 100nm and the BET specific areas around 20m²/g. In addition, suspensions, made with the composite nanopowders and ethanol, were used to deposit some cathode coatings using suspension plasma spray method. Several initial results of the coatings are also presented. The coatings are homogeneous and porous with cauliflower structures.

Fonction de distribution des énergies des électrons dans les décharges magnétrons d'argon utilisées pour le dépôt de couches minces de zinc et d'oxyde de zinc

Lanoir Maaloul, Sabrina Morel et Luc Stafford

Université de Montréal

Les décharges magnétrons sont l'une des outils les plus versatiles pour la croissance des couches minces et de nanomatériaux, avec leur principal avantage de déposer des matériaux à partir des cibles composées. La recherche pour comprendre les rôles respectifs de chaque espèce du plasma dans la dynamique de croissance est importante pour obtenir un bon contrôle des propriétés nano-structurales des matériaux. On a étudié l'influence des conditions opératoires sur la résolution spatiale de la fonction de distribution des énergies des électrons (FDEE) dans les décharges d'argon par pulvérisation magnétron utilisées pour le dépôt de zinc (Zn) et d'oxyde de zinc (ZnO). Les matériaux à base de ZnO sont largement utilisés dans les domaines de l'électronique et l'optoélectronique, on les trouve dans les transistors en couches minces flexibles, les cellules solaires, les écrans plats et les capteurs de gaz. La FDEE est obtenue à partir du courant électronique par sonde de Langmuir et par spectroscopie optique avec des traces de gaz rares (TRG-OES). Cette dernière technique consiste à additionner des traces de Ne, Kr et Xe au plasma et d'enregistrer les intensités d'émissions des niveaux $2p_x$ de Paschen. La FDEE est dérivée à partir des raies d'émission sélectionnées pour extraire la température électronique T_e , correspondante aux électrons de faible énergie (T_{e-low}) responsables de l'excitation par étapes des niveaux électroniques supérieures via les états métastables, ou aux électrons de haute énergie provoquant l'émission directe des excitations provenant du fondamentale (T_{e-high}). Pour toutes les conditions expérimentales investiguées, la FDEE est non maxwellienne près de la cathode avec $T_{e-low} > T_{e-high}$. En s'éloignant de la cathode, la FDEE tend vers une distribution maxwellienne. Pour un voltage d'auto-polarisation de -115V, T_{e-low} décroît quand la pression croît, en allant de 4.3 eV à 5 mT jusqu'à 2.5 eV à 100 mT. Pour bien déterminer l'influence de la concentration du zinc sur la FDEE, le voltage est varié par ajustement de la puissance rf. L'augmentation du voltage de -115 V à -300 V engendre une décroissance de T_{e-low} d'un facteur 2, mais en gardant sa forme générale.

Morphology variation of gold nanoparticles during laser irradiation: effect of surface ligands

Jianming Zhang, Daria Riabinina, Mohamed Chaker, Dongling Ma

INRS - Énergie, Matériaux et Télécommunications, Varennes

Gold nanoparticles have attracted much attention due to their high biocompatibility and unique optical, electronic, and chemical properties. The laser irradiation technique has been used for synthesis of ultra small gold nanoparticles by fragmentation of chemically synthesized bigger ones in aqueous solution. Although the influences of laser parameters, such as laser fluence and wavelength, on the transformation of nanoparticle morphology have been previously investigated, the role of the surrounding solution in fragmentation of gold nanoparticles has not been reported. Considering that in most of cases, sodium citrate has been applied as stabilizing ligands for gold nanoparticles, especially for those prepared by the most commonly used Frens method, we report herein our work on the effect of the sodium citrate concentration on the photo fragmentation of gold nanoparticles undergoing “long time” laser irradiation. Our ultimate goal is to secure the optimal experimental conditions to prepare well dispersed, ultrasmall (<10 nm) gold nanoparticles with uniform size distribution suitable for various applications.

In our study, gold colloids with various sodium citrate concentrations have been irradiated by a UV laser (KrF laser) with same laser parameters for 55 minutes in order to reduce the nanoparticle size by fragmentation. UV-Vis absorption and TEM analysis demonstrate that with increasing sodium citrate concentration, the average size of individually dispersed nanoparticles decreases, indicating the modification of ligands to the laser-matter interactions; however, simultaneously more coalescence and fusion among particles have been observed, which strongly suggest that excess citrate molecules act as electrolytes and destabilize the colloidal solution. Based on this investigation, it is believed that the dispersion of laser irradiated nanoparticles depends on not only the laser parameters but also the complicated interplay of the laser fragmental and subsequent fusion effect, ligand stabilization effect and electrolyte-induced aggregation effect.

Fonctionnalisation du bois au moyen d'une décharge à barrière diélectrique à la pression atmosphérique

J. Prigent¹, V. Blanchard², F. Busnel³, L. Stafford¹, A. Sarkissian⁴

¹ Département de Physique, Université de Montréal

² FPInnovations - Division Forintek, Québec

³ Centre de recherche sur le bois, Université Laval, Québec

⁴ Plasmionique, Varennes

Afin de pallier aux nouveaux défis auxquels l'industrie forestière fait face, défis nés entre autres de la courte durabilité des produits du bois, de la faible durée de leur apparence et de l'émergence de produits de substitution, nous avons entamés des études de fonctionnalisation du bois au moyen d'une décharge à barrière diélectrique à la pression atmosphérique dans des mélanges N_2/O_2 et CO_2/O_2 . Dans un premier temps, nous avons identifié par spectroscopie optique d'émission les espèces actives principales du plasma, à savoir, les photons UV, les métastables de N_2 et les densités d'oxygène et d'azote atomique. Par la suite, nous avons examiné l'influence du pourcentage de O_2 dans N_2+O_2 sur l'hydrophobicité d'échantillons d'érable à sucre et d'épinette noire par des mesures d'angles de contact. Pour les échantillons d'érable à sucre, nous avons observé une augmentation de l'hydrophobicité après traitement, cette dernière étant maximale pour 20% O_2 . Les changements chimiques et structuraux ont été observés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) et par spectrométrie des photoélectrons induit par rayons X (XPS). Entre autres, nous avons observé une diminution importante du rapport O/C après traitement au plasma de N_2 . Puis, au fur et à mesure que nous ajoutons de l'oxygène, ce rapport augmente vers la valeur avant traitement. Nous expliquons ce comportement par la dégradation du polymère due aux photons UV et aux métastables de N_2 suivi d'une réoxydation par O et O_2 . Puisque les fonctions chimiques contenant de l'oxygène peuvent former des liaisons polaires, une dégradation de ces composés peut expliquer le caractère plus hydrophobe de la surface. Cependant, ceci n'est pas le seul facteur puisque les conditions sous lesquelles nous observons le maximum de dégradation ne correspondent pas à celles où nous observons le maximum d'hydrophobicité.

New treatment for WT operating in cold climate conditions

Rachid Karmouch and Guy G. Ross

- ¹ Département de Physique, Université de Montréal
- ² FPInnovations - Division Forintek, Québec
- ³ Centre de recherche sur le bois, Université Laval, Québec
- ⁴ Plasmionique, Varennes

Afin de pallier aux nouveaux défis auxquels l'industrie forestière fait face, défis nés entre autres de la courte durabilité des produits du bois, de la faible durée de leur apparence et de l'émergence de produits de substitution, nous avons entamés des études de fonctionnalisation du bois au moyen d'une décharge à barrière diélectrique à la pression atmosphérique dans des mélanges N_2/O_2 et CO_2/O_2 . Dans un premier temps, nous avons identifié par spectroscopie optique d'émission les espèces actives principales du plasma, à savoir, les photons UV, les métastables de N_2 et les densités d'oxygène et d'azote atomique. Par la suite, nous avons examiné l'influence du pourcentage de O_2 dans N_2+O_2 sur l'hydrophobicité d'échantillons d'érable à sucre et d'épinette noire par des mesures d'angles de contact. Pour les échantillons d'érable à sucre, nous avons observé une augmentation de l'hydrophobicité après traitement, cette dernière étant maximale pour 20% O_2 . Les changements chimiques et structuraux ont été observés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) et par spectrométrie des photoélectrons induit par rayons X (XPS). Entre autres, nous avons observé une diminution importante du rapport O/C après traitement au plasma de N_2 . Puis, au fur et à mesure que nous ajoutons de l'oxygène, ce rapport augmente vers la valeur avant traitement. Nous expliquons ce comportement par la dégradation du polymère due aux photons UV et aux métastables de N_2 suivi d'une réoxydation par O et O_2 . Puisque les fonctions chimiques contenant de l'oxygène peuvent former des liaisons polaires, une dégradation de ces composés peut expliquer le caractère plus hydrophobe de la surface. Cependant, ceci n'est pas le seul facteur puisque les conditions sous lesquelles nous observons le maximum de dégradation ne correspondent pas à celles où nous observons le maximum d'hydrophobicité.

Amphiphilic copolymer coatings by plasma polymerization process: characterization and evaluation of antifouling properties

F. Arefi-Khonsari¹, J. Pulpytel¹, V. Kumar¹, S. Bhatt, G. Ceccone², F. Rossi²

¹ Laboratoire de Génie des Procédés Plasmas et Traitement de Surface, Université Pierre et Marie Curie, ENSCP, 11 rue Pierre et Marie Curie, , 75231 Paris cedex 05, France

² Institute for Health and Consumer Protection, European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy

Non-specific adsorption of proteins and associated bio-adhesion is one of the most significant limitations to the end point utility of many biomaterial devices. The adsorption of proteins onto a biomaterial surface initiates a cascade of events, including biofilm formation that can ultimately result in inflammation and rejection of the material/implant. Consequently, modification of a material surface to impart protein resistance is of significant interest in the fields of biotechnology and biomedical sciences.

The most recent approach for surface treatment of materials to reduce surface biofouling is based on amphiphilic nanostructured coatings, showing compositional, morphological and topographical surface heterogeneity[1]). The amphiphilic coating is composed of two components, one hydrophilic and the other hydrophobic in nature. The intrinsic incompatibility of these two components leads to phase segregation and consequently leads to surfaces with compositional, morphological and topographical surface heterogeneity in the nanoscale. The latter would result in a surface which is energetically unfavorable for protein or glycoprotein adsorption, thereby weakening the adhesion strength of the entire organism with the surface.

In this work amphiphilic coatings with nano-heterogeneity have been obtained by plasma copolymerization, of 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate (PFDA) and diethyleneglycol dimethyl ether (DEGDME) in an inductively coupled low pressure RF reactor using the pulsed or continuous mode at low power. Coatings with different compositions were prepared by using two precursor feed lines and varying their ratio by the carrier gas Ar flow rate. The plasma-polymerized coatings were characterised by contact angle, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), field emission scanning electron microscopy (FESEM) and Atomic force microscopy (AFM). The fluorocarbon coatings were investigated for their antifouling characteristics against two model proteins namely, Ovalbumin and Fibrinogen, using (QCM) and found to show good antifouling characteristics. PFDA-co-DEGDME showed switching properties in terms of wettability depending on the storage medium. The properties of such coatings were compared to the plasma co-polymerization of PFDA with an unsaturated polyethyleneoxide (PEO) which was the diethyleneglycol vinyl ether (DEGVE). The latter had a higher deposition rate as compared to the saturated precursor i.e. DEGDME which gave a deposition rate of 20nm/min.

Furthermore the approach of Design of Experiment and statistical treatments (variances) were used. Indeed a well-designed process is expected to be robust. The primary source of variability in complex processes is the interaction of two or more variables. The multidimensional combination of variables imply the need for extensive use of design of experiments (DoE) to map primary effects (different process parameters) and interactions between them. In this way the required level of process knowledge can be achieved in order to optimize for example the surface energy required for best antifouling properties.

[1] Gudipati, C. S.; Finlay, J. A.; Callow, J. A.; Callow, M. E.; Wooley, K. L. *Langmuir* 2005, 21, 3044-3053.

Keywords: plasma co-polymerization, antifouling, amphiphilic polymers.

Surface modification of maple and spruce by plasma treatment

Costin Anghel, Bernard Riedl, Pierre Blanchet, Vincent Blanchard

Centre de Recherche sur le Bois, Université Laval, Québec

Plasma treatment has been used over the last few years in order to alter the surface properties of wood. Depending of plasma reactors type and plasma gas, various properties can be improved, such as wood wettability, water repellence and coating adhesion. Atmospheric plasma reactors present the advantage that they could be inserted in a production line at very low cost, allowing the development of a new generation of wood products.

In this study, the effect of several plasmas on sugar maple (*Acer saccharum*) and black spruce (*Epicea mariana*) is evaluated by contact angle analysis and coating pull-off tests. According to experimental results, it turns out that the wettability of maple and spruce can be highly influenced by plasma gas and exposure time. Repetition of contact angle measurements after 1 and 2 weeks revealed that the effect of atmospheric plasma on wood surfaces is not permanent. It is important to highlight the effect of normal pressure air plasma on maple, which possibly leads to the development of industrial plasma reactors at atmospheric pressure for wood industry.

L'analyse de nanostructures synthétisées par laser par microscopie électronique en transmission

Nadi Braidy

Université de Sherbrooke

Le microscope électronique en transmission (MÉT) est désormais un instrument incontournable pour l'étude et la caractérisation de nanomatériaux. Cet outil permet non seulement la détermination de la morphologie des nanostructures, mais également de cartographier la distribution des éléments et des phases à leur échelle. L'ablation laser se distingue des autres méthodes de nanosynthèse par la grande versatilité que procurent les multiples paramètres de croissance et par sa capacité à générer une grande variété de nanostructures.

La richesse des informations obtenues par MÉT sera démontrée pour trois types de nanostructures synthétisées par laser. Dans un premier temps, des nanoparticules (NPs) de CoPt ont été épitaxiées par ablation alternée de cibles de Co et de Pt sur un substrat chauffé de NaCl. Des techniques avancées d'imagerie ainsi que de diffraction par MÉT ont pu déterminer l'état d'ordre de NPs de CoPt individuelles, qui conditionne par ailleurs leurs propriétés magnétiques. Dans un second temps, nous démontrons les capacités analytiques du MÉT avec deux exemples de NPs d'alliage fabriquées par laser. D'une part, la séparation de phases au sein de NPs individuelles de Au et de Pt, ablatées à hautes températures (600-1200°C) est démontrée avec des analyses de MÉT conjuguées à la spectroscopie des rayons X. D'autre part, l'agencement complexe des phases résultant de l'ablation laser d'un alliage à base de Ni-Ti à différentes pressions (0.3 à 380 Torr Ar) est élucidé à l'aide du MÉT, combiné à la spectroscopie électronique en perte d'énergie.

Utilisation de la spectroscopie laser-plasma (SLP) pour l'inspection des activités en sûreté nucléaire

François R. Doucet¹, Mohamad Sabsabi¹, Paul Bouchard¹ et Rick Kosierb²

¹ Conseil national de recherches Canada (CNRC-NRC/IMI), Boucherville (QC), Canada

² Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN-CNCS), Ottawa (ON), Canada

L'Agence internationale pour l'énergie atomique (IAEA) est à la recherche de technologies et d'instruments pour aider ses inspecteurs en sûreté nucléaire à surveiller les activités légales déclarées et aussi à enquêter sur les activités nucléaires non déclarées. Les inspecteurs de l'IAEA viennent de faire l'acquisition d'un spectromètre laser-plasma portatif pour identifier plusieurs matériaux et substances utilisés dans le raffinage et la production de combustible nucléaire. Les inspections sont présentement effectuées par des prélèvements d'échantillons sur site qui sont ensuite envoyés aux laboratoires de l'IAEA à Vienne afin d'être analysés. Cette procédure laborieuse est très coûteuse et nécessite beaucoup de temps. La technique SLP possède plusieurs avantages, d'un point de vue pratique, pour venir en aide aux inspecteurs de l'IAEA, comme par exemple la possibilité de réaliser une analyse instantanée et sans contact avec l'échantillon, de manière à minimiser les risques de contamination par des matières radioactives. Récemment, dans le cadre d'une collaboration avec l'IAEA et la Commission canadienne de sûreté nucléaire, nous avons développé à l'IMI et livré à l'IAEA un système portable basé sur la technique SLP. Ce système prototype est présentement utilisé par les inspecteurs de l'agence afin d'en évaluer les performances et la portabilité dans le contexte des procédures d'inspection de sites nucléaires. Dans cette présentation, nous ferons état des progrès réalisés dans le domaine de l'application de la technique SLP à l'inspection de sites en sûreté nucléaire. Nos résultats montrent notamment qu'il est possible d'identifier instantanément la provenance d'un minerai d'uranium concentré sous forme de « gâteau jaune » (« yellowcake ») à l'aide d'un spectromètre laser-plasma portatif alimenté par batterie et pesant moins de 8 kg.

Synthèse d'un biomatériau de type " biological-like apatite" par plasma inductif

Max Loszach

Université de Sherbrooke Laboratoire du CREPE

Du fait du vieillissement important de la population, on observe une augmentation du nombre de fractures, infections et autres maladies liées à la structure osseuse, pouvant induire des pertes osseuses irréparables par les mécanismes naturels seuls. Il est alors important de développer des substituts à la matrice minérale osseuse afin de traiter la maladie et d'assurer ainsi un bon rétablissement aux personnes touchées.

Les hydroxyapatites (HAP) synthétiques sont aujourd'hui largement utilisées comme substitut osseux du fait de leur excellente biocompatibilité. Néanmoins, bien que la structure des HAP soit relativement proche de la structure minérale du tissu osseux, les apatites biologiques restent toujours non stœchiométriques, présentant des imperfections structurales dues à l'incorporation à l'échelle de trace d'éléments cationiques et anioniques dans la structure cristallographique qui joue chacune un rôle important dans les processus cellulaire.

L'objectif de cette étude est de développer une hydroxyapatite synthétique pluri-substituée (K,Mg,Na,Cl,F) par plasma inductif.

Afin de réaliser les dépositions par plasma, une suspension à base de composés nitrates ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, KNO_3) et ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, NH_4F , NH_4Cl) a été préparée. Les dépositions ont été effectuées par plasma RF sous un jet d'argon/oxygène dans un réacteur à faible pression (~100mmtor). Des analyses par Microscopie électronique à balayage (MEB), Diffraction des Rayons X (DRX) et activation neutronique ont ensuite été réalisées sur les échantillons afin de les caractériser.

Les images MEB réalisées sur les surfaces et en coupe montre une microstructure présentant une microporosité ouverte de l'ordre de 10 micromètres avec une rugosité de surface du même ordre. Les diffractogrammes obtenus par DRX montre une phase principal d'hydroxyapatite ainsi qu'une phase de tricalcium phosphate de type $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ et enfin d'une phase de dicalcium diphosphate $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

L'analyse par activation neutronique a permis d'obtenir les compositions en pourcentage massique des différents composant, à savoir 39,9% de Ca, 0,04% de K, 0,55% de Mg, 0,86% de Na, 0,015% de F, 0,15% de Cl et 19,5% de P. On obtient ainsi un ratio Ca/P proche de 2,05.

La microstructure observée permet de supposer que le matériau développé pourrait permettre la circulation des fluides corporels au sein du substitut osseux, tandis que les résultats des DRX laissent supposer une possible biocompatibilité du matériau avec le milieu cellulaire, du fait des phases en présence que l'on retrouve dans la structure minéral du tissu osseux. On note également l'absence de phase d'oxyde de calcium CaO, phase généralement obtenue dans les dépositions d'HAP par plasma et hautement cytotoxique.

Les analyses par activation neutronique montrent une composition très proche de celle de l'os naturel, à savoir 24,5% de Ca, 0,03% de K, 0,55% de Mg, 0,7% de Na, 0,02% de F, 0,1% de Cl et 11,5% de P. L'os naturel présente ainsi un ration Ca/P de 2,1. Le matériau développé a ainsi une composition chimique semblable à celle de la matrice minérale osseuse tandis que sa microstructure et sa structure cristallographique tendent à en faire un substitut osseux potentiel.

Les études futures vont se porter sur la caractérisation du comportement biologique du matériau développé au contact d'un milieu cellulaire.

Les nanotubes de carbone monoparoi par ablation laser KrF: synthèse, caractérisations, purification et applications aux dispositifs photovoltaïques

V. Le Borgne¹, P. Castrucci², M. De Crescenzi², M. A. El Khakani¹

¹ Institut National de la Recherche Scientifique, INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications,

² Physics Department, University Tor-Vergata, Roma, Italy

Des nanotubes de carbone monoparoi (NTCs) ont été synthétisés en ablatant une cible de graphite chargée de catalyseur Co/Ni à l'aide d'un laser pulsé KrF dans une atmosphère appropriée. Les NTCs ainsi obtenus, à une température de synthèse de 1100C, sont de haute qualité et possèdent une distribution étroite de diamètres centrée autour de 1.2 nm. Les caractérisations des NTCs ont été effectuées par diverses techniques incluant la spectroscopie Raman, les microscopies électroniques et l'analyse thermogravimétrique (ATG). Nous présenterons, en particulier, des résultats montrant l'effet de deux paramètres de synthèse (i.e.; la teneur de la cible en catalyseur et la température de synthèse). Ainsi, nous montrerons que la teneur de la cible en catalyseur affecte directement la qualité et surtout la nature des nanostructures de carbone synthétisées (en allant des fullerènes aux NTCs avec des grands diamètres) les pourcentages de catalyseur, il est possible générer d'autres structures de carbone, telles des buckyballs et des NTC avec un très grand diamètre. Par ailleurs, à la concentration optimale de catalyseur, nous étions en mesure d'avoir un contrôle sur le diamètre des tubes entre 0.8 et 1.4 nm, en variant la température de synthèse de 800 à 1200C. Une fois purifiés (par oxydation thermique et chimique), les NTCs produits par laser ont été intégrés en des dispositifs photovoltaïques. Nous présenterons les propriétés électriques et d'efficacité quantique de ces nouveaux dispositifs photovoltaïques à base de NTCs.

Sphéroïdisation de poudres de verre par torche à plasma inductif pour application dans les matériaux cimentaires

David Harbec, Arezki Tagnit-Hamou, François Githofer

Université de Sherbrooke

La production d'une tonne de ciment génère environ une tonne de CO₂. Le CO₂ est connu comme un des gaz à effet de serre les plus néfastes. Toutefois, il existe une nouvelle pratique prometteuse tant aux points de vue économique qu'environnemental. Pour produire des bétons durables et à haute performance, les cimentiers remplacent une part de ciment par entre autre de la fumée de silice (FS)). L'utilisation de la FS est limitée à cause d'une insuffisance de production et de coûts d'approvisionnement élevés. Il y a donc nécessité de développer un produit alternatif pour la mise en oeuvre de bétons écologiques et de haute performance.

Afin d'épouser la morphologie de la FS, des poudres de verre mixtes amorphes micrométriques sont sphéroïdisées dans une torche à plasma à induction (TeknaPL-50). Dans la torche à plasma, les poudres de verre micrométriques se transforment en clusters, c.-i.e. en vapeur et en fines gouttelettes. À leur tour, ces clusters semblent suivrent un mécanisme de coalescence pour se condenser en poudres de verres phéroïdisées (PVS) de 30 nm-1 m de diamètre. Des analyses par microscopie électronique à balayage (MEB) et par la méthode Brunauer, Emmetand Teller (BET) montrent que les paramètres du système plasma (trempe, pression et alimentation en poudres de verre) influencent la concentration de clusters pour la coalescence des PYS. Tandis que l'alimentation en poudre de verre affecte directement la concentration de clusters, la trempe agit sur les boucles de recirculation des gaz et des clusters en amont du réacteur. Puis la pression, sur la pression partielle de clusters et sur la zone chaude du jet plasma.

Plasmas lasers

Vladimir Tikhonchuk

Université de Bordeaux

Les applications biomédicales des plasmas

Sylvain Coulombe

Université McGill

Synthèse de nanocristaux de silicium en plasma de silane à basse pression : comment les utiliser pour obtenir des couches minces nanocristallines et épitaxiées

Pere Roca I Cabarrocas

Ecole Polytechnique de Palaiseau

Détermination de la fonction de distribution en énergie des électrons dans les plasmas à pression réduite par spectroscopie optique d'émission: principes généraux et exemples d'applications

Luc Stafford

Université de Montréal

Modeling and Simulation in Semiconductor Manufacturing Equipment and Process Development

Peter L.G. Ventzek

Lam Research, Fremont CA USA

Modeling and simulation methods are well established in the mainstream of semiconductor manufacturing technology. Fundamental physics and chemistry based simulations of plasma sources have advanced to the point that integrated descriptions of tool performance encompass feature profile evolution and describe phenomena related to device electrical performance and reliability. The development of new sources and processes requires a solid foundation of fluid flow, thermal, mechanical and electromagnetic simulations. Simulation tools are reasonably well established in each of these areas and widely applied in industry.

While the state of simulations for source and process development has advanced significantly over a quarter century, the development and application of models and simulation are accompanied by significant challenges. Many of these are infrastructural in nature. Simply linking different simulation tools (e.g., plasma - electromagnetic) poses special difficulties. In addition, absence of fundamental data hinders the connection between plasma source models and models that purport to describe phenomena at and beneath the wafer surface. Plasma surface interactions and plasma chemistry are examples of lean datasets. Feedback from modeling and simulation to tool and process design is often encumbered by a misalignment between what is explored theoretically and what is sought in experiment.

This presentation will provide a brief overview of modeling and simulation as it pertains to semiconductor manufacturing with a focus on integrated models and simulations for plasma processing of semiconductor devices. Fundamental particle models will be used to illustrate their use in exploring plasma and flow kinetics questions relevant to process development. Examples of integrated equipment (plasma-flow-thermal-mechanical - feature scale) models will illustrate how a process system is probed computationally. A discussion of opportunities for modeling and simulation will conclude the presentation.

Traitement de déchets par plasma : application commerciale de système PAWDS

Pierre Carabin

PyroGenesis Canada Inc.

Depuis une dizaine d'année, PyroGenesis travaille avec la marine américaine au développement du système de destruction de déchets par plasma PAWDS (Plasma Arc Waste Destruction System). Le système PAWDS utilise un procédé breveté de broyage des déchets combustible en poussière fine. Cette poussière est ensuite alimentée à une tuyère chauffée par une torche à plasma d'air, également brevetée. Dans cette tuyère, les solides sont convertis en gaz de synthèse en une fraction de seconde. La combustion est complétée par l'ajout d'air secondaire dans une chambre de combustion directement attachée à la tuyère. Les gaz de combustion sont ensuite épurés dans un laveur Venturi puis relâchés à l'atmosphère grâce à un ventilateur de tirage forcé.

Un système PAWDS est installé à bord d'un bateau de croisière de Carnival Cruise Lines depuis 2003. Pour la marine et pour Carnival, ce système a permis de traiter plus de 800,000 kg de déchets typiques générés à bord des bateaux (papiers, carton, plastique, bois, textiles, nourriture) et a cumulé plus de 4000 heures d'opération. En outre, le système PAWDS est certifié pour le traitement des boues huileuses générées à bord des navires, un mélange de fioul lourd, et d'huiles de lubrification, à haute teneur en eau.

Le système PAWDS utilise un plasma thermique. La torche à plasma d'air à courant continu de PyroGenesis est utilisée et permet d'atteindre des températures moyennes de dard plasma à la sortie de la torche, de 4 000 à 6 000K, selon le niveau d'enthalpie souhaité. La torche utilise une cathode chaude et l'azote comme gaz d'enveloppe en plus de l'air comme gaz plasmagène principal.

On présentera un schéma du procédé PAWDS, quelques données d'opération, ainsi que les résultats des analyses d'émissions à l'atmosphère par un laboratoire indépendant. Une description de la torche à plasma d'air de PyroGenesis suivra.

Production par plasmas induits de poudres micrométriques et nanométriques à l'échelle industrielle

Richard Dolbec et Maher Boulos

Tekna Systèmes Plasma inc.

La production à l'échelle industrielle de matériaux avancés sous forme de poudre et présentant des propriétés très spécifiques (taille, distribution de taille, pureté, sphéricité, densité, composition, morphologie de surface, etc.) nécessite des procédés fiables offrant un excellent contrôle des conditions de traitement, en plus de présenter des données économiques avantageuses. Les plasmas thermiques à couplage inductif (ou plasmas induits) représentent l'une des avenues des plus prometteuses pour produire une vaste gamme de ces poudres et nanopoudres non plus seulement à l'échelle laboratoire, mais également à l'échelle industrielle. Parmi les avantages acquis par le traitement au plasma, on peut citer l'augmentation de la pureté des matériaux traités, leur densification et l'amélioration de leurs propriétés d'écoulement. À cet effet, les progrès réalisés par Tekna Systèmes Plasmas inc. dans ce domaine depuis les 20 dernières années l'ont incité à construire une toute nouvelle usine de production de poudres et de nanopoudres. La nouvelle division, Tekna Matériaux Avancés inc., exploitera la technologie des plasmas induits pour la production à l'échelle commerciale des poudres sphériques et des nanopoudres.

La technologie des plasmas induits sera décrite brièvement, tout en mettant l'accent sur certaines caractéristiques spécifiques aux procédés de traitement de poudres et de synthèse de nanopoudres. Des exemples de poudres produites à l'échelle industrielle, notamment en ce qui a trait à la sphéroidisation de poudre de carbure de tungstène et de silicium, seront présentés.

Quelques défis de gravure plasma dans le domaine des MEMS: l'expertise québécoise!

Cédric Coia

Dalsa Semiconducteur

Nouvelles caméras à balayage pour la spectroscopie X de plasmas produits par laser

Christian-Yves Côté

Axis Photonique

Nous présenterons les défis reliés à la mesure des spectres X pour l'étude des plasmas produits par laser. Principalement, nous discuterons des caméras à balayage et de leur utilisation dans les laboratoires de laser intenses.