



Titre: Procédés laser sub-micron fibré

Title : Fibered sub-micron laser process

Directeur(s) de Thèse / Supervisors :

Sylvain Lecler sylvain.lecler@unistra.fr

Co-encadrant : Grégoire Chabrol (ECAM)

Unité(s) d'Accueil(s) / Lab. :

Laboratoire ICube, Equipe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) ;

ICube Lab. Photonics Instrumentation and Processes (IPP)

<http://icube-ipp.unistra.fr/>

Établissement de rattachement / Organization: Université de Strasbourg - CNRS

Collaboration(s) :

Collaboration avec Ecole Polytechnique de Montréal, Optech (Canada), Multitel (Belgique), IREPA Laser

Rattachement à un programme / related projects:

Projet Amaranda, Plateforme C3-Fab, Axe transverse IMEE

Résumé/ abstract: (1500 caractères au maximum)

Abstract:

The possibility to use light easily and in parallel at sub-micrometer scale for laser processes and optical characterizations, may allow their applications to be extended as in micromachining prototyping or in responding to the increasing requirements of fast characterizations of microsystems. We have been among the first to demonstrate the possibility to focus laser beyond the diffraction limit in the shadow side of microbeads, and then of shaped optical fiber tips. The near-field focused beam, called photonic jet, is a propagative beam concentrated with a FWHM, which may be smaller than a half-wavelength. Many applications have been considered, such as micro-etching, fluorescence excitation, photo-polymerization at sub-micrometer scale, nanoparticle micromanipulation, etc.

During the PhD, the interest of different fibers, both single-mode and multi-mode ones, with one or multi-cores, will be considered. Several methods to perform the tip shapes by maintaining the core/cladding structure will be compared. The possibility to obtain a more regular and homogeneous laser spot and to reduce the required energies for the various applications will be some of our objectives. From the computed tip shapes, the fiber tips will be manufactured and tested, in collaboration with our partners. Technics to parallelize the processes will be considered and experimented.

Résumé : La possibilité d'utiliser des lasers pour des procédés ou des caractérisations à l'échelle sub-micron, de façon simple ou parallèle permettrait d'étendre leurs applications aux besoins de prototypage en micro-fabrication ou aux besoins croissants de caractérisation rapide de microsystèmes. Nous avons été parmi les premiers à montrer la possibilité de focaliser les lasers au-delà de la limite de diffraction en sortie de billes puis de fibres optiques dont les embouts avaient une forme calculée spécifiquement. Ce faisceau focalisé en champ proche, appelé jet photonique, est propagatif et concentré sur une dimension latérale pouvant être inférieure à une demi-longueur d'onde. De nombreuses applications ont été considérées parmi lesquelles la micro-gravure, l'excitation de fluorescence, la photopolymérisation, la micromanipulation de nanoparticules, etc.

Lors de la thèse l'intérêt de différents types de fibres, aussi bien monomodes que multimodes, mono-cœur que multi-cœur sera considéré. Plusieurs méthodes de façonnage de leurs embouts garantissant l'intégrité de la structure cœur/gaine devront être comparées. L'obtention d'un spot plus régulier et la réduction des énergies nécessaires pour l'obtention des différentes applications seront des objectifs. Sur la base des formes d'embouts calculés, des embouts de fibres seront réalisés et testés en lien avec nos partenaires. La parallélisation du procédé sera également considérée et mise en œuvre.

Descriptif du sujet/ More details:

Cette demande d'allocation s'inscrit en appui d'une **collaboration internationale** avec Optech (Quebec Canada) et Multitel (Belgique) dans le cadre du **projet Amaranta** et porte sur une **action en faveur d'une thématique émergente**, celle de **l'application des jets photoniques en micro-fabrication et caractérisation**. Depuis la découverte du concept il y a quelques années, le nombre de publications sur le sujet n'a cessé de croître, rendant nos travaux, parmi les tous premiers sur le sujet très visibles [1-3].

Au-delà d'un phénomène électromagnétique nouveau initialement obtenu avec des microbilles, le fait d'être capable aujourd'hui de maîtriser la génération de jets photoniques en embout d'une fibre optique [4-6] ouvre un grand nombre d'applications concernant entre autres la micro et nano-gravure laser [3-6], la chirurgie [7], le diagnostic in-vivo intraluminal, la microscopie super-résolue [8], etc. Autant de sujets maîtrisés par notre équipe (ICube-IPP) et **en cohérence avec notre environnement (IREPA Laser, IHU, pôle de compétitivité Biovalley)**.

Ce travail doctoral sera dirigé par Sylvain Lecler, HDR depuis 2013, responsable de l'équipe IPP et du thème micro-procédés laser. Il sera co-encadré par Grégoire Chabrol spécialiste en procédé laser qui a travaillé plusieurs années à Oxford Laser.

Références

- [1] S. Lecler, Y. Takakura and P. Meyrueis, Properties of a three-dimensional photonic jet, Optics Letters (30)19 p.2641-2643 , 2005.
- [2] S. Lecler, S. Haacke, N. Lecong, O. Crégut, J-L. Rehspringer, C. Hirlimann, Photonic jet driven non-linear optics: example of two-photon fluorescence enhancement by dielectric microspheres, Optics Express (15)8, avril 2007.
- [3] Abdurrochman A., Lecler S., Mermet F., Tumbelaka B., Serio B. and Fontaine J., Photonic jet breakthrough for direct laser micro-processing using near-IR nanosecond laser, Applied

Optics (53)31, pp.7202-7207, 2014.

[4] Zelgowski J., Abdurrochman A., Mermet F., Pfeiffer P., Fontaine J., Lecler S., Photonic jet sub-wavelength etching using shaped optical fiber tip, Optics Letters, (41)9, pp. 2073-76, 2016.

[5] R. Pierron, S. Lecler, J. Zelgowski, P. Pfeiffer, F. Mermet, J. Fontaine, Etching of semiconductors and metals by the Photonic Jet with shaped optical fiber tips, Applied Surface Sciences, 418, p.452–455, 2017.

[6] R. Pierron, J. Zelgowski, P. Pfeiffer, F. Mermet, J. Fontaine and S. Lecler, Photonic jet: key role of injection for etchings with a shaped optical fiber tip Optics letters. 42(14), 2707-2709, 2017.

[7] Vasily N. Astratov et al. Photonic nanojets for laser surgery, SPIE Nanotechnology 2010.

[8] I. Kassamakov, S. Lecler, A. Nolvi, A. Leong-Hoi, P. Montgomery and E. Hægström, 3D Super-Resolution Optical Profiling Using Microsphere Enhanced Mirau Interferometry, Scientific report, 7, 3683, Nature 2017.