



Proposition de stage recherche / Internship
PFE Ingénieur et/ou Master M2 / Master
Université de Strasbourg - Laboratoire ICube
Mars- août 2019 / March-August 2019

Titre du stage

Title: Conception d'Éléments optiques diffractifs «sandwich» combinant lumière incidente et lumière réfléchie

ICube (Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie)
Strasbourg, France

Equipe / Team : IPP (Instrumentation et Procédés Photoniques / Photonics Instrumentation and Processes)

Contexte : Les éléments optiques diffractifs (EOD) permettent une mise en forme arbitraire d'un faisceau de lumière cohérente. Nous avons une expérience dans l'équipe dans la conception et la fabrication de tels composants [1], [2]. Les algorithmes de conception d'EOD utilisent différents types de propagateurs pour passer du champ électromagnétique à proximité de l'élément au champ sur l'écran représentant la zone de mise en forme du champ électromagnétiques. Il faut faire la distinction entre les propagateurs scalaires telle la transformée de Fourier rapide fonctionnant dans le cadre de l'approximation de Gauss et les propagateurs grands angles tels que la méthode angulaire du spectre propagé (ASM) ou de Rayleigh Sommerfeld [3], [4]. Ces derniers propagateurs peuvent être rigoureux vectoriels dans le cas où le champ électromagnétique n'est constitué que d'ondes se propageant toutes dans le même sens. Pour des applications autres de l'optique intégrée, nous avons développé un outil de calcul appelé RSM (Radiation Spectrum Method) [5], [6] qui possède un aspect entièrement vectoriel et qui cette fois prend en compte des ondes se propageant dans les deux sens (ondes incidentes et ondes réfléchie). L'idée est d'utiliser ce propagateur RSM ondes planes dans les cas 2D et 3D pour tester la reconstruction d'EODs appelés «sandwich» parce que contrairement aux EOD ordinaires ils utilisent la lumière incidente et la lumière réfléchie. Il est ainsi envisageable d'obtenir une taille de spot de focalisation limitée par la diffraction qui passe de $\frac{\lambda}{2}$ à $\frac{\lambda}{4}$.

Description : Le travail proposé consistera à inclure les propagateurs RSM 2D et 3D ondes planes dans un algorithme itératif pour permettre la conception d'éléments optiques diffractifs «sandwich». Ces propagateurs sont déjà disponibles au sein du laboratoire. Avant de traiter de la conception d'un EOD avec ces propagateurs intégrés dans un algorithme itératif, on s'intéressera à reconstruire le champ dans le cas le plus simple d'une lentille de Fresnel diffractive dans les cas 2D puis 3D. Les profils de surfaces des EOD prendront certainement la forme de métasurfaces. Dans ce cas, on utilisera un couplage des méthodes FDTD (Finite Differences Time Domain) avec les logiciels Lumerical FDTD Solutions ou Meep et le propagateur RSM. La FDTD sera utilisée pour la propagation du champ électromagnétique dans l'épaisseurs de l'EOD. La RSM 2D ou 3D sera utilisée pour la propagation du champ

électromagnétique du plan de sortie de l'EOD au plan d'utilisation du champ. Un algorithme itératif de type génétique sera testé pour la conception de tels EOD. On cherchera à cerner le domaine d'applications de ces éléments. Une validation expérimentale sera envisagée.

Contacts:

Membres permanents IPP : Philippe Gérard, philippe.gerard@insa-strasbourg.fr
Sylvain Lecler, sylvain.lecler@unistra.fr

Gratification de stage :

Gratification de stage conformément aux règles en vigueur (de l'ordre de 554,40 €/mois).

Poursuite possible en thèse : Possible

Opportunity of PhD : Possible

References :

- [1] M. Flury, A. Benatmane, P. Gérard, P. C. Montgomery, J. Fontaine, T. Engel, J. P. Schunck, "Rapid prototyping of diffractive optical elements for high-power lasers using laser ablation lithography fabrication and coherence probe microscopy analysis", *Optical-Engineering*. Oct. 2002; 41(10): 2407-18.
- [2] M. Flury, E. Clauss, P. Gérard, J. Fontaine, E. Fogarassy, "Encoded complex reconstruction into diffractive optical elements for high power Nd:YAG laser marking system", *Optics Communications* vol. 273, p. 575-580, (2007)
- [3] Nguyen G. N., Heggarty K., Gérard P; et al., «Computationally efficient scalar non paraxial modeling of optical wave propagation in the far field», *Applied Optics*, Vol. 53, n°10, pp 2196-2205, avril 2014.
- [4] Nguyen G. N., Heggarty K., Bacher A. et al., «Iterative scalar non paraxial algorithm for the design of Fourier phase elements», *Optics Letters*, Vol. 39, n°19, pp 5551-5554, octobre 2014.
- [5] Gérard, P. Benech, D. Khalil, R. Rimet, S. Tedjini, "Towards a full vectorial and modal technique for the analysis of integrated optics structures : the Radiation Spectrum Method (RSM)", *Optics Communications* , Vol 140, july 1997, pp 128-145.
- [6] V. Raulot, P. Gérard, B. Sério, M. Flury, B. Kress, P. Meyrueis, "Modeling of the angular tolerancing of an effective medium diffractive lens using combined finite difference time domain and radiation spectrum method algorithms", *Optics Express*, vol. 18, n°. 17, August 2010, p 17974-17982.