

Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse: Evgeni Popov

Email et adresse: e.popov@fresnel.fr

Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel: 0491288938

Co-encadrant: Anne-Laure Fehrembach

Sujet : Génération de seconde harmonique dans des CRIGF (cavity-resonator-integrated grating filters)

La génération de seconde harmonique (SHG) est un processus optique non-linéaire du deuxième ordre correspondant à la création d'un signal optique à une fréquence 2ω à partir d'un signal à ω . Les domaines d'application de la SHG sont le stockage de données, l'imagerie biologique, l'optique quantique, les lasers.... La SHG nécessite un accord de phase entre les ondes à ω et 2ω et une exaltation du champ. Il y a une quinzaine d'années a été démontré la possibilité de créer une exaltation du champ et un quasi-accord de phase, et donc une exaltation de la SHG, grâce à des réseaux à résonance de mode guidé (GMRG) [1]. Un GMRG est composé d'un guide d'onde planaire et d'un réseau sub-longueur d'onde, qui permet l'excitation d'un mode propre conduisant à un phénomène de résonance de fort facteur de qualité. Cependant, un GMRG (infini) nécessite un faisceau incident bien collimaté, alors qu'un faisceau focalisé permettrait d'augmenter l'intensité du signal pompe, et donc l'efficacité de la conversion non-linéaire. Cette limitation pourrait-être surmontée en entourant le GMRG de réseaux de Bragg, comme suggéré récemment dans les CRIGF (cavity-resonator-integrated grating filter) [2]. Ainsi, les CRIGF sont potentiellement très intéressants pour la SHG.

L'objectif de la thèse comporte trois points : d'abord être capable de modéliser numériquement la SHG dans les CRIGF, ensuite, comprendre le fonctionnement d'un CRIGF non-linéaire et identifier des règles de conception, enfin, donner un ordre de grandeur des performances ultimes accessibles expérimentalement.

La partie théorique du travail sera menée à l'Institut Fresnel, dans l'équipe CLARTE. Elle visera à adapter notre code numérique (méthode modale de Fourier) [3,4] à la modélisation de la SHG dans un CRIGF. Puis nous étudierons diverses configurations : réseaux 1D, 2D, structure résonnante pour le signal SHG et/ou la pompe, etc...pour comprendre les mécanismes de SHG dans un CRIGF.

Ce travail débouchera sur la conception de composants, en étroite collaboration avec le LAAS-CNRS (Toulouse, France) pour le choix des matériaux et la faisabilité de la structure. Les composants seront fabriqués et caractérisés au LAAS. La dernière étape du projet sera l'analyse et l'interprétation des résultats expérimentaux par comparaison avec les résultats numériques.

Le candidat doit être citoyen européen.

[1] "Mode matching for second-harmonic generation in photonic crystal waveguides", A. R. Cowan and J. F. Young, Phys. Rev. B, **65**, 085106 (2002)

[2] "High angular tolerance and reflectivity with narrow bandwidth cavity-resonator-integrated guided-mode resonance filter", Buet, X. and Daran, E. and Belharet, D. and Lozes-Dupuy, F. and Monmayrant, A. and Gauthier-Lafaye, O., Opt. Expr. **20**, 9322-9327 (2012)

[3] "Gratings: Theory and Numeric Applications" (2012, éditeur E. Popov), www.fresnel.fr/numerical-grating-book

[4] "Surface-enhanced second-harmonic generation in nonlinear corrugated dielectrics: new theoretical approach", J. Opt. Soc. Am. B, **11**, 1555 (1994)

Thesis subject

Name of the laboratory: Institut Fresnel

Thesis advisor: Evgeni Popov

Email and address: e.popov@fresnel.fr

Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel: 0491288938

Co-advisor: Anne-Laure Fehrembach

Subject's title: **Second harmonic generation in cavity resonator integrated grating filters (CRIGF)**

Second harmonic generation (SHG) is a second order nonlinear optical process corresponding to the creation, from an optical signal with a frequency ω , of a signal at frequency 2ω . SHG finds applications in non-linear signal data storage, bio-imaging, quantum optics experiments, straight frequency conversion for lasers...The SHG requires a phase matching condition between the waves at ω and 2ω , together with a field enhancement. It was pointed out fifteen years ago [1], that guided mode resonance gratings (GMRG) can provide both field enhancement and a quasi-phase matching, and thus SHG enhancement. A GMRG is composed with a planar waveguide on which a sub-wavelength grating is engraved, which allows the excitation of an eigenmode leading to a high quality factor resonance phenomenon. However, an (infinite) GMRG requires well collimated incident beams, although tightly focused beams would increase the pump irradiance and nonlinear conversion efficiency. This limitation could be overcome by surrounding the GMRG with two Bragg gratings, as proposed recently with the so called cavity resonator integrated grating filter (CRIGF) [2]. Hence, CRIGF are potentially interesting for SHG.

The objective of the thesis can be divided into three parts: first, to be able to numerically model the SHG in CRIGF, second, to understand the functioning of non-linear CRIGF and identify the rules for the design of components, third, to give orders of magnitude of the ultimate performances experimentally achievable.

The theoretical part of the work will be conducted at the Institut Fresnel, in the CLARTE team. The work will first consist in adapting our numerical code based on the Fourier modal method (FMM) [3,4] to the correct and efficient modelling of SHG in CRIGF. Then, we will study various configurations: 1D or 2D gratings, structure resonant for the SHG signal and/or the pump, etc...to understand the basic principles of SHG in CRIGF.

This work will lead to the design of components, in close connection to the LAAS-CNRS (Toulouse, France) for the choice of the materials and the feasibility of the components. The designed components will be fabricated and measured at LAAS. The last step of the work will consist in analysing and interpreting the experimental results thanks to comparison with the numerical modelling of the fabricated components.

European citizenship is required.

[1] "Mode matching for second-harmonic generation in photonic crystal waveguides", A. R. Cowan and J. F. Young, Phys. Rev. B, **65**, 085106 (2002)

[2] "High angular tolerance and reflectivity with narrow bandwidth cavity-resonator-integrated guided-mode resonance filter", Buet, X. and Daran, E. and Belharet, D. and Lozes-Dupuy, F. and Monmayrant, A. and Gauthier-Lafaye, O., Opt. Expr. **20**, 9322-9327 (2012)

[3] "Gratings: Theory and Numeric Applications" (2012, éditeur E. Popov), www.fresnel.fr/numerical-grating-book

[4] "Surface-enhanced second-harmonic generation in nonlinear corrugated dielectrics: new theoretical approach", J. Opt. Soc. Am. B, **11**, 1555 (1994)