

Génération de peignes de fréquences visibles dans des guides d'ondes en phosphure de gallium (GaP) utilisant l'optique non linéaire ($\chi^{(2)}$, $\chi^{(3)}$)

Direction : Min W. LEE (Co-direction : Vincent RONCIN)
Laboratoire de Physique des Lasers
min.lee@univ-paris13.fr

1. Introduction et Objectifs

Le développement de peignes de fréquences à haute cohérence dans le spectre visible est crucial pour des applications de spectroscopie de précision et de métrologie, notamment dans le contexte de développement des technologies quantiques. Alors que le nitrure de silicium domine le domaine des peignes de fréquences en photonique intégrée, son absence de non linéarité de second ordre ($\chi^{(2)}$) nécessite des processus de doublage externes complexes pour accéder aux longueurs d'onde visibles. Ce projet de thèse propose l'utilisation de guides à base de phosphure de gallium (GaP) pour réaliser la conversion de fréquence depuis les longueurs d'onde de télécom (1550 nm) et vers le visible (au tour de 700 nm, limite de transparence du GaP) [1–4]. L'équipe Métrologie Transportable, associée à cette thèse dispose de sources stabilisées de 1 μm à 1600 nm (lasers à semiconducteurs peignes de fréquence de cavité externe), permettant de réaliser des expériences de conversion vers le visible par le mélange paramétrique $\chi^{(3)}$ ou par GSH $\chi^{(2)}$. L'étude des effets non linéaires pour la conversion de fréquence est un enjeu important pour la génération de peignes de fréquences dans le visible, permettant d'adresser des longueurs d'onde synchrones verrouillées en phase pour les expériences d'optique quantique (squeezing) et de physique quantique (absorption à deux photons, pompage Raman).

2. Contexte et Motivation

Le phosphure de gallium (GaP) possède un indice de réfraction élevé (> 3), une large bande interdite (2,26 eV) et un haut coefficient $\chi^{(2)}$. Plus particulièrement, à 1550 nm, le GaP présente une absorption à deux photons (TPA) négligeable, permettant un pompage continu (CW) à haute puissance, ce qui est impossible dans le silicium. En utilisant des lasers de pompe ultra-stables et fortement cohérents, on peut s'attendre à des efficacités accrues de conversion. Ce point est essentiel pour les équipes de recherche travaillant sur les nouvelles plateformes (GaP sur silicium, GaP sur GaAs) pour des applications de supercontinuum et de peignes de fréquence [1]. Dans ce contexte, l'Institut Foton (Yoan Léger de l'équipe OHM, INSA de Rennes) et Thales Research and Technology (Arnaud Grisard) sont disposés à fournir des échantillons lors de cette thèse (collaborations déjà initiées).

3. Méthodologie

La recherche se concentrera sur des guides d'ondes GaP optimisés pour un pompage à 1550 nm.

- **(i) Banc de caractérisation :** Des sources stabilisées seront utilisées pour le pompage. Le signal de sortie sera caractérisé à l'aide d'un analyseur de spectre optique (OSA) à haute résolution ou par battement hétérodyne.
- **(ii) Pompage optique :** Tests de GSH et de transposition de fréquence.
- **(iii) Caractérisation de la conversion non linéaire :** Analyse des spectres et des paramètres optiques de pompage.
- **(iv) Etude de la dispersion et de l'accord de phase :** Analyse en amplitude, en fréquence et en phase des spectres.

Références

1. D. J. Wilson, et al. "Integrated gallium phosphide nonlinear photonics." *Nature Photonics*, 14(1), 57-62 (2020) doi.org/10.1038/s41566-019-0537-9.
2. P. Wo, et al. "Investigation of $\chi^{(2)}$ -Translated Optical Frequency Combs Tunability in Gallium Phosphide-on-Insulator Resonators." *IEEE Photon. J.*, 16(2), 1-8 (2024) doi.org/10.1109/JPHOT.2024.3365214.
3. A. D. Logan, et al., "400%/W second harmonic conversion efficiency in 14 μm -diameter gallium phosphide-on-oxide resonators," *Opt. Exp.*, 26(26), 33687 (2018) doi.org/10.1364/OE.26.033687.
4. X. Xue, et al. Second-harmonic-assisted four-wave mixing in chip-based microresonator frequency comb generation. *Light Sci Appl* 6, e16253 (2017). doi.org/10.1038/lsa.2016.253