



HAL
open science

GÉNÉRATION D'HARMONIQUE EFICACE, EN UTILISANT POUR L'HARMONIQUE DES MODES D'ORDRE ÉLEVÉ DANS LES GUIDES SUR PPLN

Maxim Neradovskiy, Elizaveta Neradovskaya, Dmitri Chezganov, Lubov Gimadeeva, Evgenii Vlasov, Pascal Baldi, Hervé Tronche, Florent Doutre, Vladimir Ya. Shur, Marc P de Micheli

► To cite this version:

Maxim Neradovskiy, Elizaveta Neradovskaya, Dmitri Chezganov, Lubov Gimadeeva, Evgenii Vlasov, et al.. GÉNÉRATION D'HARMONIQUE EFICACE, EN UTILISANT POUR L'HARMONIQUE DES MODES D'ORDRE ÉLEVÉ DANS LES GUIDES SUR PPLN. Journées Nationales d'Optique Guidée, Jul 2017, Limoges, France. hal-01636594

HAL Id: hal-01636594

<https://hal.science/hal-01636594>

Submitted on 16 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

GÉNÉRATION D'HARMONIQUE EFFICACE, EN UTILISANT POUR L'HARMONIQUE DES MODES D'ORDRE ÉLEVÉ DANS LES GUIDES SUR PPLN.

Maxim Neradovskiy^{1,2}, Elizaveta Neradovskaya¹, Dmitri Chezganov², Lubov Gimadeeva², Evgenii Vlasov², Pascal Baldi¹, Hervé Tronche¹, Florent Doutre¹, Vladimir Ya. Shur², Marc P. De Micheli^{1*}

¹ *Université Côte d'Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice, 06100 Nice, France*

² *Institute of Natural Sciences, UrFU, 19 Mira Str., Ekaterinburg 620000, Russia*

* *marc.de-micheli@unice.fr*

RÉSUMÉ

Dans cette étude, pour nous assurer que la fabrication des guides n'induit aucun effet parasites comme la création de nanodomains, la réduction du coefficient non linéaire ou le coupage des polarisations ordinaires et extra-ordinaire induit par les contraintes mécaniques, nous avons utilisé des guides à gradient d'indice présentant une très faible variation d'indice et un profil à gradient. Dans ce cas, nous avons pu constater qu'il était plus intéressant de travailler avec des modes d'ordre élevé pour l'harmonique. Ces modes présentent en effet un meilleur recouvrement avec le mode de pompe et une dispersion très semblable à celle du mode de pompe ce qui rend l'interaction efficace et peu sensible aux variations des paramètres géométriques du guide.

MOTS-CLEFS : *Optique non linéaire, Optique Intégrée, PPLN, Echange protonique*

1. INTRODUCTION

Il est bien connu qu'augmenter le confinement des modes en interaction est le meilleur moyen d'obtenir une interaction non linéaire guidée efficace, et nous travaillons activement sur ce sujet¹, mais les paramètres de fabrication permettant d'obtenir sur PPLN des guides présentant un fort confinement, de faibles pertes à la propagation et des coefficients non linéaires préservés restent encore à découvrir. Nous continuons donc à étudier le processus d'échange protonique doux (SPE: Soft Proton Exchange). En effet, malgré l'expérience que nous avons acquise en développant des composants pour le traitement quantique de l'information², il reste difficile de contrôler précisément le spectre et l'efficacité dans les expériences de doublage de fréquence. Les expériences que nous avons faites à l'aide d'un OPO NT242 d'EKSPLA émettant des impulsions de 5ns avec un taux de répétition de 1kHz à une longueur d'onde qui peut être choisie entre 210 et 2600 nm, ont permis de montrer que pour une pompe entre 1 et 1,5 μm , les interactions les plus efficaces étaient obtenues en injectant la pompe dans le mode TM0 et en créant l'harmonique dans un mode d'ordre élevé.

2. FABRICATION ET CARACTERISATION DU GUIDE A COURTE SECTION PPLN : 1,5mm

Pour éviter de dégrader les propriétés non linéaires du cristal par un taux d'échange trop élevé³ ou en créant des nanodomains⁴ nous avons préparé des guides SPE de longueur 1,5cm à 300°C et en utilisant un bain d'acide benzoïque contenant 3,1% de benzoate de lithium. Une section de PPLN a ensuite été écrite par irradiation par faisceau d'électron⁵ avec une période choisie de manière à satisfaire la condition de quasi accord de phase entre modes fondamentaux (TM0) autour de 1,55 μm . Dans la fig.1, on voit que les spectres obtenus avec l'OPO sont identiques à ceux obtenus avec une source CW, monomode transverse et accordable (Tunics T100S-HP). On peut également observer que l'influence de la largeur des guides sur la longueur d'onde d'accord de phase est de l'ordre de 3nm par μm . Dans la fig.2 nous avons reporté les spectres obtenus pour les différentes largeurs de guides disponibles et en balayant une plage de longueur d'onde plus étendue grâce à l'OPO.

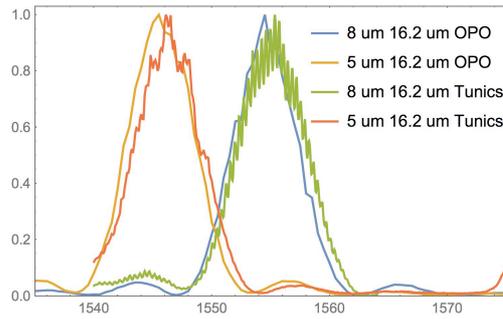


Fig. 1. Spectres de SHG normalisés obtenus avec l'OPO et avec la source CW. Mode TM0 pour les deux longueurs d'onde dans des guides de largeur 5 et 8 μm traversant une section PPLN de période 16,2 μm .

La longueur d'onde de pompe est toujours injectée dans le mode TM0, mais on voit apparaître d'autres situations de quasi accord de phase, avec l'harmonique dans des modes d'ordres plus élevés. A 1,47 μm , l'harmonique est dans le mode TM1 (2 modes latéraux) et à 1,44 μm dans le mode d'ordre plus élevé présenté fig. 2. C'est pour cette configuration que l'efficacité de conversion la plus grande est obtenue. Elle est de l'ordre de 100%/W.cm², soit un peu moins que la meilleure valeur reportée (150%/W.cm²) pour ces longueurs d'onde⁶, mais largement supérieure à l'efficacité garantie sur les composants commerciaux similaires⁷ qui est de l'ordre de 5%/W.cm². La différence entre ces deux chiffres illustre bien l'intérêt de travailler sur ces composants pour améliorer leur reproductibilité. Un autre résultat surprenant et très important à noter est que dans cette configuration efficace, la longueur d'onde d'accord de phase ne dépend pas de la largeur des guides. Ces résultats s'expliquent par le fait que le mode d'ordre élevé utilisé ici présente un meilleur recouvrement avec le mode de pompe et une dispersion très semblable à celle du mode de pompe ce qui explique le peu de sensibilité aux variations des paramètres géométriques du guide.

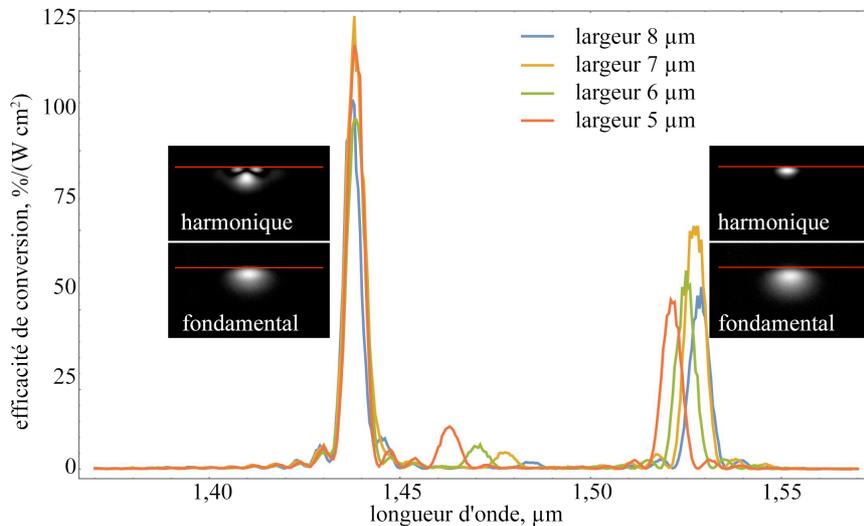


Fig. 2. Spectres de SHG obtenus avec différentes combinaisons d'accord de phase modal et de quasi-accord de phase. A 1,52 μm l'harmonique est dans le mode TM0 (taille très différente de celle du mode de pompe); à 1,47 μm dans le mode TM1(2 lobes latéraux) et à 1,44 μm dans le mode d'ordre plus élevé présenté en encart. La période des domaines est de 15,8 μm . La ligne rouge matérialise la surface de l'échantillon.

3. FABRICATION ET CARACTERISATION DU GUIDE A LONGUE SECTION PPLN : 15mm

Ces résultats ne sont pas spécifiques à un guide particulier. En effet, avec les mêmes paramètres d'échange protonique nous avons fabriqué des guides dans des substrats de PPLN fabriqués par application d'un champ électrique périodique. Nous avons utilisé des échantillons de 1,5cm de long et présentant des périodes allant de 15,5 à 16,5 μm . Les spectres de SHG réalisés sur ces échantillons sont présentés à la fig.3. Comme dans le cas précédent, on observe plusieurs

configurations d'accord de phase possibles, et la plus efficace fait intervenir un mode d'ordre élevé qui est représenté fig.3b. Dans ce cas également, la longueur d'onde d'accord de phase de cette configuration efficace est quasi insensible à la largeur du guide. Compte tenu de la longueur de la section PPLN 10 fois plus grande, les mesures d'efficacité de conversion ont été plus difficiles à faire, car même en se plaçant au minimum de détection de notre détecteur infra-rouge, il était très difficile d'éviter d'être en régime de déplétion de la pompe régime dans lequel les mesures d'efficacité sont faussées. Nous n'avons pu le faire que pour un guide de $6\mu\text{m}$ pour lequel l'efficacité de conversion peut être estimée à $50\%/W.\text{cm}^2$, soit encore une fois bien au-delà des efficacités des composants commerciaux.

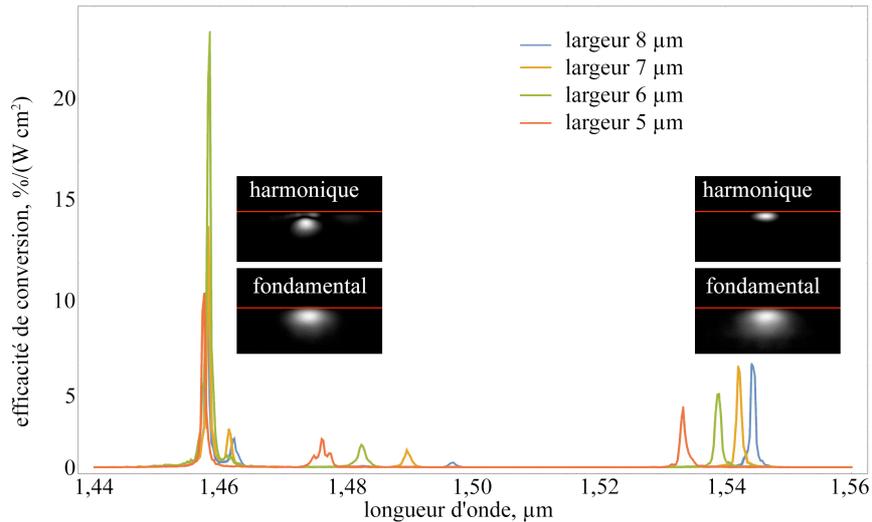


Fig. 3. Spectres de SHG et distribution de l'énergie dans le mode harmonique à l'accord de phase pour $\lambda=1,46\mu\text{m}$ et une période des domaines de $16,4\mu\text{m}$.

CONCLUSION

En limitant très fortement le taux d'échange dans les guides SPE sur PPLN pour éviter toute source de dégradation des coefficients non linéaires du cristal, il est possible, en utilisant pour l'harmonique des modes d'ordre élevé, d'obtenir en SHG, des efficacités de conversion de 50 à $100\%/W.\text{cm}^2$ et insensibles aux variations de largeur des guides utilisés. Cette approche semble intéressante à poursuivre pour réaliser de façon reproductible des composants efficaces.

RÉFÉRENCES

- [1] O. Stepanenko *et al.* "Crystallographic and optical properties of Z-cut High Index Soft Proton Exchange (HISoPE) LiNbO₃ Waveguides", J. of Light. Tech. 34(9) 2206-2212, (2016)
- [2] O. Alibart *et al.*, "Quantum photonics at telecom wavelengths based on lithium niobate waveguides", J. Opt. 18, p.104001, (2016)
- [3] Yu. N. Korkishko, V.A. Fedorov, M. De Micheli, K. El Hadi, P. Baldi, A. Leycuras. "Relationships between structural and optical properties of proton-exchanged waveguides on Z-cut lithium niobate." Applied Optics Vol. 35(36), pp. 7056-7060, (1996)
- [4] M. M. Neradovskiy *et al.*, "Fabrication of SPE Waveguides on PPLN: Formation of Nanodomains and Their Impact on the SHG Efficiency", Ferroelectrics, 476: 127–133, (2015)
- [5] D. S. Chezganov, *et al.*, "Periodic domain patterning by electron beam of proton exchanged waveguides in lithium niobate " Appl. Phys. Lett. 108, 192903, (2016)
- [6] K. R. Parameswaran, *et al.*, " Highly efficient second-harmonic generation in buried waveguides formed by annealed and reverse proton exchange in periodically poled lithium niobate", Opt. Lett. 27(3) p. 179 (2002)
- [7] <http://www.hcphotonics.com/wg.asp>