



HAL
open science

Génération de seconde harmonique dans des guides enterrés sur niobate de lithium

Oleksandr Stepanenko, Emmanuel Quillier, Inna Krasnokutska, Pascal Baldi,
Marc de Micheli

► **To cite this version:**

Oleksandr Stepanenko, Emmanuel Quillier, Inna Krasnokutska, Pascal Baldi, Marc de Micheli. Génération de seconde harmonique dans des guides enterrés sur niobate de lithium. JNCO, Jun 2013, Cherbourg, France. hal-00849593

HAL Id: hal-00849593

<https://hal.science/hal-00849593>

Submitted on 31 Jul 2013

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 de second harmonique dans des guides enterrés sur niobate de lithium.

Oleksandr Stepanenko, Emmanuel Quillier, Inna Krasnokutska, Pascal Baldi, Marc P. De Micheli*

LPMC, Université de Nice Sophia Antipolis – CNRS, Parc Valrose 06108 Nice Cedex 2

* marc.de-micheli@unice.fr

Résumé abrégé : L'intérêt des guides enterrés en optique non linéaire intégrée est connu de longue date, mais la réalisation de guides performants dans des matériaux fortement non linéaire est restée compliquée.

Nous présentons ici les premiers résultats encourageants obtenus grâce à une nouvelle technique d'échange protonique sur niobate de lithium.

Mots-clés : Optique non linéaire, Optique Intégrée, Niobate de lithium, Echange protonique

Depuis les débuts de l'optique intégrée non linéaire utilisant des guides réalisés par échange protonique sur niobate de lithium^{1,2}, de nombreux progrès ont été réalisés. Grâce à la technique d'échange protonique doux, (Soft Proton Exchange : SPE) nous avons déjà pu réaliser de nombreux composants d'optique non linéaire intégrée^{3,4,5,6,7}. D'autres équipes ont réalisés des composants similaires en utilisant une technique basée sur un échange suivi d'un recuit (Annealed Proton Exchange : APE)^{8,9,10} et cette technique est utilisée commercialement pour réaliser des modulateurs¹¹ ou des doubleurs de fréquence¹². En 2000, nous avons proposé d'enterrer ces guides pour optimiser l'intégrale de recouvrement des modes en interaction, mais les premières réalisations ont été peu enthousiasmantes¹³ car les guides ainsi réalisés présentaient un faible confinement et étaient insuffisamment enterrés pour présenter un comportement de guide symétrique et nous avons rencontré des difficultés pour superposer la fabrication des guides et le processus de polarisation périodique permettant de satisfaire les conditions de quasi accord de phase. Les guides enterrés à partir de guides APE ont donné de meilleurs résultats¹⁴ et sont toujours une référence en matière d'efficacité de conversion ($150\%/W.cm^2$).

Les études que nous conduites depuis lors pour optimiser les techniques d'échange protonique nous permettent aujourd'hui de proposer une autre technique et les premiers résultats obtenus en optique non linéaire sont encourageants. La technique ne comprend que deux étapes de fabrication : un échange protonique direct suivi d'un échange inverse pour effacer l'augmentation d'indice en surface. Les résultats préliminaires que nous avons obtenus montrent que cette technique peut être appliquée sur des substrats de PPLN et les efficacités obtenues ($40\%/W.cm^2$) malgré toutes les imperfections des premiers guides fabriqués sont encourageantes.

Fabrication et caractérisation de guides plans enterrés

Pour mettre au point le processus nous avons commencé par fabriquer une série de guides plans utilisant la superposition d'un échange direct et d'un échange inverse. L'échange direct est obtenu en plongeant durant

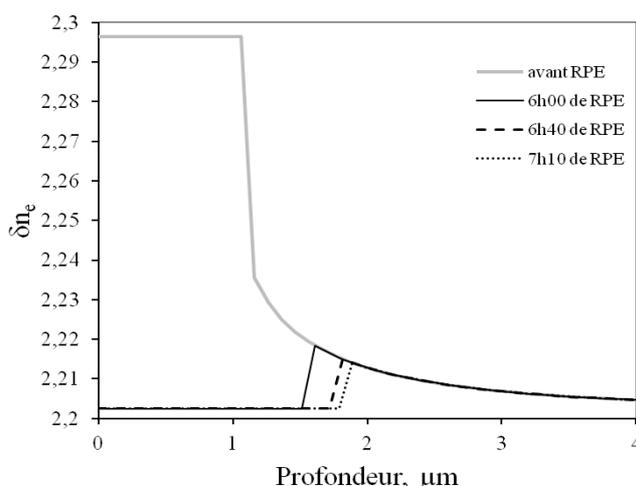


Fig. 1 : Profils d'indices obtenus après échange direct et échanges inverses de différentes durées.

plusieurs jours le cristal dans un bain composé d'un mélange d'acide benzoïque et de benzoate de lithium (2,9%) porté à $300^\circ C$ dans une ampoule scellée. A la suite de cet échange, on obtient en surface un guide plan dont le profil d'indice est composée d'une partie à saut d'indice qui se prolonge dans le substrat par un gradient très proches des profils obtenus par échange protonique doux. La forme typique est représentée fig. 1 et la profondeur du step dépend de la durée de l'échange. Pour l'échange inverse on plonge ensuite le cristal dans un bain composé de $KNO_3/NaNO_3/LiNO_3$ dans les proportions de 1/1/0,1 et porté à $350^\circ C$. Cette étude préliminaire indique qu'un échange inverse de 6h permet « d'effacer » le premier micron du guide présentant un profil step et de ne garder que la partie gradient d'indice dans laquelle nous avons de bonnes raison de penser que les propriétés non linéaires du substrat sont intactes.

Fabrication de microguides enterrés dans des substrats de PPLN

Pour obtenir des microguides, nous avons utilisé un masque de SiO₂ présentant des ouvertures de 4, 5, 6, 7 et 8 μm de large, déposé à la surface d'un substrat de PPLN présentant des périodes d'inversion variant de 15 à 16 μm par pas de 0,1 μm. Ces périodes correspondent à un accord de phase autour de 1550 nm.

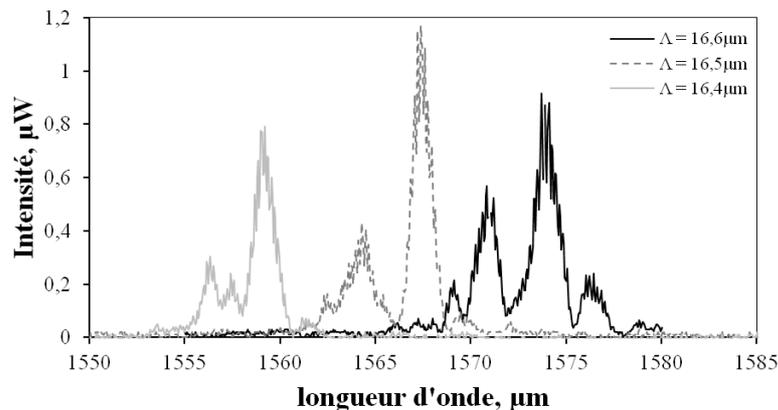


Fig. 2 : Spectre de conversion de fréquences dans les guides de 4 μm de large en fonction de la période d'inversion des domaines.

Le premier échange (3 jours à 300°C dans un bain comportant 2,9% de benzoate de lithium) a donné un guide présentant un saut d'indice de 3 μm de profondeur. L'échange inverse a été réalisé sans enlever le masque de SiO₂. Après 16h d'échange inverse nous avons constaté en mesurant les indices effectifs du guide plan existant sur la face arrière du composant, que la partie step du profil initial n'était pas complètement effacée. Nous avons alors rajouté 24h d'échange inverse. A l'issue de la totalité du processus les indices effectifs des modes mesurés sur la face arrière étaient suffisamment faibles pour que l'on en déduise que la partie saut d'indice avait été totalement effacée. Pour ne pas risquer de dégrader les micro-guides, nous n'avons pas mesuré les modes de ceux-ci et après avoir polis les extrémités des guides nous avons procédé aux tests non linéaires en utilisant un laser accordable entre 1500 et 1600 nm.

A ces longueurs d'onde, seuls les guides de 4 μm de large présentent un comportement monomode. Nous avons donc essentiellement étudiés les guides de cette largeur. Avec les différentes périodes présentes sur l'échantillons, nous avons trouvé plusieurs possibilités d'accord de phase comme indiqué fig. 2. Cette courbe montre que les spectres obtenus sont loin d'être des sinc, ce qui indique que ces guides présentent des imperfections.

Les mesures de pertes effectuées sur ces guides ont confirmé cette information puisque les pertes sont de l'ordre de 2 à 4 dB/cm, ce qui est assez élevé.

Malgré ces défauts, les efficacités de conversion mesurées sur ces guides de 1,5 cm de long sont de 40%/W.cm². Nous travaillons aujourd'hui à identifier la nature de ces défauts pour améliorer la qualité des guides et leur rendement non linéaire. Les résultats obtenus seront présentés à la conférence.

Références

- ¹ De Micheli M., Botineau J., Sibillot P., Neveu S., Ostrowsky D.B. and Papuchon M., *Opt. Lett.* 8, 116-118 (1983)
- ² M.J. Li, M.P. De Micheli and D.B. Ostrowsky, *J. Quant. Elect.* 26,n° 8, pp. 1384-1393, Août 1990
- ³ P. Baldi, S. Nouh, M.P. De Micheli, D.B. Ostrowsky, D. Delacourt, X. Banti and M. Papuchon, *Elect. Lett.* 29 (17), p. 1539, August 1993
- ⁴ P. Baldi, P. Aschieri, S. Nouh, M. De Micheli and D.B. Ostrowsky; D. Delacourt, X. Banti, M. Papuchon, G. Tartarini and P. Bassi, *Nonlinear Optics*, 11, pp123-134 (1995)
- ⁵ P. Baldi, M.P. De Micheli, K. El Hadi, S. Nouh, A.C. Cino, P. Aschieri and D.B. Ostrowsky, *Special Issue of Optical Engineering in Integrated Optics* 37 (4), p.1193, April 1998
- ⁶ L. Chanvillard, P. Aschieri, P. Baldi, D.B. Ostrowsky and M. De Micheli; L. Huang and D.J. Bamford, *Applied Physics Letters* Vol. 76(9), p.1089 (Fev. 2000)
- ⁷ Sébastien Tanzilli, Anthony Martin, Florian Kaiser, Marc P. De Micheli, Olivier Alibert, and Daniel B. Ostrowsky, *Laser & Photonics Reviews*, Août 2011 DOI: 10.1002/lpor.201100010
- ⁸ M. A. Arbore, and M. M. Fejer, *Opt. Lett.*, Vol. 20, No. 1, January, 1995
- ⁹ Lawrence E. Myers, Robert C. Eckardt, Martin, M. Fejer, Robert L. Byer, and Walter R. Bosenberg, *SPIE Proceedings on Nonlinear Frequency Generation and Conversion*, Vol. 2700, June, 1996
- ¹⁰ M. H. Chou, K. R. Parameswaran, M. M. Fejer, and I. Brener, *Opt. Lett.*, Vol. 24, No. 16, August, 1999
- ¹¹ see for example Modulators : NIR-MPX-LN-10 from Photline Technologies (<http://www.photline.com/product/view/54>)
- ¹² see HC Photonics Products
- ¹³ K. Gallo, M. De Micheli and P. Baldi *Applied Physics Letters* (June 2002), Vol. 80, N° 24, pp. 4492-4494
- ¹⁴ K. R. Parameswaran, R. K. Route, J. R. Kurz, R. V. Roussev, M. M. Fejer, M. Fujimura, *Optics Letters*, Vol. 27, No. 3, February, 2002