



HAL
open science

INTERACTIONS NON LINEARES EFFICACES DANS DES MICROGUIDES DE NITRURE D'ELEMENT III

Maksym Gromovyi, Fabrice Semond, Julien Brault, Aimeric Courville,
Stéphanie Rennesson, Sébastien Chenot, Pascal Baldi, Jean-Yves Duboz,
Marc de Micheli

► **To cite this version:**

Maksym Gromovyi, Fabrice Semond, Julien Brault, Aimeric Courville, Stéphanie Rennesson, et al.. INTERACTIONS NON LINEARES EFFICACES DANS DES MICROGUIDES DE NITRURE D'ELEMENT III. 2018. hal-01784880

HAL Id: hal-01784880

<https://hal.science/hal-01784880>

Preprint submitted on 3 May 2018

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.

INTERACTIONS NON LINEAIRES EFFICACES DANS DES MICROGUIDES DE NITRURE D'ÉLÉMENT III.

**Maksym GROMOVYI^{1*}, Fabrice SEMOND¹, Julien BRAULT¹, Aimeric COURVILLE¹,
Stéphanie Rennesson¹, Sébastien Chenot¹, Pascal BALDI², Jean-Yves DUBOZ¹,
Marc P. DE MICHELI²**

¹ Université Côte d'Azur - CNRS, CRHEA, rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France

² Université Côte d'Azur - CNRS, INΦNI, Parc Valrose, 06100 Nice, France

marc.de-micheli@unice.fr

RÉSUMÉ

En combinant EJM et EPVOM nous avons réalisés des guides d'onde à base d'AlN et de GaN mono-cristallins qui présentent de très faibles pertes à la propagation et des possibilités d'accord de phase modal intéressantes. A partir de ces structures, nous avons réalisés des guides canaux dont nous présentons les performances linéaires et non linéaires.

MOTS-CLEFS : GaN, optique intégrée, optique non linéaire, pertes à la propagation

1. INTRODUCTION

Nous avons déjà eu l'occasion de présenter l'intérêt des nitrures d'élément III pour réaliser des composants d'optique non linéaire intégrée. [1-2]. En effet, ces matériaux qui présentent des coefficients non linéaires importants (10 pm/V), une fenêtre de transparence étendue (0.2 à 5μm) et un gap direct, peuvent conduire à de nombreux composants intéressants. Les couches d'AlN déposées par sputtering [3,4], présentent des performances intéressantes, mais les couches l'AlGaN monocristallines qui ont un potentiel plus importants voient leurs performances limitées par leur qualité optique [5,6].

Dans ce papier, nous décrivons comment en combinant les procédés EJM et MOCVD nous avons pu réaliser des guides canaux présentant de faibles pertes à la propagation et des possibilités d'accord de phase modal ce qui nous a permis d'obtenir une efficacité de conversion normalisée de 1.6 % W⁻¹cm⁻², ce qui à notre connaissance constitue un record pour des guides GaN de ce type.

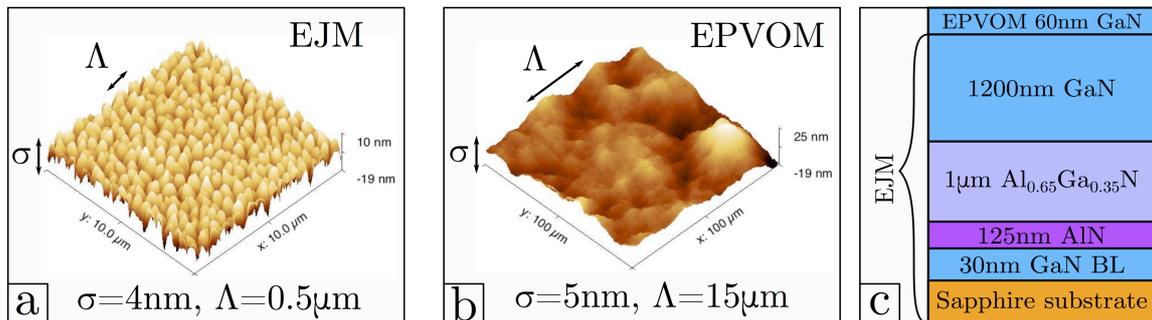


Fig. 1 : Etat de surface final d'une couche de GaN réalisé par EJM 1(a), EPVOM 1(b).1(c) décrit l'empilement où toutes les premières couches sont réalisées par EJM à l'exception des derniers 60nm déposés par EPVOM.

2. FABRICATION DE GUIDES NON LINEAIRES EFFICACES ET A FAIBLES PERTES DE PROPAGATION.

En faisant varier la composition d'une couche d'AlGaIn au cours de la croissance, on peut réaliser des guides présentant un fort contraste d'indice, ce qui donne une bonne isolation optique par rapport au substrat de départ et la possibilité d'utiliser la dispersion modale pour satisfaire la condition d'accord de phase qui est indispensable pour envisager des effets non linéaires efficaces.

Pour réduire les pertes à la propagation de ces structures, nous avons montré qu'il faut non seulement assurer un bon confinement des modes dans la couche de GaN et les isoler du substrat et des premières couches de croissance fortement perturbées mais également combattre l'effet de la rugosité cinétique de surface caractéristique des couches épitaxiées qui provoque soit un couplage avec les modes de rayonnement (couches obtenues par EJM Fig. 1(a)) soit de la diffusion dans le plan (couches obtenues par EPVOM Fig. 1(b)). Une couche d'AlGaIn d'un micron d'épaisseur est suffisante pour confiner isoler les modes du substrat et c'est en combinant les croissances EJM et EPVOM comme indiqué Fig. 1(c), que nous avons dramatiquement amélioré la qualité des couches et fait passer les pertes à la propagation en dessous de 1dB/cm à 633nm. C'est à partir de ces couches que nous avons réalisés des guides canaux de 2.5 μ m de large en gravant la totalité des couches de GaN et d'AlGaIn par gravure ionique réactive Fig. 2. Les faces d'entrée et de sortie des guides ont ensuite été clivées pour permettre d'injecter et de récupérer la lumière.

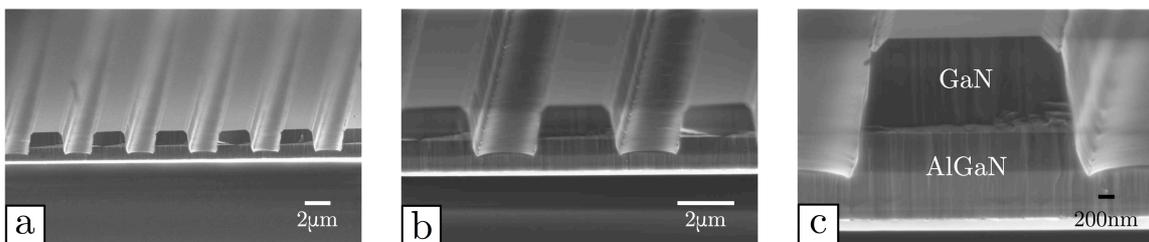


Fig. 2 : Images MEB à différents grossissements des guides de 2.5 μ m de large

Nous avons choisis des guides de 2.5 μ m de largeur pour avoir des guides "larges", dans lesquels l'accord de phase modal est peut modifié par rapport à celui que nous avons observé dans les guides plans [2], et pour avoir des modes très confinés, peu sensibles à la rugosité des parois Fig. 3. Ces guides sont multimodes transverse, mais il est assez simple d'injecter sélectivement la pompe dans le mode fondamental. Après clivages les guides mesurent 4.5 mm de long, mais la qualité des facettes (Fig. 3c) est insuffisante pour faire des mesures précises des pertes à la propagation. Seule la diffusion de l'harmonique (Fig. 4a) permet d'estimer qu'elles sont faibles pour les modes utilisés.

3. GENERATION DE DEUXIEME HARMONIQUE

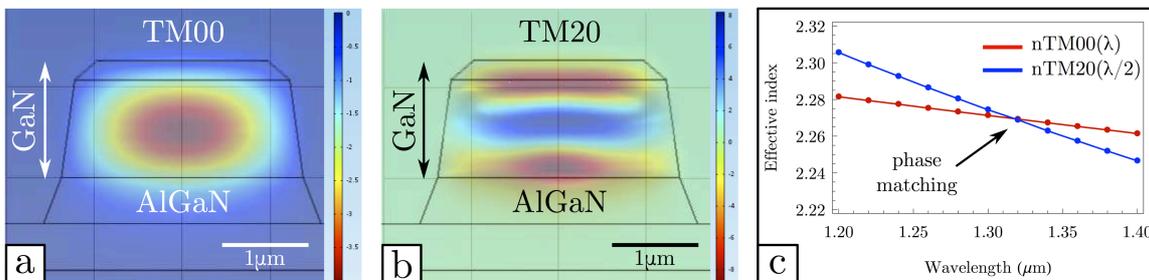


Fig. 3 : Modélisation l'accord de phase dans des guides canaux réalisés

La pompe, fournie par un OPO pulsé NT242 d'EKSPLA, est injectée dans le mode TM00 et l'harmonique à 655nm est créée dans le mode TM20. Les deux ondes, recueillies à la sortie du guide sont mesurées par des détecteurs appropriés (Figs. 4(c) et 4(d)) ou imagées sur des caméras sCMOS pour l'harmonique et InGaAS SWIR pour la pompe Fig. 4(b). La fig. 4(c) montre que l'accord de phase observé est très voisin de celui qui était prévu par la théorie. La fig. 4(d) représente l'énergie des impulsions à 655nm en fonction de l'énergie des impulsions de pompe. Elle est très bruitée car les détecteurs sont utilisés en-deçà de leur sensibilité, mais elle permet d'estimer une efficacité de conversion de l'ordre de $1.6\%W^{-1}cm^{-2}$ en prenant en compte une durée d'impulsion de 4 ns.

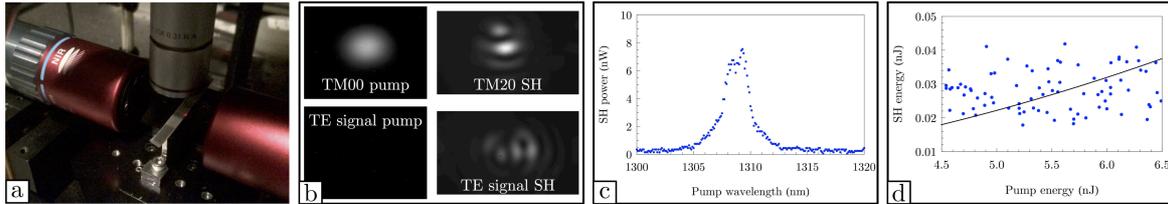


Fig. 4 : (a) Observation de l'harmonique diffusée; (b) Champ proche des modes aux longueurs d'onde fondamentales et harmoniques. On observe du couplage TE-TM pour l'harmonique mais pas pour la pompe; (c) Intensité de l'harmonique en fonction de la longueur d'onde de pompe; (d) Intensité de l'harmonique en fonction de l'intensité de la pompe, toutes deux mesurées en sortie de guide.

REMERCIEMENTS

Agence nationale de la recherche (ANR): GANEX (ANR-11-LABX-0014) et NANOGANUV (ANR-14-CE26-0025-01).

CONCLUSION

En combinant hétéro-épitaxie par EJM et par EPVOM nous avons réalisés des guides rubans de GaN sur AlGaIn présentant de faibles pertes à la propagation dans le visible et des contrastes d'indice suffisant pour permettre de satisfaire les conditions d'accord de phase entre une pompe dans le proche IR et un harmonique dans le VIS. Ces guides nous ont permis d'obtenir une efficacité de conversion de $1.6\%W^{-1}cm^{-2}$ dans des expériences de génération de deuxième harmonique, ce qui, dans la limite de nos connaissances constitue l'état de l'art pour ce type de guides.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Gromovyi, et al. "Efficient second harmonic generation in low-loss planar GaN waveguides", Opt. Express 25 (2017) 23035-23044
- [2] M. Gromovyi, et al. "Interactions non linéaires efficaces dans des guides d'onde à base de GaN" JNOG O7:4, Limoges 4-6 Juillet 2017
- [3] X. Guo, et al. Second-harmonic generation in aluminum nitride microrings with 2500%/W conversion efficiency, Optica, vol. 3, no. 10, pp. 1126-11131, 2016
- [4] T. Troha, et al. UV second harmonic generation in AlN waveguides with modal phase matching, Optical Materials Express, vol. 6, no. 6, pp. 2014-2023, 2011
- [5] C. Xiong, et al. Integrated GaN photonic circuits on silicon(100) for second harmonic generation, Optics Express, vol. 19, no. 11, pp. 10462-10470, 2011
- [6] A. Stolz, et al. Optical waveguide loss minimized into gallium nitride based structures grown by metal organic vapor phase epitaxy, Applied Physics Letters, vol. 98, no. 16, pp. 161903, 2011