



**HAL**  
open science

## **INTERACTIONS NON LINEAIRES EFFICACES DANS DES GUIDES D'ONDE A BASE DE GAN**

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

► **To cite this version:**

Marc P de Micheli, Maksym Gromovyi, Fabrice Semond, Julien Brault, Aimeric Courville, et al..  
INTERACTIONS NON LINEAIRES EFFICACES DANS DES GUIDES D'ONDE A BASE DE GAN.  
Journées Nationales d'Optique Guidée, Jul 2017, Limoges, France. hal-01636610

**HAL Id: hal-01636610**

**<https://hal.science/hal-01636610>**

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.

# INTERACTIONS NON LINEAIRES EFFICACES DANS DES GUIDES D'ONDE A BASE DE GAN.

Maksym GROMOVYI<sup>1\*</sup>, Fabrice SEMOND<sup>1</sup>, Julien BRAULT<sup>1</sup>, Aimeric COURVILLE<sup>1</sup>,  
Stéphanie Rennesson<sup>1</sup>, Pascal BALDI<sup>2</sup>, Jean-Yves DUBOZ<sup>1</sup>, Marc P. DE MICHELI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Côte d'Azur, CNRS, CRHEA, rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France

<sup>2</sup> Université Côte d'Azur, CNRS, IN $\Phi$ NI, Parc Valrose, 06100 Nice, France

[marc.de-micheli@unice.fr](mailto:marc.de-micheli@unice.fr)

## RÉSUMÉ

Grâce à une nouvelle combinaison des modes de croissances EJM et MOCVD nous avons réalisés des guides d'onde à base d'AlN et de GaN mono-cristalins sur saphir qui présentent de très faibles pertes à la propagation. Nous avons pu démontrer que ces guides ont des possibilités très intéressantes de doublage de fréquence dans le proche IR et le visible, interactions qui peuvent être poussées dans le visible et l'UV de fait de la large bande de transparence de ces matériaux.

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

## 1. INTRODUCTION

Les interactions non linéaires dans des guides d'onde à base de semiconducteur de la famille des nitrures (AlN, GaN) ont récemment suscité beaucoup d'intérêt [1-3]. En effet, ces matériaux qui présentent des coefficients non linéaires intéressants (10 pm/V), une fenêtre de transparence étendue (0,2 à 5  $\mu$ m) et un gap direct, peuvent conduire à de nombreux composants intéressants.

Bien qu'un grand nombre de progrès aient été accomplis en ce qui concerne les couches AlN déposées par sputtering [3], les couches l'AlGaIn monocristallines obtenues essentiellement par hétéro-épitaxie sur des substrats de Si ou de saphir, présentent généralement de mauvaises qualités optiques [1,4].

Dans ce papier, nous présentons une nouvelle approche qui nous a permis de réaliser sur saphir des guides d'onde GaN présentant de très faibles pertes à la propagation et des efficacités de conversion proche IR-VIS de 2%, ce qui à notre connaissance constitue un record pour des guides GaN de ce type.

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

La grande différence d'indice qui existe en AlN et GaN permet de concevoir des guides de GaN sur AlN multimodes dans le visible et permettant d'utiliser la dispersion modale pour satisfaire la condition d'accord de phase qui est indispensable pour envisager des effets non linéaires efficaces.

Il est également nécessaire que ces structures présentent de faibles pertes à la propagation. Nous avons donc soigneusement étudié l'origine des pertes à la propagation dans les guides GaN. Nous avons ainsi pu montrer qu'une couche d'AlGaIn d'un micron d'épaisseur est suffisante pour confiner les modes dans la couche de GaN et les isoler du substrat et des premières couches de croissance fortement perturbées. L'incorporation de ce buffer épais nous a permis de réduire les pertes mais elles restent encore trop fortes (10dB/cm à 630 nm). Un pas important a été franchi quand nous avons compris que la rugosité cinétique de surface caractéristique des couches épitaxiées et qui n'est que d'une dizaine de nm en amplitude joue un rôle très important sur les pertes de propagation. L'amplitude de cette rugosité dépend de l'épaisseur des couches et ses

dimensions caractéristiques dans le plan dépendent de la température de croissance. Comme les croissances EJM et MOCVD ont lieu à des températures différentes, respectivement 800°C et 1050°C, l'aspect des surfaces obtenues par ces deux procédés est très différent.

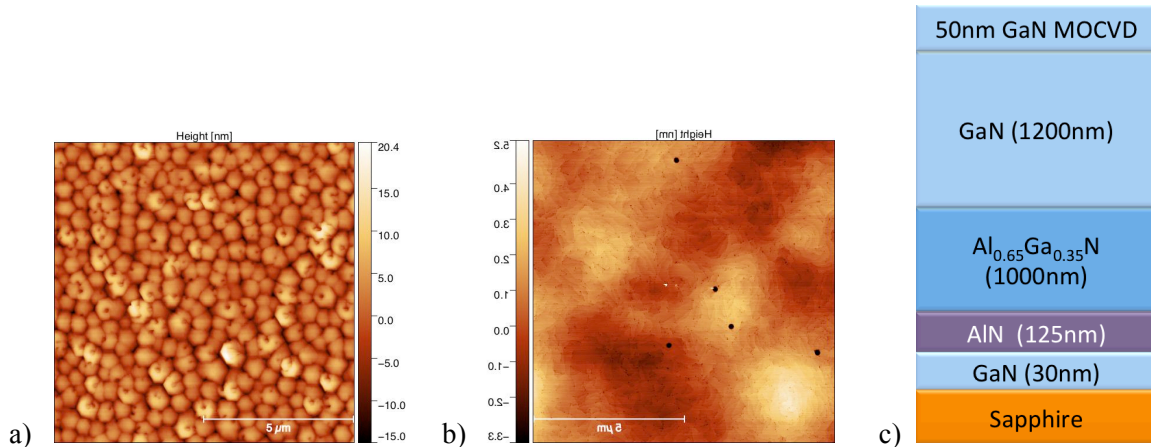


Fig. 1 : Etat de surface final d'une couche de GaN réalisé par EJM 1.a), MOCVD 1.b). 1.c) décrit l'empilement qui permet de réaliser un guide d'onde offrant de faibles pertes et des possibilités d'accord de phase modal entre le visible et le proche IR.

En les combinant, nous avons pu dramatiquement améliorer la qualité des couches et faire passer les pertes à la propagation de 10 à 1 dB/cm.

### 3. GENERATION DE DEUXIEME HARMONIQUE

Ces faibles pertes à la propagation nous ont permis d'étudier la génération d'harmonique dans ces guides plans en utilisant le montage de couplage par prisme représenté dans la fig. 2.

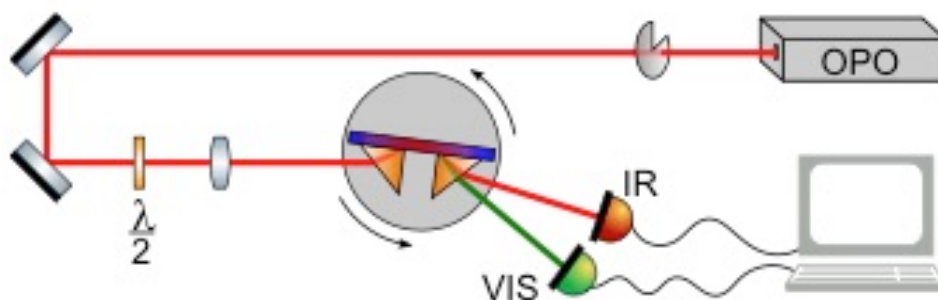


Fig. 2 : Dispositif de couplage par prisme. La source accordable utilisée est un OPO NT242 d'EKSPLA fournissant des impulsions de 5 ns avec un taux de répétition de 1 kHz à une longueur d'onde qui peut être choisie entre 210 et 2600 nm

La pompe à 1260 nm, fournie par un OPO pulsé NT242 d'EKSPLA, est injectée dans le mode TM<sub>0</sub> et se propage sur 3 mm avant d'être extraite par le deuxième prisme en même temps que l'harmonique à 630 nm qui a été créée dans le mode TM<sub>2</sub>. Les deux ondes sont mesurées par des détecteurs appropriés et, dans la figure 3a) on obtient le pic d'accord de phase prévu par la théorie en traçant l'intensité de l'harmonique en fonction de la longueur d'onde de pompe. Dans fig. 3b) l'énergie des impulsions à 630 nm est tracée en fonction de l'énergie des impulsions de pompe, ce qui nous permet d'observer une efficacité de conversion de 2% pour des impulsions de pompe de 400 nJ.

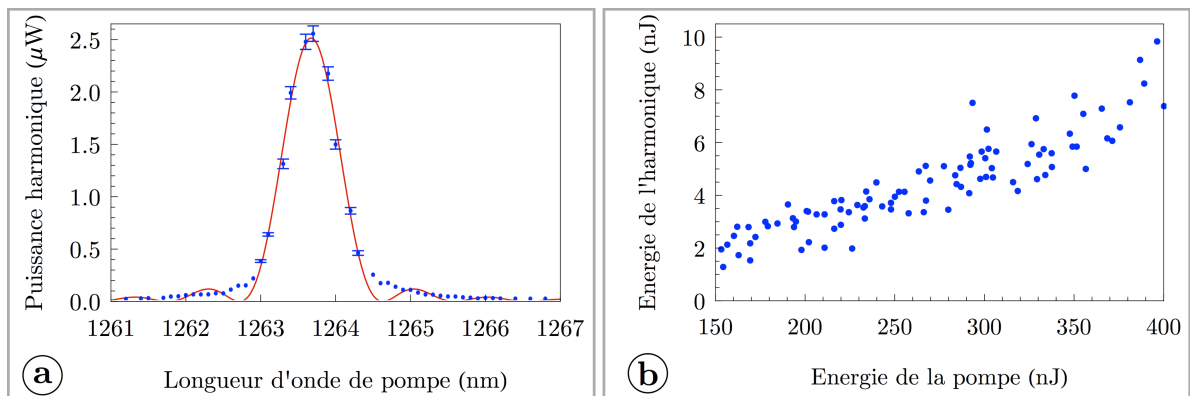


Fig. 3 : a) Spectre d'acceptance . b) Efficacité de conversion non linéaire

Pour obtenir un taux de conversion plus important nous sommes en train de fabriquer des guides ruban à partir de ces couches et nous présenterons les résultats à la conférence.

### CONCLUSION

En combinant hétéro-épitaxie par EJM et par MOCVD nous avons réalisées des guides GaN sur AlGaIn présentant 1 dB/cm de pertes à la propagation dans le visible et des contrastes d'indice suffisant pour permettre de satisfaire les conditions d'accord dans des conversions proche IR-VIS. Ces guides nous ont permis d'obtenir une efficacité de conversion de 2% dans des expériences de génération de deuxième harmonique, ce qui, dans la limite de nos connaissances constitue un record pour ce type de guides.

### RÉFÉRENCES

- [1] 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
- [2] 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, 2016
- [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] 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