INGENIERIE DE MICRO-RESONATEURS A MODES DE GALERIE EN ALGAAS/ALOX COUPLES VERTICALEMENT

Clément Arlotti, Olivier Gauthier-Lafaye, Guilhem Almuneau, Stéphane Calvez

▶ **To cite this version:**

Clément Arlotti, Olivier Gauthier-Lafaye, Guilhem Almuneau, Stéphane Calvez. INGENIERIE DE MICRO-RESONATEURS A MODES DE GALERIE EN ALGAAS/ALOX COUPLES VERTICALEMENT. Journées Nationales de l'Optique Guidée (JNOG 2017), Jul 2017, Limoges, France. pp.JNOG O3.4. hal-01612506

HAL Id: hal-01612506
https://laas.hal.science/hal-01612506

Submitted on 6 Oct 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.

INGENIERIE DE MICRO-RESONATEURS A MODES DE GALERIE EN ALGAAS/ALOX COUPLES VERTICALEMENT.

Clément Arlotti [1], O. Gauthier-Lafaye [1], Guilhem Almuneau [1], Stéphane Calvez[1]

[1] *Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, Université de Toulouse, CNRS, UPS, 31400 Toulouse, France*

carlotti@laas.fr

RÉSUMÉ

Nous proposons et étudions numériquement une nouvelle structure permettant de réaliser des résonateurs à micro-disques AlGaAs/AlOx couplés verticalement présentant des facteurs de qualité améliorés (Q~10^6).

MOTS-CLEFS : *micro-résonateur ; couplage vertical ; AlGaAs*

1. INTRODUCTION

Les résonateurs à modes de galerie, qu'ils soient déclinés sous forme de micro-disques, anneaux ou toroïdes, sont devenus les éléments constitutifs clés de nombreux composants photoniques de haute performance notamment de filtres de grande pureté spectrale, de lasers ou de convertisseurs non linéaires à faible seuil, ou encore de capteurs de haute sensibilité [1].
Les réalisations à l'aide de semiconducteurs III-V sont particulièrement attrayantes vu qu'elles ouvrent la possibilité d'intégrer conjointement des sections actives et passives et donc de diversifier les fonctionnalités sur une même puce photonique. Au niveau technologique, le choix d'intégrer le résonateur verticalement au-dessus de ses guides d'accès présente l'intérêt de pouvoir distribuer les fonctions actives et passives sur des plans distincts et de faciliter la réalisation de composants de hautes performances grâce à des procédés de fabrication mieux maitrisés. En pratique, cette approche s'avère néanmoins plus complexe que l'intégration latérale car, généralement, elle requière des étapes sophistiquées telles que le report sur substrat hôte [2] ou la planarisation [3].
Récemment, nous avons introduit une technique exploitant la filière AlGaAs/AlOx pour réaliser, à l'aide d'étapes simples, des micro-disques couplés verticalement [4]. Après un rappel de cette approche et des performances obtenues, nous identifierons l'origine des limitations rencontrées et proposons une solution pour créer des résonateurs présentant de meilleurs facteurs de qualité.

2. RESONATEURS ALGAAS/ALOX A COUPLAGE VERTICAL

Comme le montre la fig. 1., l'approche considérée s'appuie sur l'utilisation de l'oxydation latérale sélective des alliages AlGaAs à forte teneur en aluminium pour créer en profondeur des guides d'onde (d'accès) sans introduire de corrugation de surface.

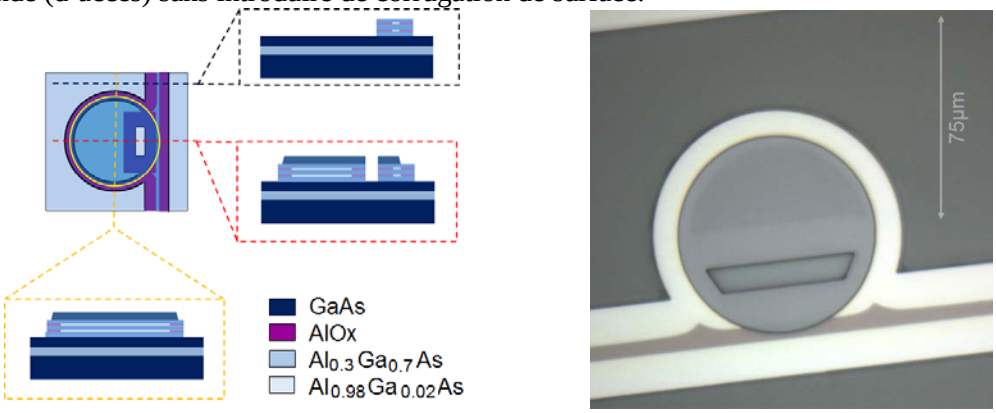

Fig. 1 : Schéma et photo au microscope optique d'un résonateur AlGaAs couplé verticalement à son guide d'accès à confinement d'oxyde (AlOx)

En termes de caractéristiques optiques, des mesures de transmission réalisées en utilisant un laser accordable avec une longueur d'onde centrale de 1.6 µm et une précision de 10pm montrent, comme attendu et indiqué sur la fig. 2, que les spectres sont composés d'ensembles de lorentziennes inversées lorsque les disques sont de diamètre supérieur à 75 µm. L'analyse de ces résonances révèle que les facteurs de qualité, Q, associés varient entre 4400 (D=75µm) et ~8000 (D=300µm).

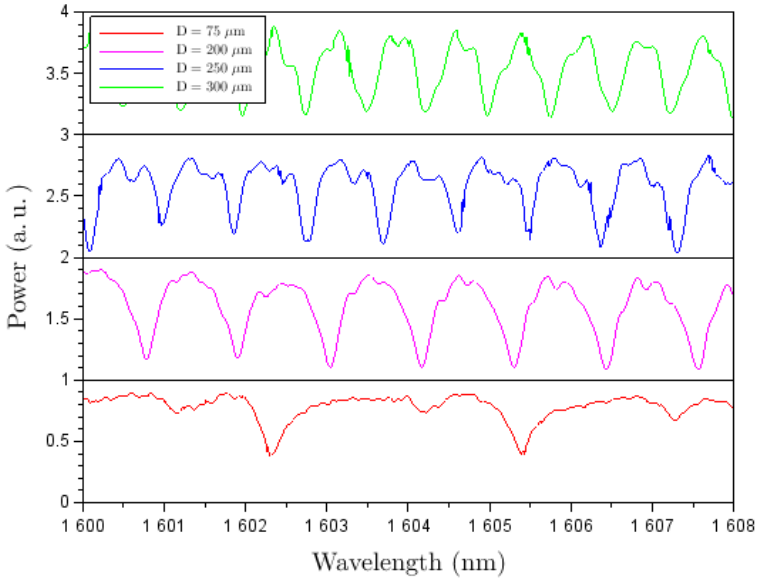

Fig. 2 : Mesure de la transmission de résonateurs en forme de micro-disques de différent diamètre.

3. LIMITATIONS ET PROPOSITION D'AMELIORATION

Afin de fabriquer des résonateurs aux performances améliorées, nous avons mené une étude approfondie du couplage évanescent entre le résonateur et la zone d'accès.

En particulier, des simulations numériques par éléments finis 3D nous ont permis d'identifier les pertes vers le guide plan sous-jacent au micro-disque comme la principale limitation au facteur de qualité [5], comme l'attestent les courbes bleue et verte de la fig. 3.

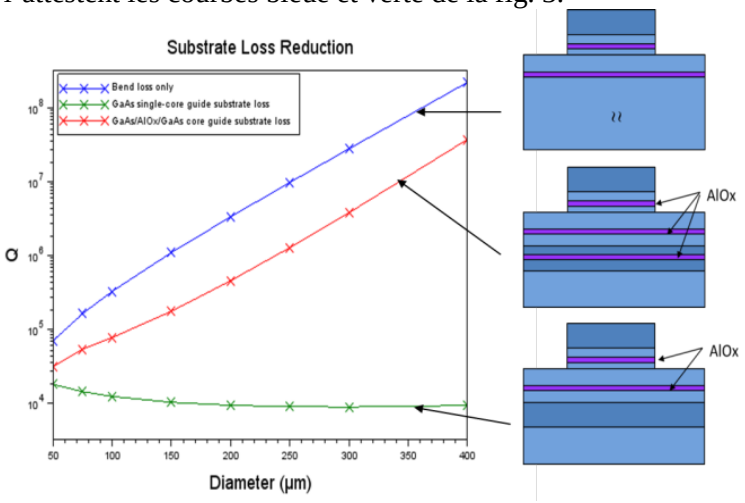

Fig. 3 : Evolution du facteur de qualité avec le diamètre du résonateur pour des structures présentant différents niveaux de pertes vers le substrat (guide-plan)

Le même type de calculs a aussi permis de concevoir un nouvel empilement vertical présentant un guide plan d'indice effectif de réfraction réduit qui devrait permettre de palier à cette limitation (courbe rouge de la fig. 3).

L'optimisation du couplage a ensuite été réalisée grâce à une extension de la théorie des modes couplés (CMT) aux structures multi-couches que nous avons développée [6] et à la prise en compte des différentes sources de pertes (par courbure, rugosité (5nm rms), et fuite résiduelle vers le guide plan). Ceci nous a permis de prédire les performances escomptées des résonateurs exploitant le nouvel empilement vertical et de démontrer qu'il devrait être possible de fabriquer des résonateurs à micro-disque de 300µm de diamètre et de facteur de qualité atteignant 10^6 (cf. fig. 4).

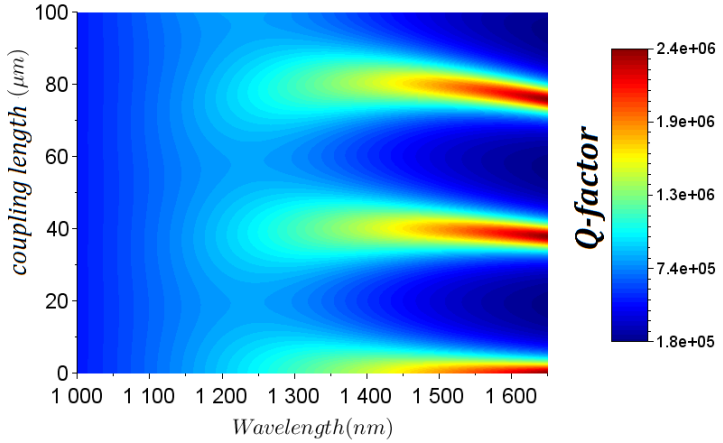

Fig. 4 : Evolution du facteur de qualité en fonction de la longueur de couplage et de la longueur d'onde pour des résonateurs de 300 µm de diamètre

CONCLUSION

Des résonateurs à base d'AlGaAs/AlOx, en forme de micro-disques couplés verticalement à leur guide d'accès à confinement d'oxyde ont été fabriqués et caractérisés. La limitation des performances a été identifiée comme provenant essentiellement des fuites vers le guide plan intrinsèquement associé au guide d'accès. Le dessin d'une nouvelle structure multicouche permettant de réduire ces pertes a été introduit. Nous avons également étendu la théorie des modes couplés à la simulation de ces structures multicouches, réalisant ainsi une étude paramétrique du système monomode à couplage vertical et mettant en avant la faisabilité d'obtenir des résonateurs dont le facteur de qualité peut dépasser le million. La validation expérimentale de la variante proposée est en cours et les résultats afférents seront présentés à la conférence.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Délégation Générale de l'Armement et le Centre National d'Etudes Spatiales pour leur soutien (doctorat de C. Arlotti et R et T « peignes de fréquences sur puce »).

RÉFÉRENCES

[1] V. S. Ilchenko and A. B. Matsko, "Optical resonators with whispering-gallery modes-part II: applications," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 12, no. 1, pp. 15–32, Jan. 2006.

[2] P. P. Absil *et al.*, "Wavelength conversion in GaAs micro-ring resonators," *Opt. Lett.*, vol. 25, no. 8, pp. 554–556, 2000.

[3] Y. Kokubun, Y. Hatakeyama, M. Ogata, S. Suzuki, and N. Zaizen, "Fabrication technologies for vertically coupled microring resonator with multilevel crossing busline and ultracompact-ring radius," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 11, no. 1, pp. 4–10, Jan. 2005.

[4] S. Calvez *et al.*, "Vertically Coupled Microdisk Resonators Using AlGaAs/AlOx Technology," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 27, no. 9, pp. 982–985, May 2015.

[5] S. Calvez *et al.*, "III-V-semiconductor vertically-coupled whispering-gallery mode resonators made by selective lateral oxidation," in *Proc. of SPIE*, San Francisco, California, USA, 2016, vol. 9727, p. 97270A.

[6] C. Arlotti, G. Almuneau, O. Gauthier-Lafaye, and S. Calvez, "Coupled mode analysis of micro-disk resonators with an asymmetric-index-profile coupling region," in *proc. of SPIE*, San Francisco, California, USA, 2017, vol. 10090, p. 100901D.