



**HAL**  
open science

## Laser en cavité étendue par hybridation de composants actifs InP avec des composants passifs en Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

Sylvain Boust, Carmen Gomez, Jean-François Paret, Alexandre Garreau, Karim Mekhazni, Catherine Forin, Jean-Guy Provost, Jean-Marc Fedeli, Peppino Primiani, François Duport, et al.

### ► To cite this version:

Sylvain Boust, Carmen Gomez, Jean-François Paret, Alexandre Garreau, Karim Mekhazni, et al.. Laser en cavité étendue par hybridation de composants actifs InP avec des composants passifs en Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. OPTIQUE Toulouse 2018 - 38<sup>e</sup> Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG'38), Jul 2018, Toulouse, France. hal-02475018

**HAL Id: hal-02475018**

**<https://hal.science/hal-02475018v1>**

Submitted on 11 Feb 2020

**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.

# LASER EN CAVITE ETENDUE PAR HYBRIDATION DE COMPOSANTS ACTIFS INP AVEC DES COMPOSANTS PASSIFS EN $\text{Si}_3\text{N}_4$

Sylvain Boust<sup>1,3</sup>, Carmen Gomez<sup>1</sup>, Jean-François Paret<sup>1</sup>, Alexandre Garreau<sup>1</sup>, Karim Mekhazni<sup>1</sup>, Catherine Forin<sup>1</sup>, Jean-Guy Provost<sup>1</sup>, Jean-Marc Fédéli<sup>2</sup>, Peppino Primiani<sup>1,3</sup>, François Duport<sup>1</sup>, Frédéric van Dijk<sup>1</sup>, et Marc Vallet<sup>3</sup>

<sup>1</sup> III-V Lab, GIE entre Thales Research and Technology, Nokia, et CEA LETI, 91767 Palaiseau Cedex, France

<sup>2</sup> CEA LETI, 38054 Grenoble, France

<sup>3</sup> Univ Rennes, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-35000 Rennes, France

[sylvain.boust@3-5lab.fr](mailto:sylvain.boust@3-5lab.fr)

## RÉSUMÉ

Nous présentons une source laser hybride à 1,55  $\mu\text{m}$ . Sa cavité de 2,4 mm est formée par la juxtaposition d'un amplificateur optique à semi-conducteurs sur InP et d'un miroir de Bragg contenu dans un guide d'onde en  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Le miroir de Bragg est accordable au moyen d'une chaufferette intégrée au composant, le mode d'émission laser est ainsi choisi.

**MOTS-CLEFS :** *circuits intégrés photoniques, laser hybride*

## 1. INTRODUCTION

De nombreuses techniques comme par exemple le LIDAR cohérent, ou le traitement de signaux RF par voie optique, reposent entre autres sur la qualité spectrale de la source d'émission. Or les performances des sources lasers utilisées, en termes de puissance optique, de largeur de raie, d'accordabilité, et d'encombrement sont difficiles à optimiser simultanément. Dans le cas des lasers semi-conducteurs, les architectures DBR (Distributed Bragg Reflector lasers) et DFB (Distributed Feedback lasers) offrent les caractéristiques se rapprochant le plus des critères souhaités. Cependant la marge de progrès réalisable est faible si nous restons sur la base d'une cavité monolithique. En effet, une forte puissance optique, ainsi qu'une faible largeur de raie nécessitent de réaliser une cavité relativement longue [1].

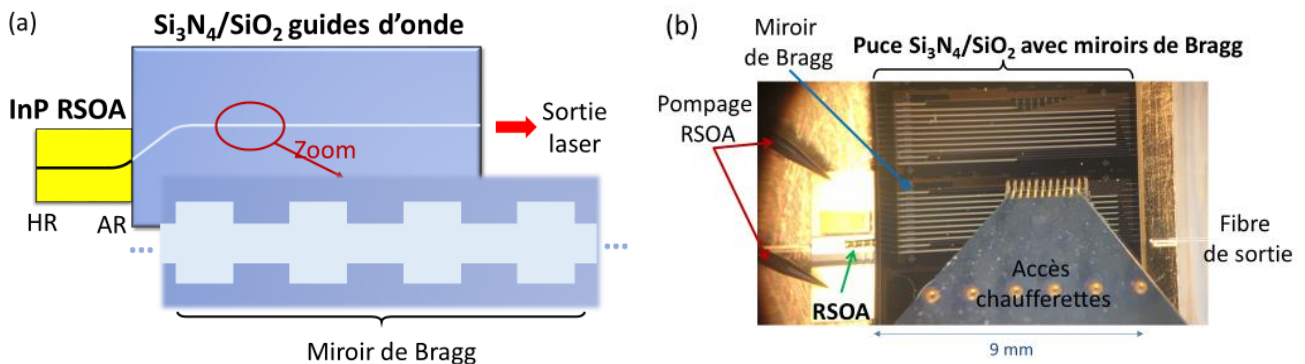


Fig. 1 : (a) Schéma de principe de la cavité du laser hybride, le circuit passif est un guide, contenant un miroir de Bragg formé par une indentation contrôlée du guide. (b) Photo de l'aboutement d'un RSOA et d'une puce contenant plusieurs miroirs de Bragg surmontés de résistances chauffantes.

Pour répondre à cette problématique, une technique récemment mise en place [2] est de réaliser un laser à cavité étendue en associant un milieu à gain sur semi-conducteur InP à une deuxième puce contenant une fonction optique [3], [4] avec un double rôle de filtrage et de réflexion du signal pour refermer la cavité laser. Cet ensemble forme un laser hybride, dont le schéma de principe est illustré en Fig 1.

Les deux miroirs de la cavité laser sont constitués du côté traité haute réflectivité (HR) de l'amplificateur optique à semi-conducteur (RSOA) sur InP et, du côté de la sortie du laser, du miroir de Bragg sur Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Grâce aux faibles pertes sur le composant passif, la longueur de la cavité peut être étendue sans augmenter significativement les pertes intra-cavité. Le temps de vie de photon intra-cavité sera alors allongé, permettant ainsi de réduire la largeur de raie minimal imposée par la limite intrinsèque de Schawlow-Townes [1].

## 2. DESCRIPTION ET CARACTERISATION

Dans notre cas, le RSOA est une structure SIBH (structure ruban enterrée utilisant des caissons latéraux en semi-isolant) à confinement optique asymétrique de 1 mm de long sur InP (Fig. 1b). La face arrière traitée HR forme le futur miroir du laser, tandis que l'autre face est non seulement traitée anti-réflexion (AR), mais également inclinée de 7° par rapport à l'axe de propagation pour éliminer les réflexions parasites. Le RSOA présente un gain centré à 1.55 μm assez fort pour compenser les pertes d'une grande cavité.

La puce passive est formée d'un guide d'onde en nitrure de silicium à section rectangulaire (90 nm\*2.9 μm) encapsulé par de la silice. L'entrée du guide présente un angle de 15,5° par rapport à la normale à la facette de sortie de guide. Cet angle est choisi pour être en adéquation avec l'axe de propagation du faisceau émis par le RSOA lors de l'aboutement des deux composants. Le guide possède une longueur de 9 mm dans laquelle a été gravée sur 1,4 mm une indentation régulière pour réaliser un miroir de Bragg (M<sub>B</sub>). Celui-ci présente un spectre de réflectivité centré à 1550 nm, avec comme condition d'être suffisamment réfléchissant pour permettre l'effet laser dans la cavité et d'être assez étroit pour filtrer les modes longitudinaux de la cavité étendue. La courbe de réflectivité, mesurée à l'aide d'un laser accordable et d'un circulateur, est rapportée en orange sur la Fig. 2.

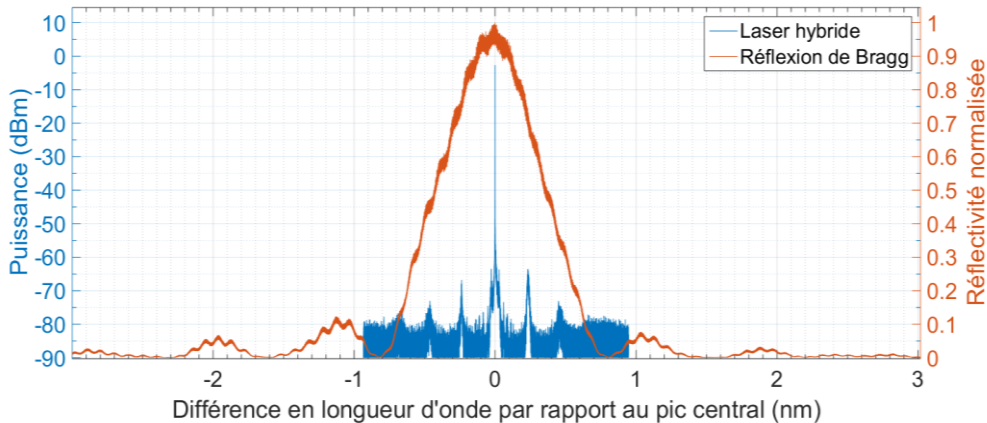


Fig. 2 : Spectre optique d'un laser hybride dont le RSOA est pompé à 200 mA (bleu) et de la réflectivité du miroir de Bragg seul (orange).

Le profil en réflectivité de M<sub>B</sub> influence directement les performances du laser hybride. Lors de l'aboutement de ce dernier avec le RSOA, nous observons une oscillation laser monomode (Fig. 2, courbe bleue). Les autres pics correspondent à une émission résiduelle (càd sous le seuil) sur des modes longitudinaux adjacents de la cavité. L'intervalle spectral libre est égal à  $28,7 \pm 0,1$  GHz, ce qui correspond à une longueur géométrique de cavité de 1 mm de RSOA auquel s'ajoute 1,4 mm de guide passif Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Dans cette configuration, nous notons que la longueur intra-cavité dans la puce passive correspond bien à celle de M<sub>B</sub> que nous avons gravé lors de la fabrication.

Le taux de réjection (rapport des puissances dans le mode principal par rapport aux pics secondaires) est de  $60 \pm 1 \text{ dB}$ , constituant une oscillation monomode satisfaisante pour des applications lidars par exemple.

Enfin le seuil laser est obtenu pour un courant d'injection de  $66 \pm 1 \text{ mA}$  dans le RSOA.

### 3. ACCORDABILITE

La longueur d'onde centrale réfléchi par le  $M_B$  s'écrit  $\lambda_{Bragg} = 2\Lambda n_{moy}$ , avec  $\Lambda$  la période du  $M_B$  et  $n_{moy}$  l'indice de réfraction moyen. Si la température du guide en  $\text{Si}_3\text{N}_4$  change,  $\lambda_{Bragg}$  est modifiée, à la fois par dilatation et par effet thermo-optique. Par ce moyen, le miroir de Bragg peut être accordé en fréquence. Nous avons implanté sur notre guide d'onde, contenant le  $M_B$ , une résistante chauffante permettant de contrôler la température  $T_B$  du  $M_B$ . En injectant un courant dans celle-ci, nous avons observé une translation en fréquence de la réflectivité du  $M_B$ , cette translation étant linéaire avec  $T_B$  (Fig. 3a). Cette accordabilité, de  $15 \text{ pm}/^\circ\text{C}$ , permet de sélectionner différents modes différents modes longitudinaux de la cavité laser, comme le montre la Fig. 3b.

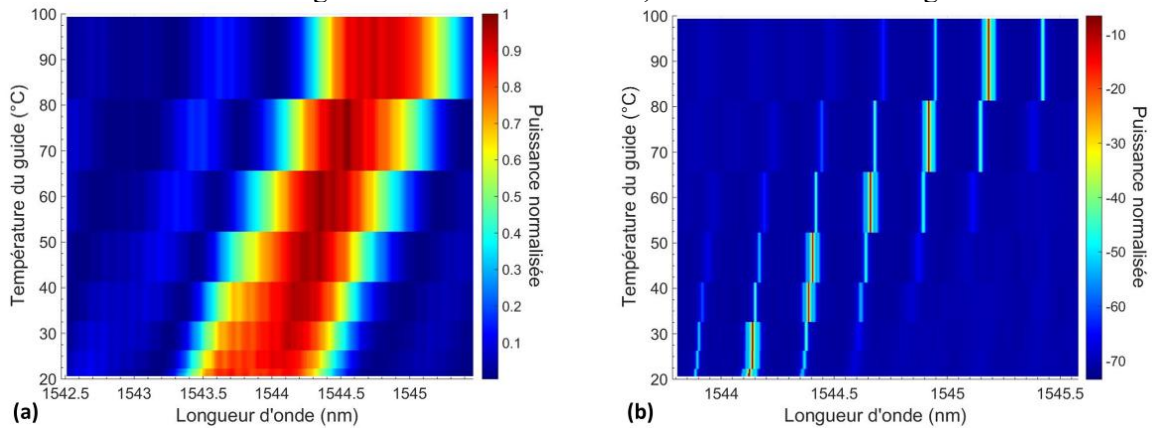


Fig. 3 : Cartographie du miroir de Bragg seul (a), et du laser hybride (b) pour différentes températures.

Notons qu'en ne variant que  $T_B$ , la fréquence du laser évolue de manière discontinue par sauts de mode. En effet, le changement de température décale seulement le filtre de Bragg permettant de faire osciller successivement un à un les modes longitudinaux.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons démontré la réalisation d'un laser à cavité étendue sur plateforme  $\text{InP-Si}_3\text{N}_4$  intégré, permettant d'obtenir une source compacte et accordable. Plusieurs axes d'améliorations de ce laser hybride sont envisagés. En particulier, en réduisant les pertes intra-cavité (pertes de couplage RSOA/Bragg et pertes de propagation), la puissance optique sera grandement améliorée. Nous espérons ainsi pouvoir agrandir davantage la longueur de la cavité, et observer de très faible largeur de raie.

### REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé avec le support du dispositif RAPID de la DGA.

### RÉFÉRENCES

- [1] R. F. Kazarinov and C. H. Henry, "The Relation of Line Narrowing and Chirp Reduction Resulting from the Coupling of a Semiconductor Laser to a Passive Resonator," *IEEE J. Quant. Electron.* Vol 23. (1987).
- [2] A J. Zilkie, et al, "Power-efficient III-V/Silicon external cavity DBR lasers". *Opt. Express*, vol. 20, p. 23456 (2012).
- [3] H. Debregeas, et al, "2kHz linewidth C-band tunable laser by hybrid integration of reflective SOA and  $\text{SiO}_2$  PLC external cavity," pp. 50–51, (2014).
- [4] Y. Fan, *Semiconductor-glass waveguide hybrid lasers with ultra-high spectral purity*, (2017).