



**HAL**  
open science

## **Laser à semiconducteur en cavité externe bipolarisé et bifréquence pour les horloges atomiques**

Jessica Barrientos-Barria, Fabiola A. Camargo, Sylvie Janicot, Isabelle Sagnes,  
Arnaud Garnache, Ghaya Baili, Loïc Morvan, Patrick Georges, Gaëlle Lucas-Leclin

### ► **To cite this version:**

Jessica Barrientos-Barria, Fabiola A. Camargo, Sylvie Janicot, Isabelle Sagnes, Arnaud Garnache, et al.. Laser à semiconducteur en cavité externe bipolarisé et bifréquence pour les horloges atomiques. COLOQ, Jul 2011, Marseille, France. <hal-00618007>

**HAL Id: hal-00618007**

**<https://iogs.hal.science/hal-00618007v1>**

Submitted on 31 Aug 2011

**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.



HAL Authorization

## LASER A SEMICONDUCTEUR EN CAVITE EXTERNE BIPOLARISE ET BIFREQUENCE POUR LES HORLOGES ATOMIQUES

**Jessica Barrientos<sup>1</sup>, Fabiola A. Camargo<sup>1</sup>, Sylvie Janicot<sup>1</sup>, Isabelle Sagnes<sup>2</sup>, Arnaud Garnache<sup>3</sup>, Ghaya Baili<sup>4</sup>, Loïc Morvan<sup>4</sup>, Patrick Georges<sup>1</sup> et Gaëlle Lucas-Leclin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, CNRS, Univ Paris-Sud, Campus Polytechnique RD 128, 91127 Palaiseau Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, CNRS UPR20, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France

<sup>3</sup> Institut d'Electronique du Sud, CNRS UMR5214, Université Montpellier 2, 34095 Montpellier, France

<sup>4</sup> Thales Research and Technology, RD 128 91767 Palaiseau Cedex, France

### RÉSUMÉ

Nous décrivons l'émission simultanée en phase sur deux fréquences optiques polarisées perpendiculairement d'un laser à semiconducteur en cavité externe pompé optiquement. L'émission est accordable autour de la raie D<sub>2</sub> du césium à 852,14 nm. La puissance optique est d'environ 10 mW sur chaque polarisation.

**MOTS-CLEFS :** *VECSEL, bipolarisé, bifréquence*

### 1. INTRODUCTION

Le développement de lasers émettant à la longueur d'onde de la raie D<sub>2</sub> du césium est d'un grand intérêt pour les horloges atomiques. En particulier les horloges atomiques de type CPT, utilisant le principe du piégeage cohérent de population, nécessitent deux faisceaux laser en phase distants en fréquence d'environ 9 GHz pour effectuer l'interrogation micro-onde. Une solution pour obtenir une source compacte consiste à utiliser un laser bifréquence; cela a déjà été démontré avec des lasers à solide [1] et avec un laser à semiconducteur à émission par la surface en cavité externe (VECSEL) émettant à 1  $\mu\text{m}$  [2]. Dans ce dernier cas, la dynamique de classe A de ces lasers, sans oscillation de relaxation, assure un bruit de phase particulièrement bas. Nous décrivons le premier VECSEL bifréquence pompé optiquement émettant autour de 852 nm.

### 2. DESCRIPTION DU MONTAGE

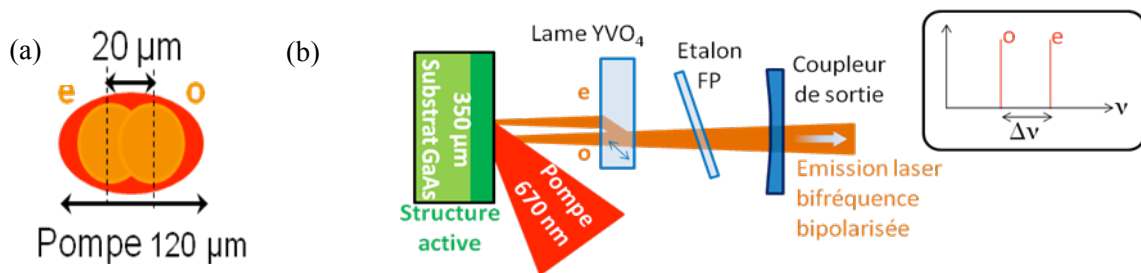


Fig. 1 : Schéma du montage expérimental du VECSEL bifréquence (droite) et schéma de la surface de la structure (gauche) ; o,e sont respectivement la polarisation ordinaire et extraordinaire.

La cavité laser est constituée d'une structure active semiconductrice et d'un miroir de sortie de rayon de courbure  $R = 25$  mm et de transmission 0,5% à 852 nm (Fig. 1b). La structure semiconductrice est composée d'un miroir de Bragg hautement réfléchissant ( $R > 99,95\%$  à 852 nm) et du milieu à gain formé de 7 puits quantiques en GaAs placés entre des barrières d' $\text{Al}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ . La longueur optique de la zone active, de  $30\lambda/4$ , augmente le gain effectif de la structure en profitant de sa résonance Fabry-Perot. La structure est spécialement conçue pour émettre à 852 nm [3]. La cavité laser de 25 mm de long environ, (équivalent à un intervalle spectral libre (ISL) de 6 GHz) fixe le diamètre du faisceau laser sur la structure à  $\sim 70\mu\text{m}$ . La source de pompage utilisée est une diode laser émettant une puissance de 2 W à 670 nm et couplée dans une

fibre multimode. Le faisceau est focalisé sous un angle de  $45^\circ$ ; ses dimensions transverses sont d'environ  $80 \mu\text{m} \times 120 \mu\text{m}$  dans le plan de la structure.

L'émission bipolarisée est possible grâce à une lame biréfringente de  $\text{YVO}_4$  de  $200 \mu\text{m}$  d'épaisseur permettant une séparation spatiale du faisceau intracavité en deux faisceaux laser, de polarisations croisées, séparés d'une distance de  $20 \mu\text{m}$  sur la structure (Fig. 1a). Afin d'obtenir un fonctionnement laser monofréquence sur chaque polarisation, stable et accordable autour de  $852 \text{ nm}$ , on insère un étalon Fabry-Perot (FP) en silice de  $25 \mu\text{m}$  d'épaisseur dans la cavité (ISL =  $9 \text{ nm}$ ). Les deux faisceaux partagent ainsi la même cavité laser, et sont soumis aux mêmes fluctuations thermiques et mécaniques, ce qui assure leur très grande cohérence.

### 3. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET CONCLUSION

Sans élément intracavité la puissance laser atteint  $90 \text{ mW}$  (Fig. 2) pour une puissance de pompe de  $0,66 \text{ W}$ , limitée par l'échauffement thermique de la structure active. Avec la lame biréfringente et l'étalon dans la cavité laser, on atteint une puissance laser de l'ordre de  $20 \text{ mW}$  (Fig. 2) sur chaque polarisation. La forte chute de la puissance laser en fonctionnement bifréquence/bipolarisé et l'augmentation du seuil laser sont la conséquence directe des pertes optiques importantes introduites par la lame biréfringente et l'étalon. La différence de fréquence  $\Delta\nu$  entre les deux polarisations dépend de l'intervalle spectral libre de la cavité et de la biréfringence introduite par la lame  $\text{YVO}_4$ . Selon les réglages d'orientation des composants intracavité,  $\Delta\nu$  varie typiquement entre  $1 \text{ GHz}$  et  $50 \text{ GHz}$ . La mesure du battement entre les deux faisceaux polarisés permet de connaître précisément  $\Delta\nu$ ; une analyse au Fabry-Perot nous assure du caractère monofréquence de l'émission sur chaque polarisation. Enfin, l'une des fréquences émises est stabilisée sur une raie d'absorption saturée du Cs.

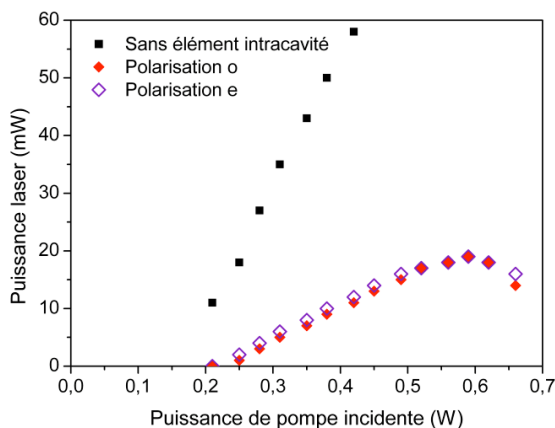


Fig. 2 : Puissance laser de sortie en fonction de la puissance de pompe incidente à  $T = 15^\circ\text{C}$  sans élément intracavité et pour chaque polarisation.

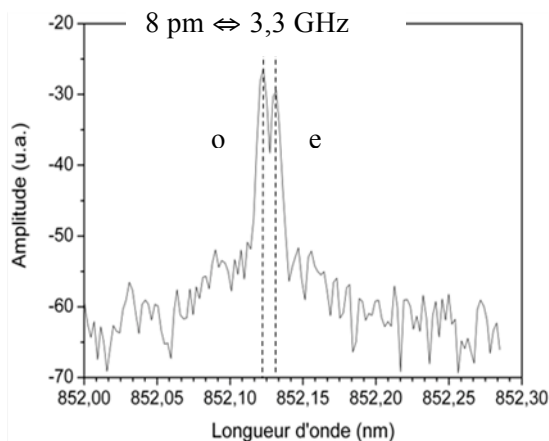


Fig. 3 : Signal bifréquence obtenu à l'analyseur de spectre optique.

Nous avons démontré le fonctionnement du premier VECSEL bifréquence et bipolarisé autour de  $852 \text{ nm}$ . Ces travaux constituent une première étape vers la réalisation d'une source bifréquence adaptée aux expériences des horloges de type CPT. L'écart en fréquence  $\Delta\nu$  sera contrôlé précisément avec un électro-optique intracavité et accordé autour de  $9,2 \text{ GHz}$  sur la transition micro-onde du césium. Le battement devrait présenter un très faible bruit de phase électrique, du fait de la dynamique particulière des lasers VECSEL [2].

Les auteurs remercient D. Holleville (SYRTE, Paris) pour la conception optomécanique de la source et l'Agence Nationale de la Recherche pour son soutien financier (ANR-07-BLAN-0320-03).

### RÉFÉRENCES

[1] M. Alouini et al, IEEE PTL 10, 554 (1998)  
 [2] G. Baili et al, Opt. Lett. 34, 3421 (2009)  
 [3] B. Cocquelin et al, App. Phys. B 95, 315 (2009)