



**HAL**  
open science

## Battement de lasers DFB co-intégrés sur verre pour la génération de porteuses millimétriques

Nisrine Arab, Davide Bucci, Elise Ghibaudo, Jean-Emmanuel Broquin, Lionel  
Bastard, Julien Poette

► **To cite this version:**

Nisrine Arab, Davide Bucci, Elise Ghibaudo, Jean-Emmanuel Broquin, Lionel Bastard, et al.. Battement de lasers DFB co-intégrés sur verre pour la génération de porteuses millimétriques. Journées nationales d'optique guidées (JNOG), 2017, Limoges, France. hal-02012337

**HAL Id: hal-02012337**

**<https://hal.science/hal-02012337>**

Submitted on 12 Feb 2019

**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.

# BATTEMENT DE LASERS DFB CO-INTEGRES SUR VERRE POUR LA GENERATION DE PORTEUSES MILLIMETRIQUES

Nisrine Arab<sup>1</sup>, Davide Bucci<sup>1</sup>, Elise Ghibaudo<sup>1</sup>, Jean-Emmanuel Broquin<sup>1</sup>, Lionel Bastard<sup>1</sup>, Julien Poette<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Microélectronique, Electromagnétisme et Photonique, Laboratoire d'Hyperfréquences et de Caractérisation (IMEP-LaHC) UMR 5130 Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, F-38000 Grenoble, France

[bastard@minatec.grenoble-inp.fr](mailto:bastard@minatec.grenoble-inp.fr)

## RÉSUMÉ

**Le battement optique entre deux lasers DFB réalisés sur un même substrat de verre par échange d'ions permet de générer des fréquences porteuses jusqu'à 300 GHz extrêmement stables.**

**MOTS-CLEFS :** *laser DBF; battement optique; échange d'ions; génération de fréquences.*

## 1. INTRODUCTION

Les systèmes de télécommunication sans fil évoluent vers des fréquences de porteuses toujours plus élevées pour éviter la saturation des différentes bandes de fréquences et pour pouvoir atteindre des débits plus importants. Les prochaines générations devraient ainsi utiliser des fréquences de porteuse dans le domaine millimétrique, comprises entre 30 et 300 GHz [1]. Deux des difficultés majeures lors du travail à ces fréquences sont a) la génération de la porteuse et b) les difficultés de transport du signal (l'atténuation en espace libre ou dans un câble coaxial est très importante). De ce fait, une méthode intéressante, dite « radio sur fibre », consiste à transporter le signal par fibre optique puis par une propagation radio en espace libre sur les derniers mètres vers le récepteur. Dans ce système, deux signaux lasers sont transmis dans la fibre optique : un premier signal est modulé par les informations que l'on souhaite transmettre, alors que le second est un signal continu qui permettra la conversion du signal modulé lors de la détection. Dans cet article, nous nous intéressons à la génération d'une porteuse millimétrique par voie optique compatible avec le système radio-sur-fibre. Différentes techniques permettent d'atteindre des fréquences de porteuse dans cette gamme de fréquence, les principales étant la modulation directe et l'utilisation d'un laser à blocage de modes. Dans le premier cas, la montée en fréquence nécessite la mise en place de systèmes utilisant les harmoniques de la fréquence de modulation, ce qui complexifie le système [2]. L'inconvénient de l'utilisation des lasers à blocages de mode est leur largeur spectrale, qui rend le système sujet à la dispersion dans les fibres optiques et conduit à un évanouissement du signal pour certaines longueurs de fibre [3]. La méthode que nous proposons de mettre en œuvre utilise uniquement deux fréquences optiques, générées par deux lasers DFB réalisés par échange d'ions sur verre. La génération par battement de deux lasers a déjà été réalisée avec des lasers à semiconducteurs, mais cette technologie présente certains défauts, dont une largeur de raie plus importante que celle des lasers sur verre, et un pic de bruit d'intensité situé à des fréquences de quelques GHz, pouvant atteindre les bandes de modulation [4]. A l'inverse, il a été montré précédemment que les lasers réalisés en optique intégrée sur verre peuvent présenter des largeurs de raies très faibles ainsi qu'un pic de bruit d'intensité dans le domaine du MHz qui n'affecte donc pas les données [5]. Dans cet article, nous présenterons dans une première partie la réalisation et la

caractérisation d'un laser seul. Nous étudierons dans la seconde partie les caractéristiques du battement de deux lasers.

## 2. ETUDE D'UN LASER SEUL

Le laser est réalisé sur un substrat de verre phosphate commercial dopé à  $2,2 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$  en erbium et  $3,6 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$  en ytterbium. Un masque de photolithographie contenant des ouvertures de différentes largeurs sur une longueur de 36 mm est utilisé pour réaliser des guides d'ondes droits par échange d'ions argent/sodium [5]. Par la suite, un réseau de Bragg de période  $507 \pm 1 \text{ nm}$  et de profondeur  $120 \pm 20 \text{ nm}$  est gravé à la surface du verre. Ce réseau de Bragg est long de 20 mm et recouvre l'ensemble des guides d'ondes. Pour finir, les facettes d'entrée et de sortie du laser sont polies à  $98^\circ$ . Le polissage des facettes d'entrée/sortie à  $98^\circ$  ainsi que l'utilisation de connectiques FC/APC dans les fibres optiques d'injection et récupération permettent de s'assurer que le laser fonctionne uniquement sur ses modes DFB, permettant l'émission d'une longueur d'onde unique. Un schéma de ce dispositif est présenté en figure 1.

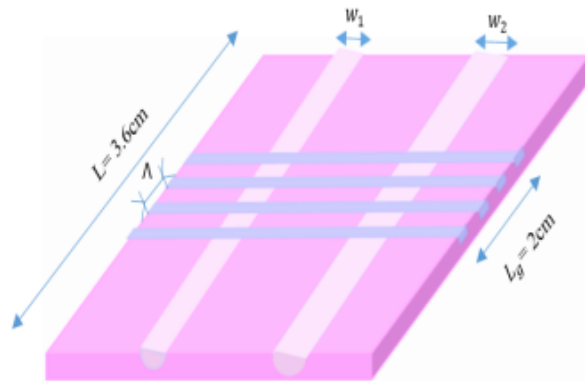


Figure 1 : schéma de la puce laser.

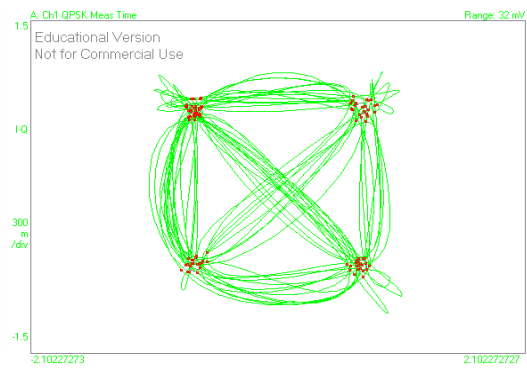


Figure 2 : diagramme de constellation à 200 Mb/s.

Une caractéristique linéaire avec un seuil de 90 mW et une puissance de sortie maximale de 9 mW a été mesurée sur un laser utilisant un guide d'ouverture  $10 \mu\text{m}$ . Le spectre d'émission a été mesuré par auto-hétérodynage sur un analyseur de spectre électrique. Une largeur de raie de 1,6 kHz peut être extraite à partir des mesures (largeur de 0,16 MHz à -40dB). Par ailleurs, le bruit d'intensité relatif (RIN) du laser a été mesuré pour la puissance de pompe maximale. On observe un pic de -87 dB/Hz à la fréquence de 1,19 MHz. Le bruit d'intensité est inférieur à -135 dB/Hz au-delà de 10MHz, ce qui permet d'envisager sereinement la transmission de données dès lors que la bande de modulation est écartée de la porteuse de quelques MHz. Le laser a par la suite été utilisé pour réaliser une transmission de données numériques en utilisant un modulateur externe. Les données ont été transmises à 200 Mb/s en utilisant le format QPSK pour une fréquence porteuse de 1GHz. Le diagramme de constellation du signal reçu est représenté sur la figure 2. Les symboles sont bien séparés, indiquant la bonne qualité de la transmission. Cette mesure est corroborée par une excellente valeur de l'amplitude du vecteur d'erreur (EVM), mesurée à 7,6% alors que la mesure de référence (back-to-back) donne un EVM égal à 5%.

## 3. BATTEMENT ENTRE DEUX LASERS CO-INTEGRES

Plusieurs lasers ont été réalisés collectivement en utilisant des guides d'ondes d'ouverture de diffusion  $w$  variable et un unique réseau de Bragg de pas  $\Lambda$ . La longueur d'onde d'émission  $\lambda$  est liée aux paramètres de fabrication par  $\lambda = 2\Lambda n_{\text{eff}}(w)$ , où  $n_{\text{eff}}$  est l'indice effectif du mode guidé, qui dépend des paramètres opto-géométriques du guide d'onde et notamment de son ouverture de diffusion  $w$ . Les spectres d'émission mesurés pour plusieurs lasers sont représentés sur la figure 3. Il apparaît qu'avec les ouvertures de diffusions utilisées, il est possible d'atteindre un écart fréquentiel supérieur à 300 GHz. Nous avons choisi de d'utiliser les guides d'ondes d'ouverture 3 et 4, ce qui

permet de répondre aux normes IEEE 802.15.3c qui prévoient des transmissions autour de 60GHz  $\mu\text{m}$  (voir figure 3).

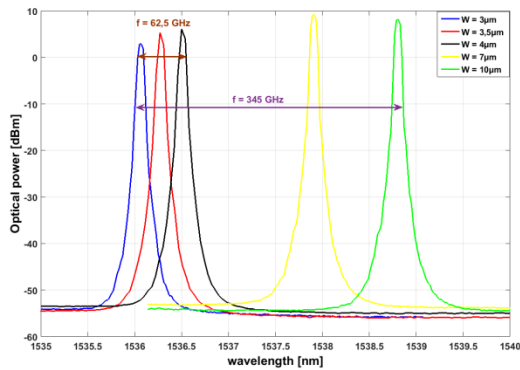


Figure 3 : Spectres d'émission des lasers pour différentes ouvertures de diffusion.

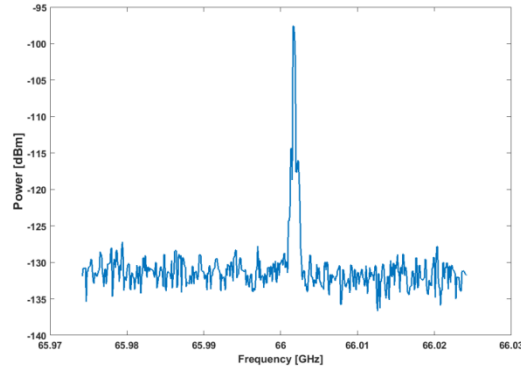


Figure 4 : Spectre électrique du battement entre les lasers d'ouverture 3 et 4  $\mu\text{m}$ .

Le battement entre les lasers d'ouverture 3 et 4  $\mu\text{m}$  a été mesuré sur un photo-détecteur rapide couplé à un analyseur de spectre électrique. Le spectre ainsi obtenu est représenté sur la figure 4. On observe une largeur de battement inférieure à 70 kHz, alors que la valeur théorique (le double de la largeur de raie d'un laser individuel) vaut 3,2 kHz. L'élargissement du spectre de battement est attribué aux vibrations mécaniques liées au fait que les lasers ne sont pour l'instant pas connectés. Cependant, cette valeur est déjà extrêmement faible et il s'agit à notre connaissance de la largeur de battement la plus faible obtenue sur un système aussi simple (sans asservissement).

## CONCLUSION

Nous avons réalisés une matrice de lasers DFB réalisés par échange d'ions sur un substrat de verre dopé erbium / ytterbium. La caractérisation d'un laser seul montre une largeur de raie de 1,6 kHz et un RIN  $< -135$  dB/Hz au-delà de 10 MHz. Le battement entre deux lasers a ensuite été réalisé, un spectre de battement autour de 60 MHz présentant une largeur inférieure à 70 kHz a pu être mesuré. Ces observations montrent que ces lasers sont d'excellents candidats comme sources pour les systèmes radio-sur fibre. Les perspectives de ce travail sont la stabilisation mécanique des lasers pour encore diminuer la largeur de battement, puis la réalisation d'une expérience de transmission à 60 GHz.

## REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été effectués dans le cadre du projet FIWIN5G qui a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention Marie Skłodowska-Curie n° 642355.

## RÉFÉRENCES

- [1] T. Kleine-Ostmann and T. Nagatsuma, "A review on terahertz communications research," *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, vol. 32, no. 2, pp. 143-171, 2011.
- [2] J. Yu, Z. Jia, L. Yi, Y. Su, G.-K. Chang, and T. Wang, "Optical millimeter-wave generation or up-conversion using external modulators," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 18, no. 1, pp. 265-267, 2006.
- [3] F. Brendel *et al.*, "Chromatic dispersion in 60 GHz radio-over-fiber networks based on mode-locked lasers," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 29, no. 24, pp. 3810-3816, 2011.
- [4] R. Khayatzadeh, H. H. Elwan, J. Poette, and B. Cabon, "Impact of amplitude noise in millimeter-wave radio-over-fiber systems," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 33, no. 13, 2015.
- [5] S. Blaize, L. Bastard, C. Cassagnetes, and J. Broquin, "Multiwavelengths DFB waveguide laser arrays in Yb-Er codoped phosphate glass substrate," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 15, no. 4, pp. 516-518, 2003.