

Réalisation d'un oscillateur opto-micro-onde à base de VCSEL avec verrouillage optique

Juan Coronel^{1,2}, Margarita Varón², Angélique Rissons¹

*Departement d'Électronique, Optronique et Signal, Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
10 Avenue Edouard Belin. Toulouse 31400, France.*

*Grupo de Investigación en Telecomunicaciones y Electrónica de Alta Frecuencia – CMUN. Universidad Nacional de Colombia. Cra 30 # 45 – 03, Bogotá 111321, Colombia.
jfcoronelr@unal.edu.co*

La génération de signaux en utilisant les systèmes opto-hyperfréquence a permis le développement de dispositif à faible consommation de puissance, coût et capables de produire porteuses de haute pureté spectrale [1].

Dans le domaine des oscillateurs opto-hyperfréquence, il y existe plusieurs configurations très performantes en modulation directe [2] avec des sources laser [3] de longueur d'onde différente ont été implémentés (0.85, 1.3 et 1.5 μm). Dans ce travail on a visé la limitation de la bande passante en modulation directe du laser d'émission à cavité vertical (VCSEL) dans la bande 1.3 μm du spectre de communication optique. On propose l'utilisation de la technique du verrouillage optique par injection du VCSEL qui permet l'amélioration de la performance en haute fréquence du laser ainsi comme la réduction du bruit d'intensité relatif du VCSEL.

L'oscillateur à base de VCSEL verrouillé est représenté par Figure 1. Le système est composé de deux lasers, un DFB (Distributed Feedback Laser) comme laser maître (port 1 circulateur optique) et un VCSEL comme laser esclave qui est directement modulé à travers d'un T de polarisation (port 2 circulateur optique). L'émission du VCSEL sous verrouillage optique sort via le port 3 du circulateur optique qui est branché à une fibre optique (FO) qui sert comme ligne de retard. Le signal optique modulé est converti en signal électrique par une photodiode (PD). Une fois le signal électrique filtré (F) à la fréquence à laquelle le système sera construit, il est amplifié (A) et le boucle est fermé afin de réinjecter le signal au système dans le but d'avoir une oscillation autoentretenu.

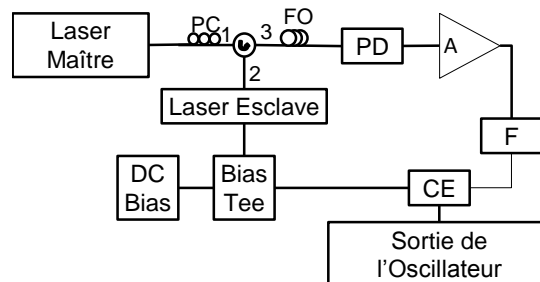


Figure 1. Oscillateur optoélectronique à base de VCSEL verrouillé par injection optique.

Dans ce travail, on utilise une configuration DFB/VCSEL qui permet d'améliorer la bande passante du VCSEL en modulation directe du 4.4 GHz (sans verrouillage) à 14 GHz (laser sous verrouillage optique). Les conditions du verrouillage sont : du côté laser maître (DFB) courant injecté est 33 mA (puissance optique = 14 mW) et pour l'esclave (VCSEL) courant injecté de 5 mA (puissance optique 0.7 mW). Le décalage fréquentiel entre les deux lasers est 17.5 GHz. Dans l'oscillateur il est utilisé une fibre optique de 2 km et un filtre micro-onde passe bande à 10 GHz avec une bande passante de 4 MHz.

Le spectre électrique de la porteuse est présenté par la Figure 2. La stabilité fréquentiel est mesurée et modélisée afin de caractériser la qualité de la porteuse générée par l'oscillateur. La courbe mesurée du bruit de phase de l'oscillateur optoélectronique à base du VCSEL verrouillé par injection optique à 10 GHz est représentée sur la Figure 3. Trois processus du bruit coexistent dans l'oscillateur : le bruit de phase blanc (white phase noise), le bruit de phase lié au flickering de

l'amplificateur de micro-onde (Flicker phase noise) et le bruit de fréquence du flickering (Flicker frequency noise). Le bruit de phase mesuré à 10 kHz de la porteuse est -105.7 dBc/Hz.

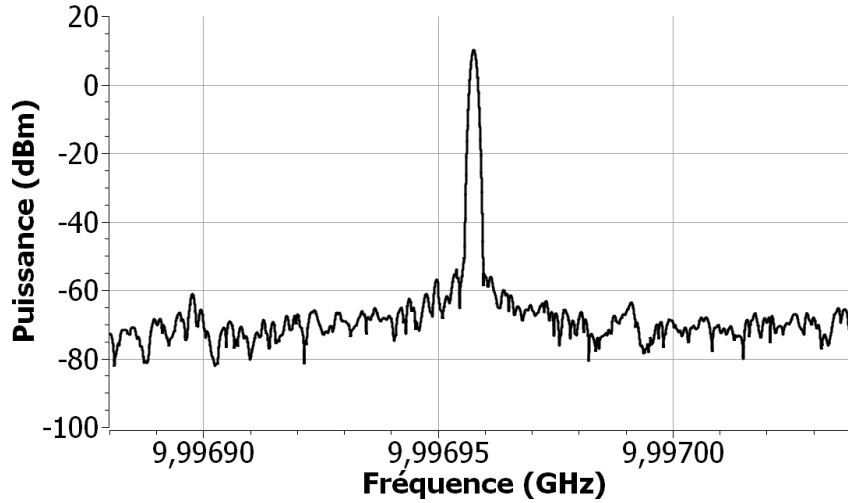


Figure 2. Spectre de la porteuse de l'oscillateur optoélectronique à base de VCSEL verrouillé par injection optique à 10 GHz.

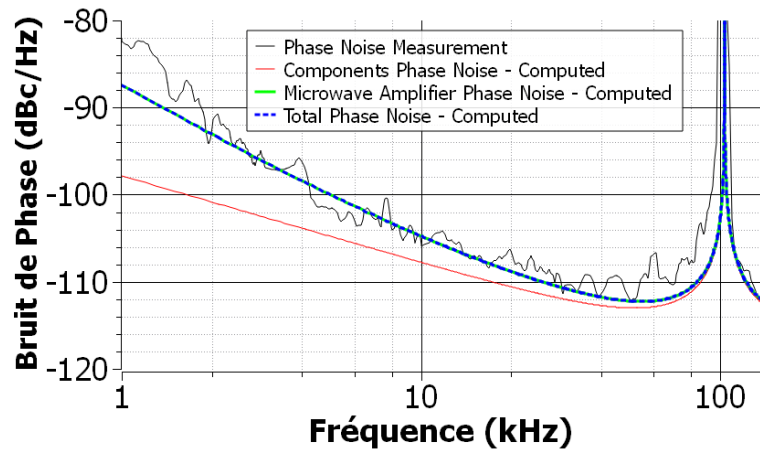


Figure 3. Courbe du bruit de phase de l'oscillateur optoélectronique à base de VCSEL verrouillé par injection optique à 10 GHz.

La stabilité dans le domaine temporel est mesurée à travers de la déviation standard d'Allan (σ) dans une fenêtre de 500 s. La valeur est dans la plage $10^{-8} < \sigma < 10^{-7}$. Cette courbe est présentée dans la Figure 4.

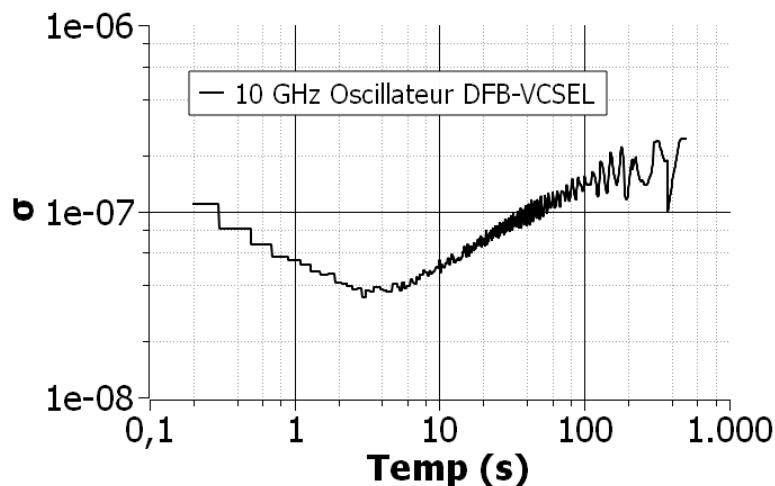


Figure 4. Mesure de la stabilité temporelle de l'oscillateur optoélectronique à base de VCSEL verrouillé par injection optique à 10 GHz.

Conclusion

La technique du verrouillage par injection optique permet d'augmenter la fréquence de la porteuse générée par l'oscillateur optoélectronique. L'utilisation de la technique du verrouillage optique permet de stabiliser le bruit d'intensité relatif du VCSEL, ce qui réduit la contribution du laser au bruit du système et, en conséquence, l'amélioration du bruit de phase de la porteuse de l'oscillateur.

Références :

- [1] L. Maleki, "Sources: The optoelectronic oscillator," *Nat. Photonics*, vol. 5, no. 12, pp. 728–730, Dec. 2011.
- [2] M. Varón, *Étude et réalisation d'un oscillateur opto-microonde à base de VCSEL pour la génération harmonique de signaux microondes*. 2008.
- [3] K. Saleh, P. H. Merrer, O. Llopis, and G. Cibiel, "Optoelectronic oscillator based on fiber ring resonator: Overall system optimization and phase noise reduction," in *2012 IEEE International Frequency Control Symposium Proceedings*, 2012, pp. 1–6.