

Résonateurs optiques à modes de galerie appliqués aux oscillateurs et aux peignes de fréquences

Patrice Salzenstein*, Souleymane Diallo, Rémi Henriet, Irina Balakireva, Khaldoun Saleh, Guoping Lin, Romain Martinenghi, Laurent Larger, Yanne K. Chembo

CNRS FEMTO-ST (UMR 6174), Département d'Optique, 16 route de Gray, 25030 Besançon

* patrice.salzenstein@femto-st.fr

Résumé

Nous avons fabriqué par procédés de polissage des résonateurs optiques à modes de galerie en utilisant différents matériaux cristallins (CaF_2 et MgF_2). Ces résonateurs ont pour finalité première de générer un signal microonde ultra-stable issu d'un oscillateur opto-électronique (OEO). Puis, en s'appuyant sur les non-linéarités de Kerr, nous générons différents peignes de fréquences optiques dans les résonateurs.

1. Résonateurs optiques à modes de galerie

Les matériaux retenus sont généralement CaF_2 et MgF_2 , les disques ayant un diamètre de 5,5 à 6 mm pour assurer un intervalle spectral libre (ISL) autour de 10 GHz. Les résonateurs sont caractérisés à l'aide d'une fibre étirée présentant un diamètre de 1 μm par cavity Ring Down et des facteurs de qualité reproductibles à plus de 10^9 sont mesurés expérimentalement [1-4].

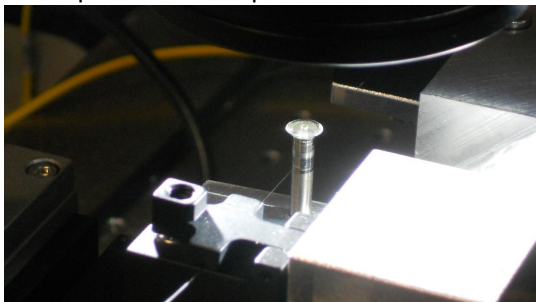


Figure 1. Résonateur optique couplé à une fibre étiré

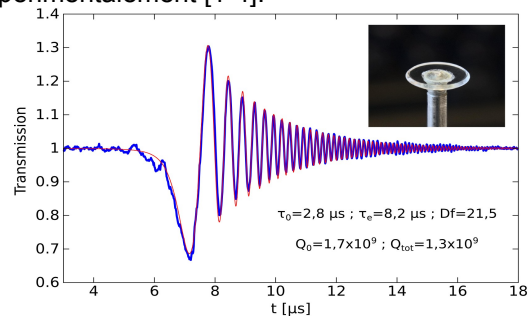
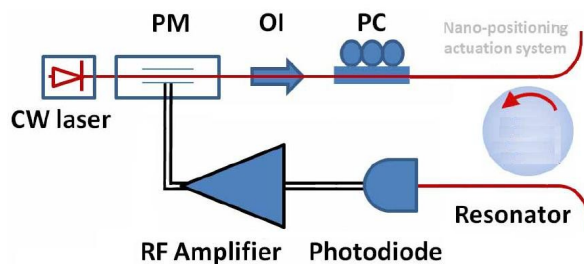


Figure 2. Signal de ring-down d'un résonateur présentant un facteur de qualité de $1,7 \cdot 10^9$.

2. Oscillateur opto-électronique

Les résonateurs optiques sont insérés dans l'OEO à 10 GHz qui est ensuite caractérisé [5-8].



PM: Modulateur opto, OI: Isolateur, PC: Polarisation

Figure 3. Schéma de l'OEO

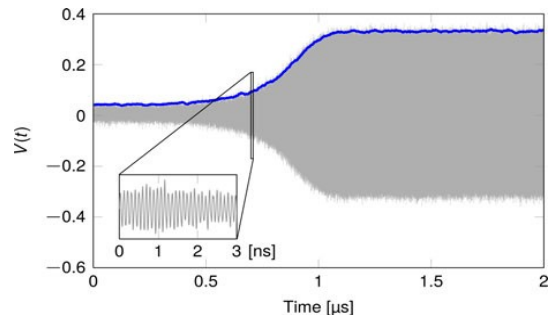


Figure 4. Apparition du régime d'oscillation dans l'OEO [9].

3. Peignes de fréquences optiques

Avec une puissance d'entrée d'environ 100 mW, nous générons des peigne optique dans le résonateur optique grâce aux non-linéarités de Kerr [10, 11].

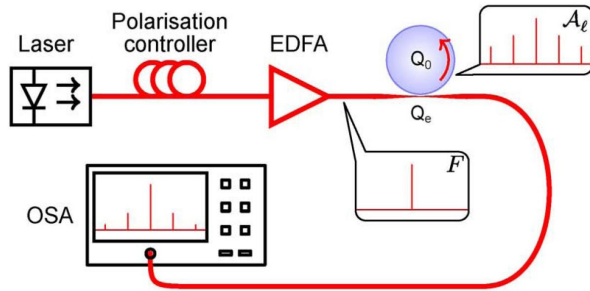


Figure 5. Schéma de la génération des peignes

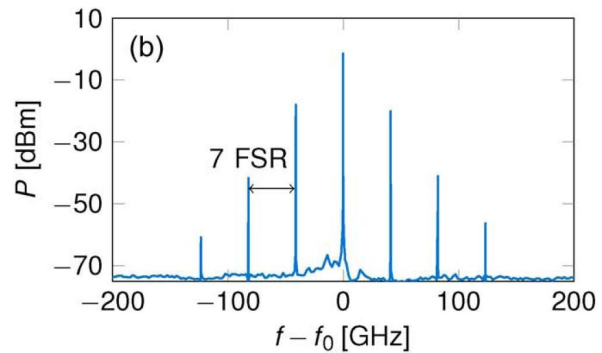


Figure 6. Exemple de spectre de peignes de fréquences générés dans un résonateur optique

Références

- [1] R. Henriët, P. Salzenstein, D. Ristic, A. Coillet, M. Mortier, A. Rasoloniaina, K. Saleh, G. Cibiel, Y. Dumeige, M. Ferrari, Y. K. Chembo, O. Llopis, P. Féron : *High quality factor optical resonators*, Physica Scripta, T162, 014032, 2014.
- [2] Y. Dumeige, S. Trebaol, L. Ghisa, Thi Kim Ngan Nguyen, H. Tavernier and P. Féron : *Determination of coupling regime of high-Q resonators and optical gain of highly selective amplifiers*, J. Opt. Soc. Am. B, 25(12), 2073-2080, 2008.
- [3] Yann G. Boucher : *Analytical model for the coupling constant of a directional coupler in terms of slab waveguides*, Optical Engineering 53(7), 071810, 2014.
- [4] P. Salzenstein, M. Mortier, H. Sérrier-Brault, R. Henriët, A. Coillet, Y. K. Chembo, A. Rasoloniaina, Y. Dumeige and P. Féron : *Coupling of high quality factor optical resonators*, Physica Scripta, T157, 014024, 2013.
- [5] L. Maleki, *The optoelectronic oscillator*, Nature Photonics, 5, 728-730, 2011.
- [6] K. Volyanskiy, P. Salzenstein, H. Tavernier, M. Pogurmiskiy, Y. K. Chembo and L. Larger : *Compact Optoelectronic Microwave Oscillators using Ultra-High Q Whispering Gallery Mode Disk-Resonators and Phase Modulation*, Optics Express, 18(21), 22358-22363, 2010.
- [7] P. Salzenstein, V. B. Voloshinov and A. S. Trushin : *Investigation in acousto-optic laser stabilization for crystal resonator based optoelectronic oscillators*, Optical Engineering, 52(2), 024603, 2013.
- [8] K. Saleh, A. Coillet, R. Henriët, P. Salzenstein, L. Larger and Y. K. Chembo : *On the metrological performances of optoelectronic oscillators based on whispering gallery mode resonators*, San Jose, California, United States, Proc. SPIE. 89851, 89851D, 2014.
- [9] A. Coillet, R. Henriët, P. Salzenstein, K. Phan Huy, L. Larger and Y. K. Chembo : *Time-domain Dynamics and Stability Analysis of Optoelectronic Oscillators based on Whispering-Gallery Mode Resonators*, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 19(5), 6000112, 2013.
- [10] Yanne K. Chembo and Nan Yu : *Modal expansion approach to optical-frequency-comb generation with monolithic whispering-gallery-mode resonators*, Phys. Rev. A, 82, 033801, 2010.
- [11] A. Coillet, I. Balakireva, R. Henriët, K. Saleh, L. Larger, J. Dudley, C. Menyuk and Y. K. Chembo : *Azimuthal Turing patterns, bright and dark cavity solitons in Kerr combs generated with whispering-gallery mode resonators*, IEEE Photonics Journal, 5(4), 6100409, 2013.