CARACTERISATION DYNAMIQUE DE LA STABILITE DE POLARISATION DES VCSELS A FILS QUANTIQUES POUR LA REALISATION DE SOURCES TELECOM ACCORDABLES

Jean-Philippe Gauthier[§1,2], Cyril Paranthoen[§1,2], Christophe Levallois[§1,2], Jean-Michel Lamy[§1,2], Hervé Folliot[§1,2], Mathieu Perrin[§1,2], Olivier Dehaese[§1,2], Nicolas Chevalier[§1,2], Ahmad Shuaib[§1,2], Olivier Durand[§1,2], Alain Le Corre[§1,2], Olivier Castany[‡1,3], Laurent Dupont[‡1,3], Pascal Besnard[†1,4], Zhenyu Hao[†1,4]

[1] Université Européenne de Bretagne, Enssat[†], Insa[§], Telecom Bretagne[‡], 35000 Rennes
[2] CNRS, UMR 6082 Foton, Insa, CS 70839, 35708 Rennes
[3] CNRS, UMR 6082 Foton, Telecom Bretagne, CS 83818, 29238 Brest Cedex 3
[4] CNRS, UMR 6082 Foton, BP 80518, 22305 Lannion cedex
Cyril.paranthoen@insa-rennes.fr

RESUME

Les performances dynamiques des lasers à émission verticale (VCSELs) émettant aux longueurs d'ondes des télécommunications optiques (1.55 µm), et constitués de puits quantiques (PQs) ou de fils quantiques (FQs) sont analysées et comparées. La polarisation optique des VCSELs à PQs apparaît très instable, et peu prédictible. A l'inverse, les VCSELs à FQs présentent une émission laser fortement polarisée d'une grande stabilité.

MOTS-CLEFS : *VCSEL, polarisation, fils quantiques, accordable.*

1. INTRODUCTION

Les lasers verticaux à émission par la surface (VCSEL) émettant à 1,55 µm sont d'un grand intérêt pour les applications télécom. En effet, leurs propriétés intrinsèques (mode circulaire, pureté spectrale, grande fréquence de modulation, potentiel de production de masse) en font des candidats idéaux pour les réseaux télécom et l'offre de fibre chez l'abonné (FTTH : Fiber To The Home). Toutefois, un des inconvénients majeurs de ces lasers résident dans l'instabilité en polarisation optique, à l'origine des dégradations des taux d'erreurs sur les lignes télécom [2]. Différentes approches technologiques ont été proposées afin de maîtriser la polarisation optique des VCSELs, tels que le recours à des cavités elliptiques [3], à des grilles en surface [4], ou encore à des miroirs de Bragg biréfringent [5]. Toutefois, ces technologies s'avèrent d'une grande complexité, et les performances restent limitées. Récemment, en insérant des FQs, nous avons réalisé un VCSEL stabilisé en polarisation optique, émettant à la longueur d'onde de 1,6 µm, en mode continu et à température ambiante [6]. Dans ce papier, nous présentons des mesures de stabilité dynamique de polarisation sur des VCSELs à PQs et à FQs,. Les résultats expérimentaux permettent de démontrer que les lasers à FQs bénéficient d'une extrême stabilité de l'intensité laser polarisée, quand des fluctuations aléatoires d'intensité et des basculements de polarisation sont observés sur les VCSELs à PQs.

2. DESCRIPTION DES VCSELS

Deux structures VCSELs ont été réalisées et caractérisés. La première contient des PQs émettant à 1,55 µm. La seconde contient des FQs, dont la croissance a été optimisée afin de bénéficier d'une luminescence à 1,6 µm très anisotrope en polarisation optique. Le détail du design des structures, de la croissance et du procédé technologique de réalisation de ces VCSELs, est donné par la référence 6. Sous excitation optique continue, les deux VCSELs présentent respectivement une émission laser monomode à 1.55 µm et 1.6 µm pour la structure à PQs et à

FQs et des densités de seuil à 300K proches de 30 mW (15 kW/cm²). Indépendamment de la zone caractérisée sur l'échantillon et conformément à l'orientation des FQs, le VCSEL à FQs présentent constamment une émission laser polarisée selon la direction [1-10]. Un taux de polarisation supérieur à 25 dB a été mesuré, alors que d'importantes fluctuations de polarisation et des taux de polarisation variables sont observés sur les VCSEL à PQs [6].

3. CARACTERISATION DYNAMIQUE DE LA STABILITE DE POLARISATION DES VCSELS A PQS ET A FQS

De manière à quantifier la stabilité en polarisation des VCSELs, des mesures ont été entreprises en régime impulsionnel (impulsions de 1 µs, taux de répétition de 100 kHz).
La figure 1 représente les caractéristiques P(P) résolues en polarisation des deux dispositifs. Le VCSEL à PQs (Fig. 1(a))présente dans toute sa gamme d'excitation un taux de polarisation variable. Il apparaît initialement polarisé selon la direction [110], et change de polarisation pour des puissances d'excitation supérieures à 20 mW. Le VCSEL à FQs (Fig. 1(b)) présente quant à lui une polarisation optique selon [1-10], constante dans toute la gamme d'excitation.

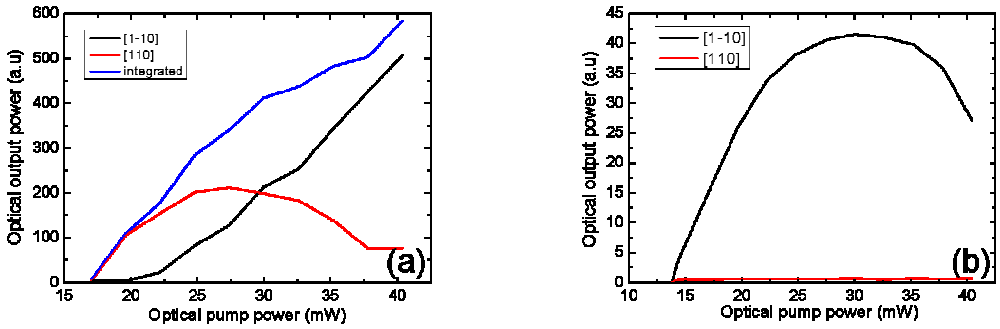


Figure 1 : Caractéristiques P(P) résolues en polarisation selon les directions [1-10] et [110]des VCSELs à PQs (a) et des VCSELs à FQs (b), mesurées en mode impulsionnel

La figure 2 représente les impulsions lasers résolues en polarisation typiquement émis par les deux types de VCSEL. Le VCSEL à PQs (Fig. 2(a et b)) montre d'importantes fluctuations d'intensité, avec même des extinctions quasi complètes selon une direction de polarisation (Fig. 1(a) à 45 µs). Ces observations montrent clairement l'instabilité des VCSELs à PQs sous modulation. D'une impulsion à l'autre, la polarisation dominante ou encore le taux de polarisation peuvent présenter d'importantes variations. Le VCSEL à FQs (Fig. 2(c et d)) montre quant à lui des impulsions polarisées uniquement selon la direction [1-10] conformément à la Fig. 1(b). Les légères fluctuations observées sont ici attribuées aux fluctuations de l'intensité du VCSEL liées aux fluctuations de puissance du laser de pompe.

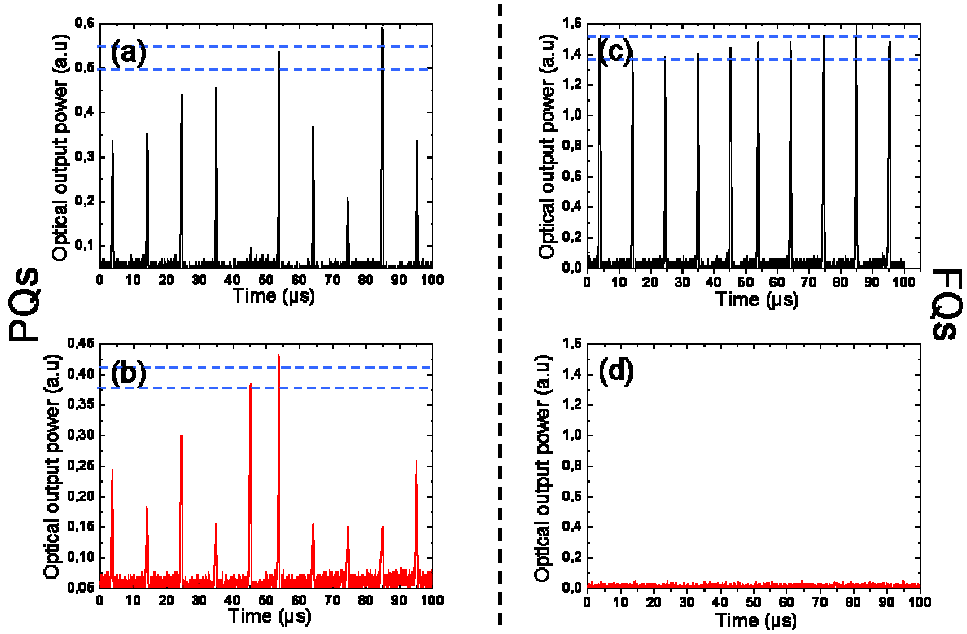


Figure 3 : Impulsions laser mesurées à 300K émis par le VCSELs à PQs (P_{pump} = 25 mW, selon [1-10] (a) et [110] (b)) et à FQs (P_{pump} = 22 mW, selon [1-10] (c) et [110] (d)). Les pointillés horizontaux indiquent les fluctuations d'intensité du VCSEL liées aux fluctuations de puissance du laser de pompe (± 2%).

CONCLUSION

En conclusion, nous avons présenté les caractéristiques dynamiques de VCSEL à PQs et à FQs émettant aux longueurs d'onde télécom. Nous avons pu montrer l'extrême instabilité des VCSELs à PQs, qui présentent des changements de polarisation, ainsi que des fluctuations aléatoires d'intensité selon une polarisation. Les VCSELs à FQs présentent quant à eux une très grande stabilité en polarisation et en intensité. Des mesures de bruit de polarisation sont actuellement en cours d'investigation. Les avantages liés à ces VCSELs permettent d'envisager l'introduction intra-cavité d'un milieu électro-optique tel que le cristal liquide, afin d'accorder en phase le VCSEL et de réaliser des VCSELs performants et accordables aux longueurs d'onde télécom. Ce travail est soutenu par l'ANR, sous le projet Lambda Acces.

RÉFÉRENCES

[1] M. B. Tayahi, S. Lanka, J. Wang, J. Catsten, L. Hofmann, and S. Sukanta, Proc. SPIE, 6132 (2006) 61320B.
[2] J. M. Ostermann, P. Debernardi, A. Kroner, and R. Michalzik, Photon. Technol. Lett., 19 (2007) 1301.
[3] A. Valle, L. Pesquera, and K. A. Shore, J. Lightwave Technol., 14 (1996) 2062.
[4] K. D. Choquette and R. E. Leibenguth, IEEE Photon. Technol. Lett., 6 (1994) 40.
[5] M. Ortsiefer, M. Görblich, Y. Xu, E. Rönneberg, J. Rosskopf, R. Shau M. C.Amann, IEEE Photon. Technol. Lett 22, (2010), 15
[6] J. M. Lamy, C. Paranthoen, C. Levallois, A. Nakkar, H. Folliot, J. P. Gauthier, O. Dehaese, A. Le Corre and S. Loualiche, Appl. Phys. Lett. 95, 011117(2009)