



HAL
open science

Impact de la compétition de modes sur le bruit relatif d'intensité d'une diode laser InGaN à émission par la tranche

Antoine Congar, Kamal Hussain, Christelle Pareige, Raphaël Butté, Nicolas Grandjean, Pascal Besnard, Stephane Trebaol

► To cite this version:

Antoine Congar, Kamal Hussain, Christelle Pareige, Raphaël Butté, Nicolas Grandjean, et al.. Impact de la compétition de modes sur le bruit relatif d'intensité d'une diode laser InGaN à émission par la tranche. 16è Journées Nano, Micro et Optoélectronique (JNMO 2018), Jun 2018, Agay, France. hal-01959549

HAL Id: hal-01959549

<https://hal.science/hal-01959549v1>

Submitted on 18 Dec 2018

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.

IMPACT DE LA COMPÉTITION DE MODES SUR LE BRUIT RELATIF D'INTENSITÉ D'UNE DIODE LASER InGaN À ÉMISSION PAR LA TRANCHE

A. Congar¹, K. Hussain¹, C. Pareige¹, R. Butté², N. Grandjean², P. Besnard¹, S. Trebaol^{1,*}

¹ Institut FOTON, Univ. Rennes, CNRS UMR 6082, Enssat, F22305, Lannion, France

² Institute of Physics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), CH-1015 Lausanne, Switzerland

* E-mail: stephane.trebaol@univ-rennes1.fr

RESUMÉ

Cet article présente les caractéristiques spectrales et de bruit d'intensité d'un laser InGaN émettant à 420 nm. En particulier, nous mettons en évidence l'impact de la structure modale du laser sur le bruit d'intensité. L'émission par groupes de modes longitudinaux (*mode clustering*) favorise la compétition entre modes engendrant une augmentation du bruit d'intensité, cette remontée de bruit pouvant être problématique dans des applications nécessitant un rapport signal à bruit significatif. Nos observations expérimentales sont soutenues par un modèle simple d'équations d'évolution couplées mettant en évidence le rôle déterminant de l'asymétrie de gain modal entre les *clusters* de modes sur le bruit d'intensité.

1. INTRODUCTION

De nombreuses applications nécessitent l'utilisation de sources cohérentes fiables et compactes facilement intégrables dans les systèmes photoniques. L'étude des composants photoniques à base de nitrure de gallium (GaN) constitue un axe de recherche important dans la gamme 400 à 450 nm pour des applications telles que le stockage de données [1], les spectroscopies linéaire et non-linéaire ou encore dans les communications optiques sous-marines [2] et le LiFi [3]. Dans ces applications, la stabilité en intensité du laser est primordiale.

Nous rapportons une étude sur l'impact de la structure modale d'une diode laser InGaN à émission par la tranche sur ses propriétés en termes de bruit relatif d'intensité (RIN) [4]. Des mesures simultanées du spectre optique et du RIN en fonction du courant de pompe donnent accès à la riche dynamique du laser.

2. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

La croissance de la structure laser est réalisée par épitaxie en phase vapeur aux organométalliques (MOCVD) sur un substrat de GaN. La région active est composée de deux puits quantiques en InGaN de 4,5 nm d'épaisseur séparés par 12 nm de barrières non dopées en InGaN et d'une couche de blocage d'électrons en p-AlGaIn. Les épaisseurs des gaines inférieure et supérieure sont respectivement de 1 μm et 500 nm. Le laser est composé d'un ruban de 680 μm de long et de 2,5 μm de largeur

assurant un fonctionnement monomode transverse. Une des faces est recouverte d'un miroir de Bragg diélectrique ($\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$) assurant une réflectivité de l'ordre de 95 %. Une description détaillée de la structure est donnée dans la référence suivante [5].

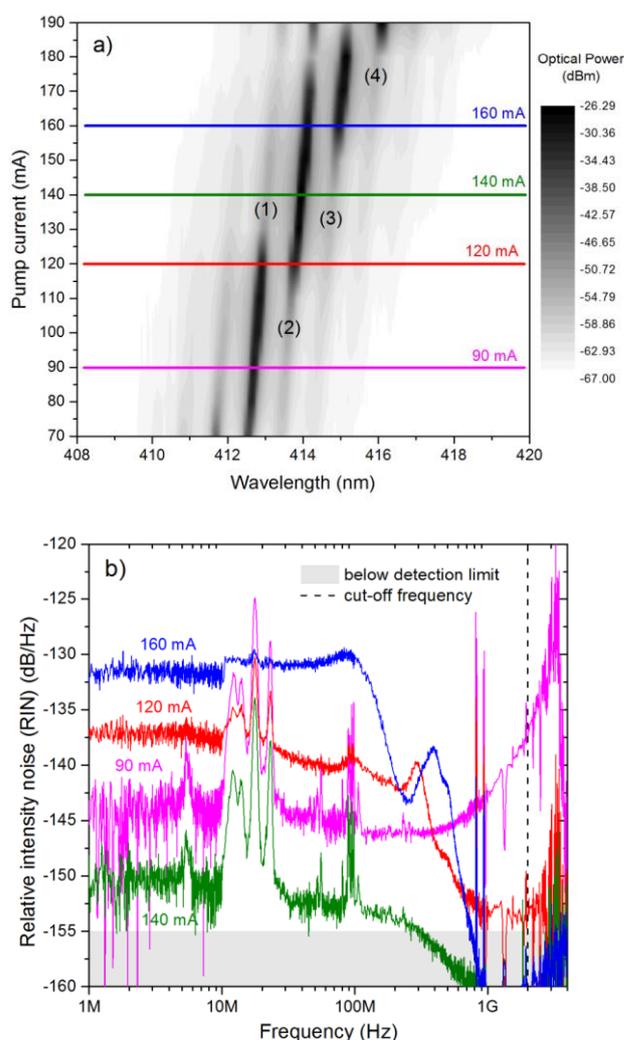


Figure 1 : a) Évolution du spectre optique en fonction du courant de pompe au-dessus du seuil laser. b) Mesures de RIN pour les valeurs de courant identifiées sur la figure a). Les pics visibles entre 10 et 25 MHz et à 100 MHz et 1 GHz sont liés aux perturbations électromagnétiques du banc de mesure.

3. RÉSULTATS

La figure 1 a), présente l'évolution du spectre optique du laser en fonction du courant de pompe. Le seuil laser de la structure est déterminée à 63 mA. Il apparaît une alternance des fonctionnements *monocluster* et *bicluster* en fonction du courant de pompe. Ce phénomène s'explique par une dérive en longueur d'onde des modes longitudinaux, plus faible que la dérive de la courbe de gain en fonction du courant de pompe [6]. La figure 1 b) présente la dynamique du RIN du laser pour des valeurs particulières du courant de pompe. Pour des valeurs de courant de pompe de 90 mA et 140 mA, pour lesquelles le laser a un comportement *monocluster*, le RIN total du laser est inférieur à -140 dB/Hz. Par contre, lorsque le laser a un comportement *bicluster* (I=120/160 mA), le RIN présente une remontée du niveau de bruit d'intensité aux basses fréquences au-dessus de -140 dB/Hz. Cette remontée du bruit est attribuée à la compétition entre groupes de modes pour s'approprier le gain disponible [7]. Cette compétition est induite par l'émission spontanée présente dans chaque groupe de modes. Cette émission spontanée est amplifiée par les termes d'auto-saturation et de saturation croisée du gain optique. Ces hypothèses sont finalement appuyées par un modèle analytique basé sur les équations d'évolution couplées d'un laser bimode. Les contributions d'une asymétrie du gain modal et du terme de saturation croisée du gain apparaissent comme primordiales pour décrire la résurgence du RIN en fonctionnement *bicluster* [8].

4. CONCLUSIONS

Nous avons montré que le *mode clustering* communément observé dans les lasers à base d'InGaN [9] impacte fortement la stabilité en intensité. La remontée du RIN en fonctionnement *bicluster* est attribuée à la compétition entre mode par l'intermédiaire des non linéarités du milieu à gain. Les diodes laser commerciales en GaN sont basées sur une cavité de type Fabry-Perot favorisant le fonctionnement multimode longitudinal et donc les instabilités en intensité. Une solution pour réduire le bruit, est de développer des sources monomodes. Actuellement, seules les diodes en cavité externe offrent la possibilité de tendre vers ce régime de fonctionnement. Le développement de diodes laser en InGaN monomodes monolithiques permettrait de gagner en compacité et en stabilité.

4. RÉFÉRENCES

- [1] E. Walker *et al.*, "Terabyte recorded in two-photon 3D disk", *Appl. Opt.*, **47**, 22, pp.4133-4139, (2008)
- [2] F. Hanson and S. Radic, "High bandwidth underwater optical communication" *Appl. Opt.*, **47**, 2, pp. 277-283, (2008)
- [3] S. Watson *et al.*, "Visible light communications using a directly modulated 422 nm GaN laser diode" *Opt. Lett.*, **38**, 19, pp. 3792-3794, (2013)
- [4] A. Congar *et al.*, "Impact of mode-hopping noise on InGaN edge emitting laser Relative Intensity Noise properties" *IEEE J. Quantum Electron.*, **54**, 1, pp. 1-7 (2018)
- [5] J. Dorsaz *et al.*, "AlGaIn-free blue III-nitride laser diodes grown on c-plane GaN substrates", *Appl. Phys. Exp.* **3**, 9, p. 092102, (2010)

- [6] M.S. Romadhon *et al.*, "Longitudinal modes evolution of a GaN-based blue laser diode", *Opt. Laser Technol.* **70**, pp. 59-62, (2015)
- [7] M. Yamada, "Theory of mode competition noise in semiconductor injection lasers", *IEEE J. Quantum Electron.*, **22**, 7, pp. 1052-1059, (1986)
- [8] G. P. Agrawal, "Mode-partition noise and intensity correlation in a two-mode semiconductor laser", *Phys. Rev. A.*, **37**, 7, pp. 2488-2494, (1988)
- [9] V. Laino, "Substrate modes of (Al,In)GaN semiconductor laser diodes on SiC and GaN substrates", *IEEE J. Quantum Electron.* **43**, 1, pp. 16-24, (2007)