

Diodes laser émettant à 894nm, sans aluminium dans la région active, pour horloges atomiques compactes au Césium

N. von Bandel, J. Bébé Manga Lobé, M. Garcia, A. Larrue, Y. Robert, E. Vinet, M. Lecomte, O. Drisse, O. Parillaud, M. Krakowski

III-V Lab, Campus Polytechnique, 1 Avenue Augustin Fresnel 91967 Palaiseau

nicolas.vonbandel@3-5lab.fr, michel.krakowski@3-5lab.fr

RÉSUMÉ

Les applications temps-fréquence nécessitent des horloges de haute précision et haute stabilité à un coût raisonnable. Les horloges atomiques au Césium sont actuellement considérées comme les mieux adaptées à ces exigences. Or, la stabilité de ces horloges repose pour beaucoup sur les performances en bruit des sources laser de pompage. Dans ce contexte, le III-V Lab contribue au développement de modules à base de diodes laser pour ces applications, au sein du projet européen Euripides « LAMA ». Nous assumons notamment le développement de diodes laser à rétroaction répartie (DFB) émettant à 894 nm (pompage de la raie D1 du Césium) et 852 nm (raie D2). Ces modules doivent présenter à la fois une faible largeur de raie (<1 MHz), une excellente fiabilité et une insensibilité au retour de lumière. A ce titre, nous présentons pour la première fois des résultats issus de structures « lasers larges » sans aluminium dans la région active, pour une émission DFB prévue à 894nm. Nous montrons des pertes internes de $2,6\text{cm}^{-1}$ et des rendements différentiels externes en faces brut de clivages de $0,44\text{W/A}$ à 20°C . Une étude de confinement optique est également menée.

1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE LASER POUR DFB A 894NM

La réalisation de DFB (Diode Distributed Feedback) émettant à 894nm et 852nm s'appuie sur l'expérience acquise par le laboratoire dans ce domaine sur les diodes à base d'arséniure de gallium, à faible bruit [1]. Il a été ainsi développé un nouveau puits quantique à base de GaInAsP de gain spectral adéquat pour atteindre un fonctionnement de diode à 894nm. La structure, présentée ci-après, ne comporte pas d'aluminium dans la région active (figure 1).

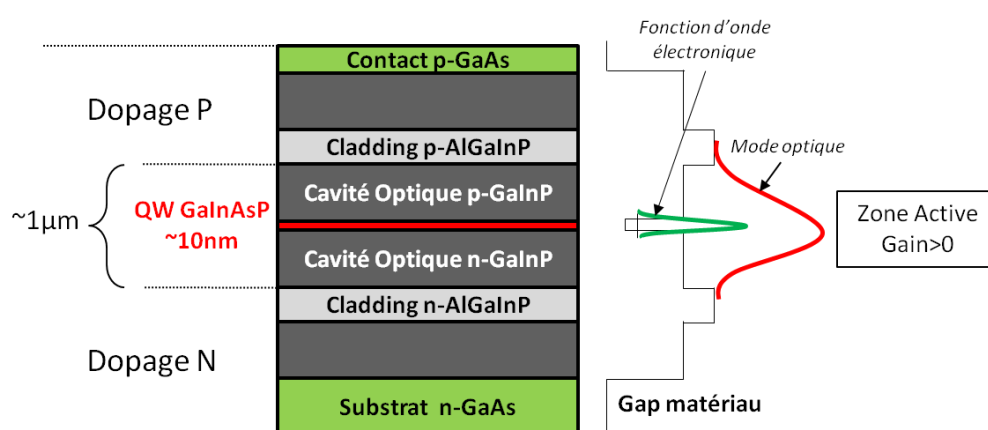


Fig.1: Structure épitaxiale des diodes laser pour DFB à 894nm

2. RESULTATS SUR LASERS LARGES

Des lasers larges, de largeur de $100\mu\text{m}$ et de longueurs de 2, 3 et 4mm , tous bruts de clivage, ont été réalisés pour tester les propriétés de la structure épitaxiale. Nous avons pu extraire à l'aide de mesures en courant continu, pour des longueurs de cavité de 2mm , des courants de seuil à 20°C de

l'ordre de $I_S=400\text{mA}$, soit une densité de courant au seuil de $J_S=200\text{A/cm}^2$, ainsi qu'un rendement différentiel externe moyen $\eta_d=0,43\text{W/A}$ par facette. En ce qui concerne la stabilité du courant de seuil en température et la stabilité du rendement externe en température, nous relevons, respectivement, des températures caractéristiques $T_0=128^\circ\text{C}$ et $T_1=750^\circ\text{C}$ (figure 2). Nous pouvons également extraire les paramètres internes de la structure de part l'étude des grandeurs caractéristiques en fonction de la longueur de cavité. Nous estimons ainsi les pertes internes totales $\alpha_i=2,6\text{cm}^{-1}$, le coefficient de gain modal $\Gamma G_0=7,7\text{cm}^{-1}$ et la densité de courant à la transparence $J_{tr}=85\text{A/cm}^2$ (figure 3). En ce qui concerne l'émission du même laser à 20°C , nous observons un pic centré à 884nm , de largeur à mi-hauteur $\Delta\lambda=2\text{nm}$, valeur courante pour ce type de laser.

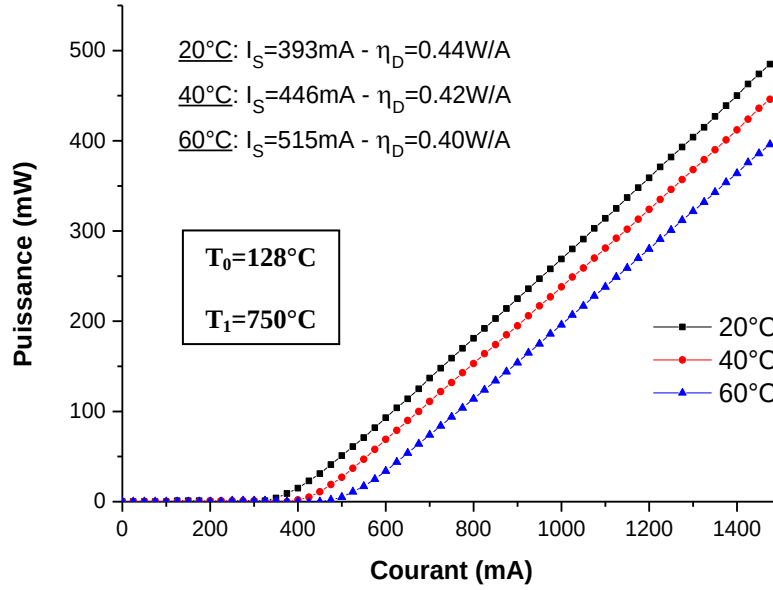


Fig.2: Caractéristique Puissance/Courant d'un laser large de $100\mu\text{m}$ par 2mm , faces brutes de clivage, pour différentes températures de fonctionnement

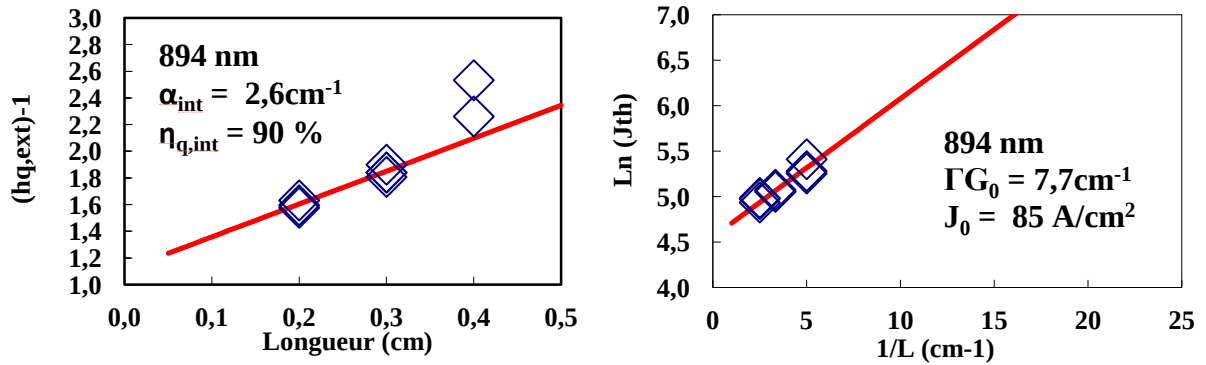


Fig.3: Extraction des paramètres internes de la structure 894nm

3. CONCEPTION OPTIQUE

En prévision de la seconde étape, qui est la fabrication de laser ridge/DFB, une étude optique a été menée afin d'évaluer les dimensions du guide d'onde à graver dans le matériau pour obtenir un faisceau laser monomode spatial (TE_{00}) et obtenir l'indice effectif du mode en question ($n_{\text{eff}} \sim 3,27$) (figure 4). Cette valeur d'indice est ensuite utilisée pour calculer le pas du réseau de Bragg du second ordre gravé dans la structure afin d'obtenir l'émission monomode spectrale à 894nm ($\Lambda=273,5\text{nm}$)

(figure 5). Le calcul du facteur de couplage réseau κ par la méthode des deux indices effectifs est mené de concert.

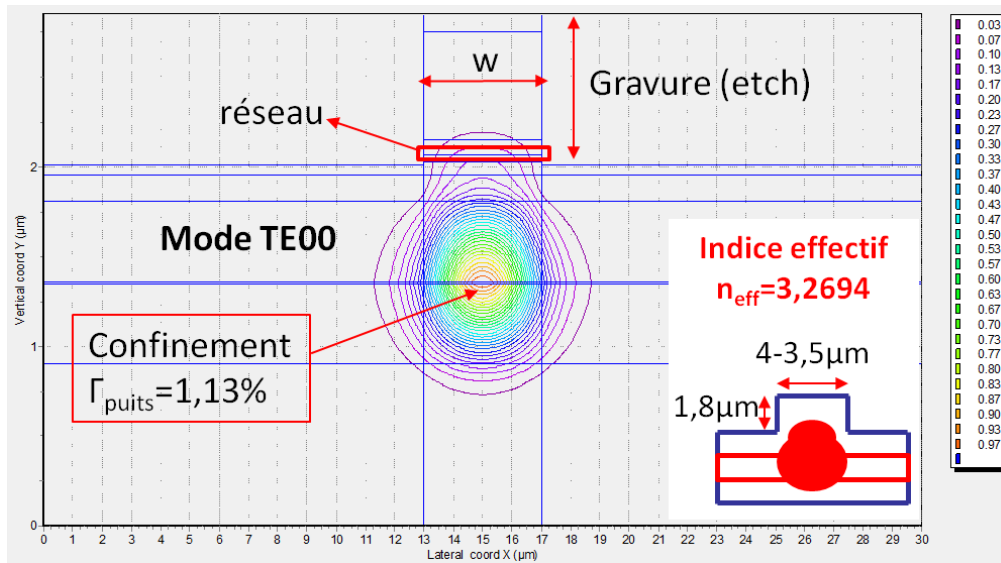


Fig.4: Etude du guidage optique dans la structure ridge. Le facteur de recouvrement énergétique Γ sur le puits quantique est d'environ 1%

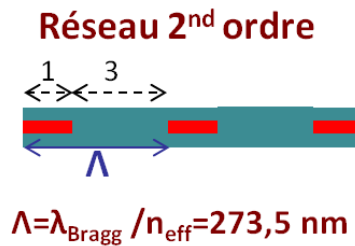


Fig.5: Calcul du pas de réseau du 2nd ordre

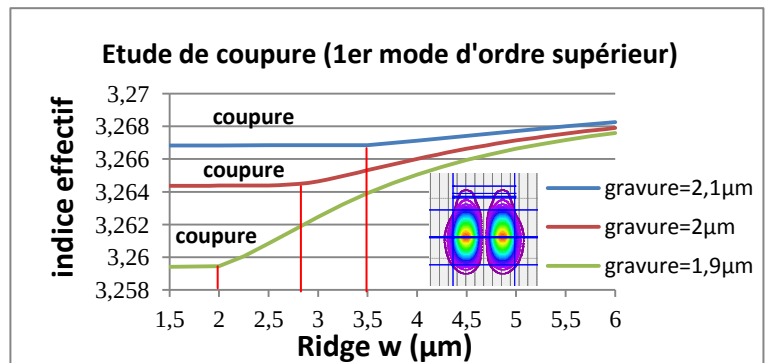


Fig.6: Etude de coupure des modes supérieurs

L'étude de la largeur de coupure des modes supérieurs montre qu'en gravant moins de $1,9\mu\text{m}$, le laser reste monomode TE jusqu'à des largeurs de ridge $w=3,5\mu\text{m}$. Au-delà de $3,5\mu\text{m}$, le mode à deux lobes peut exister dans la cavité, même si son seuil laser est beaucoup plus élevé. La valeur de couplage κ pour ces jeux de paramètres est d'environ $\kappa=6\text{cm}^{-1}$. Pour une longueur de cavité $L=2\text{mm}$, $\kappa*L=1,2$, valeur qui doit permettre un bon fonctionnement DFB.

CONCLUSION

Nos premiers résultats sur la diode laser à 894nm sont encourageants. Nous sommes actuellement en phase de réalisation des diodes DFB, qui montreront leurs premiers résultats au courant de l'été 2014.

RÉFÉRENCES

- [1] (C. Cayron, V. Ligeret, P. Resneau, Y. Robert, O. Parillaud, M. Lecomte, M. Calligaro, S. Bansporun, J. Nagle, M. Krakowski, "High-power, high-reliability, and narrow linewidth, Al-free DFB laser diode, for Cs pumping (852nm)", Photonics West 2010).