

- Axe de GANEX : **2(Laser et sources cohérentes)**
- Titre du sujet : **UV-VECSEL**
- Nom et e-mail du porteur du projet : Bouchoule Sophie sophie.bouchoule@lpn.cnrs.fr
- Date souhaitée de démarrage : 1^{er} mars 2016
- Durée du stage : 4 à 6 mois (*obligatoirement > 3 mois pour travail salle blanche au LPN*)
- Lien avec un projet ANR ou H2020 :
- Lien avec un autre partenaire de GANEX : UMI-GT, Institut Pascal
- Sujet développé : (*jusqu'au bas de page, police 11-12*)

Le stagiaire fabriquera en salle blanche et testera des émetteurs UV ($\lambda \sim 300$ nm) dans une configuration d'émission par la surface en microcavité verticale étendue (UV-VECSEL).

Le LPN, l'UMI-Metz et l'Institut Pascal ont collaboré pour mettre au point des structures actives AlGaIn/AlGaIn épitaxiées sur saphir (0001) émettant dans le domaine de longueur d'onde 280 nm - 340 nm, dans le but de réaliser des émetteurs de type « VCSEL » (émetteurs à cavité verticale à émission par la surface) dans l'UV [1]. Afin de relâcher les contraintes technologiques et matériaux, la structure active à puits quantiques présentant une émission polarisée préférentiellement perpendiculairement à l'axe c, est épitaxiée séparément des réflecteurs de Bragg (DBR). Pour tester optiquement ces structures, le LPN a proposé une configuration en cavité étendue schématisée sur la [figure 1](#), qui permet de réaliser les deux DBR *après* l'épitaxie de la couche active. L'objectif du stage sera de réaliser et tester un démonstrateur utilisant deux DBR diélectriques.

Dans une configuration VECSEL à émission verticale le gain maximum par passage est de quelques %, et les pertes totales de cavité doivent être maintenues à ce niveau pour atteindre le seuil laser. Les études expérimentales effectuées au LPN et à l'Institut Pascal ont montré que deux sources de pertes internes existaient dans la configuration de cavité étendue de la [figure 1](#) :

- L'absorption résiduelle dans le saphir à la longueur d'onde $\lambda \sim 300$ nm, qui nécessite de maintenir l'épaisseur du saphir intracavité à moins de $100\mu\text{m}$ (*) pour garantir des pertes par absorption par aller-retour inférieures à 1%.
- (*) (la valeur exacte dépend aussi de l'origine du substrat)
- Les pertes par diffraction dans une cavité plan-plan [2], compte-tenu de la taille du mode optique (limité par la taille du spot de pompe) $2\omega_0 < 4\mu\text{m}$ et la longueur de cavité ($L_{\text{cav}} \sim 50\mu\text{m} < 100\mu\text{m}$). Pour s'affranchir de ces pertes, une micro-lentille est formée sur la face arrière du substrat (soit un miroir concave de cavité, dont le rayon de courbure ROC est fixé par ω_0 et L_{cav}).

Le LPN a développé une technologie de microlentilles de ROC adapté, transférées dans le saphir après amincissement et polissage de la face arrière du substrat (cf [figure 2](#)).

Le/la stagiaire réalisera de telles microlentilles en partant de structures actives à multipuits quantiques AlGaIn/AlGaIn sur saphir déjà réalisées par l'UMI-Metz. Il/elle pourra être amené(e) à optimiser l'étape de polissage du saphir (rugosité σ_{rms} actuellement limitée à $2\text{ nm} < \sigma_{\text{rms}} < 4\text{nm}$) si cela s'avère nécessaire (**). Il/elle déposera en face avant et arrière des DBRs diélectriques. Au LPN, il/elle mesurera les facteurs de qualité et les pertes des cavités réalisées et comparera ces valeurs à des modèles (matrice de transfert), et aux pertes des cavités plan-plan. Il caractérisera le temps de vie des structures actives par TR-CL. Suivant les résultats obtenus il/elle pourra être amené(e) à voyager à l'Institut Pascal pour participer au test des dispositifs sous pompage optique pulsé à basse température.

(**) les modélisations par matrice de transfert intégrant l'effet de la rugosité *aux interfaces* à grande et petite échelles spatiales, indiquent que la rugosité rms des interfaces doit être limitée à $\sigma_{\text{rms}} < 7\text{nm}$ pour garantir une chute de la réflectivité du DBR à la longueur d'onde $\lambda \sim 300\text{nm}$ inférieure à 0.5% (par rapport à sa valeur nominale $R \sim 99.9\%$).

Suivant l'avancée du projet exploratoire « PE7-5-BNLiftOff » au moment du stage, le/la stagiaire pourrait contribuer au démarrage de la fabrication de cavités type VCSEL à DBR diélectriques (cavité plan-plan, le substrat étant entièrement retiré).

- **Demande de budget GANEX 2016 : 4 mois de stage niveau Mastère 2.**

REFERENCES :

- [1] Xin Li, S. Sundaram, G. Le Gac, P. Disseix, S. Bouchoule, G. Patriarche, F. Reveret, J. Leymarie, Y. El Gmili, T. Moudakir, F. Genty, JP. Salvestrini, R. D. Dupuis, PL. Voss, A. Ouagazzaden, “*AlGaIn-based MQWs grown on a thick relaxed AlGaIn buffer on AlN templates emitting at 285 nm*”, *Optical Materials Express* 5, 380 (2015)
- [2] Hegblom, E.R. ; Babic, Dubravko I. ; Thibeault, Brian J. ; Coldren, L.A., *Scattering losses from dielectric apertures in vertical-cavity lasers*, *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, 3, 379 (1997).

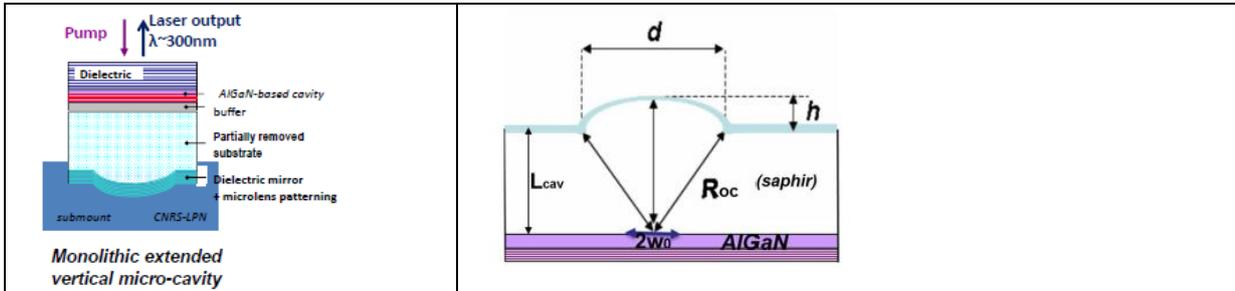


Figure 1 : Configuration de microcavité étendue dans le substrat pour le test des structures active épitaxiées sur substrat de saphir (0001). Les DBRs (dans l'exemple en matériaux diélectriques) sont formés après l'épitaxie de la couche active.

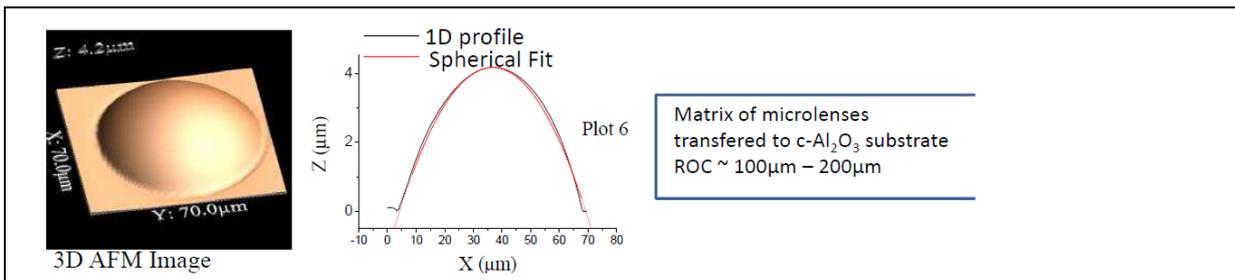


Figure 2 : Image AFM du miroir concave (micro-lentille) transférée dans un substrat de saphir par gravure ICP, en utilisant d'abord la technique du « reflow » (fluage) dans de la résine pour la formation de la lentille.