



**HAL**  
open science

# SOURCES VCSELS AVANCEES POUR LA DETECTION ET L'INSTRUMENTATION

Véronique Bardinal

► **To cite this version:**

Véronique Bardinal. SOURCES VCSELS AVANCEES POUR LA DETECTION ET L'INSTRUMENTATION. Optique 2021, SFO, Jul 2021, Dijon, France. hal-03663918

**HAL Id: hal-03663918**

**<https://laas.hal.science/hal-03663918>**

Submitted on 10 May 2022

**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.

# SOURCES VCSELS AVANCEES POUR LA DETECTION ET L'INSTRUMENTATION

Véronique Bardinal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LAAS-CNRS Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, 31031 Toulouse, France

[bardinal@laas.fr](mailto:bardinal@laas.fr)

## RÉSUMÉ

Nous présentons nos travaux sur la mise en forme du faisceau et l'accordabilité spectrale de sources VCSELS NIR pour pouvoir les intégrer dans des capteurs optiques compacts (de type mesure de flux, détection de gaz ou imagerie SS-OCT). Notre approche est basée sur le développement de micro-technologies collectives à base de matériaux organiques.

**MOTS-CLEFS :** *lasers semi-conducteurs à cavité verticale, micro-optique intégrée, capteurs de flux, détection de gaz, imagerie.*

## 1. MOTIVATIONS

L'instrumentation optique a connu ces dernières années un très fort développement. En effet, les méthodes d'interrogation optique, rapides et sans contact, sont de plus en plus exploitées dans le domaine des capteurs et du diagnostic, notamment biomédical. La mise au point de systèmes portables reste toutefois un défi pour des analyses in vitro au plus près du site du patient (Point of Care diagnostic ou POC) mais également pour les analyses in vivo, avec des besoins spécifiques en dispositifs fonctionnant à des longueurs d'onde compatibles avec les tissus à explorer, c'est-à-dire dans la fenêtre de « transparence thérapeutique » comprise entre 650nm et 1.3µm.

Dans ce contexte, on relève un besoin croissant en sources NIR compactes et faciles à coupler à des micro-dispositifs d'analyse. On recherche en particulier des qualités de faisceau spécifiques (degré de cohérence, pureté spectrale) ainsi que de faibles consommations électriques. Les VCSELS (Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers) présentent donc de nombreux atouts pour ces nouveaux champs d'application si on les compare aux diodes électroluminescentes ou aux diodes laser conventionnelles. On peut en effet citer un faible courant de seuil (<mA), une émission monomode longitudinale par construction, des capacités de modulation à haut débit, l'émission d'un faisceau de symétrie circulaire ou encore une intégration matricielle aisée. Toutefois, les VCSELS pouvant réellement s'intégrer dans des systèmes optiques compacts restent encore à développer.

## 2. VCSELS A MICROLENTILLES INTEGREES

Bien que leur divergence soit modérée (de l'ordre de 15° pour le cas monomode transverse), l'intégration des VCSELS dans les systèmes d'analyse nécessite la plupart du temps le recours à une optique de remise en forme. Afin d'éviter des étapes longues et/ou coûteuses d'alignement ou d'assemblage hybride, nous avons développé des technologies de fabrication collective à base de polymères permettant une intégration directe d'éléments micro-optiques à la surface des lasers. Ces microlentilles assurent une mise en forme passive (cas d'un dépôt sur piédestal) ou dynamique du faisceau (car d'un dépôt sur MOEMS) [1]. L'intérêt de cette approche organique bas cout et basse

température réside dans sa possibilité d'application en post-processing ou après montage de la puce sur un circuit dédié.

On peut voir sur la figure 1a) un exemple de réalisation pour un capteur de flux par rétro-injection optique OFI (Optical Flux Interferometry). L'intégration d'une microlentille auto-alignée sur le VCSEL conduit à une réduction d'un facteur 5 de la divergence. Ceci permet un couplage optimal avec une seconde microlentille déposée sur le canal microfluidique et à une focalisation du faisceau à une taille de waist inférieure à  $20\mu\text{m}$ . Cette résolution d'analyse est inaccessible avec un système de référence comportant des optiques macroscopiques standard. De plus, ce capteur miniaturisé ( $<15\text{mm}$ ) permet d'atteindre un niveau de signal supérieur de 16dB à celui obtenu dans des conditions similaires en configuration standard ( $\sim 30\text{cm}$ ) (fig. 1b) [2].

Une approche similaire a été récemment développée pour la réalisation d'un capteur de gaz compact à base de micro-résonateur polymère à source VCSEL [3].

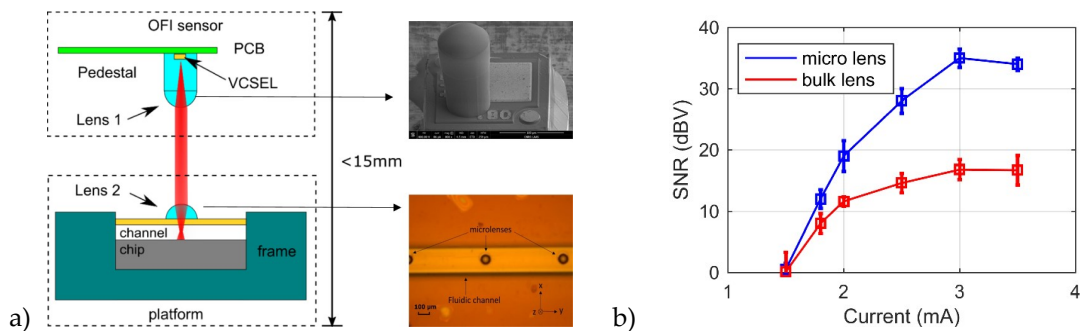


Fig. 1 : a) Schéma du capteur miniaturisé de flux par rétro-injection optique avec une première microlentille intégrée sur la puce VCSEL (vue MEB : lentille sur piédestal) et une seconde sur le canal d'analyse (vue microscope). b) Niveau de signal OFI mesuré en fonction du courant appliqué au VCSEL dans le cas du capteur miniaturisé (bleu) et celui d'un système de référence à doublet de lentilles macroscopiques (rouge)[2].

### 3. VCSELS ACCORDABLES SPECTRALEMENT

Un autre défi à relever concerne la mise au point de VCSELS accordables pour la spectroscopie miniature ou l'imagerie non invasive des tissus biologiques par SS-OCT (Tomographie par Cohérence Optique à balayage de source). Dans ce cadre, nous discuterons des méthodes possibles pour rendre une diode VCSEL accordable, en allant de la voie classique consistant à intégrer un miroir mobile en surface d'un demi-VCSEL (MEMS) jusqu'à une nouvelle approche prometteuse basée sur l'insertion intra-cavité de cristaux liquides biréfringents [4].

### RÉFÉRENCES

- [1] V. Bardinal, T. Camps, B. Reig, S. Abada, E. Daran and J.B. Doucet "Advances in Polymer-Based Optical MEMS Fabrication for VCSEL Beam Shaping", IEEE JSTQE, 21, 4, 2015.
- [2] Y. Zhao, Q.Y. Li, J.-B. Doucet, P.-F. Calmon, F. Mesnilgrente, B. Reig, C. Tronche, T. Camps, J. Perchoux and V. Bardinal "Implementation of Integrated VCSEL-Based Optical Feedback Interferometry Microfluidic Sensor System with Polymer Microoptics".. Applied Sciences, MDPI, 2019, 9 (24), pp.5484.
- [3] Q.Y. Li, V. Raimbault, P. Menini, T. Camps and V. Bardinal "Design and fabrication of a compact gas sensor integrating a polymer microresonator and a 850nm VCSEL source". 22nd Photonics North Conference, May 2020, Vancouver, Canada.
- [4] B. Boissard, C. Levallois, C. Paranthoen, S. Pes, T. Camps, B. Sadani, K. Tavernier, S. Bouchoule, L. Dupont, M. Alouini, P. Debernardi and V. Bardinal. "CW Operation of a Tunable 1550 nm VCSEL Integrating Liquid-Crystal Microcells." IEEE PTL, 2020, 32 (7), pp.391-394.