



**HAL**  
open science

## Source structurée spectralement pour le suivi de procédés de microfabrication

Elizabeth Hemsley, Natan Monvoisin, Stéphane Calvez, Guilhem Almuneau,  
Antoine Monmayrant

► **To cite this version:**

Elizabeth Hemsley, Natan Monvoisin, Stéphane Calvez, Guilhem Almuneau, Antoine Monmayrant.  
Source structurée spectralement pour le suivi de procédés de microfabrication. Optique 2021, Jul  
2021, Dijon, France. hal-03355384

**HAL Id: hal-03355384**

**<https://laas.hal.science/hal-03355384>**

Submitted on 27 Sep 2021

**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.

# SOURCE STRUCTURÉE SPECTRALEMENT POUR LE SUIVI DE PROCÉDÉS DE MICROFABRICATION

**Elizabeth Hemsley, Natan Monvoisin, Stéphane Calvez, Guilhem Almuneau, Antoine Monmayrant**

*LAAS-CNRS Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, 31031 Toulouse, France*

[natan.monvoisin@laas.fr](mailto:natan.monvoisin@laas.fr)

## RÉSUMÉ

Nous présentons une source structurable spectralement pour le contrôle du procédé d'oxydation latérale sélective, étape critique de la fabrication de VCSELs. Le choix automatisé des bandes spectrales, ainsi que la réponse rapide du système permettent d'envisager un suivi temps réel du procédé plus précis par rapport à un système d'imagerie sous illumination monochromatique déjà implémenté.

**MOTS-CLEFS :** *imagerie hyperspectrale ; suivi in situ ; contrôle spectral ; VCSEL.*

## 1. INTRODUCTION

Le suivi optique in-situ est une technique de premier plan pour garantir la qualité et la reproductibilité des procédés de micro et nanofabrication. Ces systèmes pourraient néanmoins largement bénéficier des riches possibilités offertes par l'imagerie hyperspectrale [1] en termes de sélectivité spectrale et spatiale. L'oxydation latérale sélective pour la fabrication de VCSELs (Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers) est un exemple typique de procédé clé dans le domaine des semi-conducteurs [2]. Le suivi du front d'oxydation par réflectométrie, en temps réel, sous illumination monochromatique, a été implémenté avec succès par le passé [3-6]. Il peut être cependant difficile de distinguer l'oxyde du matériau non oxydé, menant à une mesure peu précise du diaphragme d'oxyde. Cette mesure pourrait être améliorée en ajustant dynamiquement le spectre d'illumination, de manière à augmenter le contraste en réflexion entre les deux zones observées.

Nous proposons ici une source puissante et compacte, dont le spectre peut être arbitrairement contrôlé pour assurer le suivi de l'oxydation latérale quelles que soient la structure de l'échantillon et les conditions expérimentales. Les bandes spectrales sont choisies pour maximiser le contraste entre les zones oxydées et non-oxydées par Analyse Discriminant de Fisher (FDA), ce qui pourrait permettre d'obtenir des images plus contrastées et une meilleure résolution spatiale au niveau des zones visées.

## 2. RÉSULTATS

La source, dont l'architecture est illustrée par la figure 1(a), est basée sur un laser supercontinuum dont le faisceau est dispersé spectralement par un réseau sur une matrice de micro-miroirs (DMD). Cette matrice permet, par programmation, de ne réfléchir que les bandes spectrales voulues, qui sont ensuite recombinaées par un deuxième réseau et couplées dans une fibre optique multimode [7]. La résolution du système est de 2 nm, sur la gamme 700-850 nm pour le moment, pour une puissance maximale supérieure à 1mW. Le masque implémenté sur le DMD permet de contrôler le poids de chaque bande spectrale du spectre final, soit par opération binaire sur chaque micro-miroir, de manière à réfléchir la lumière incidente vers la fibre ou non, soit par application de niveaux de gris sur le masque, affectant un rapport cyclique à chaque micro-miroir. La plage dynamique du système est par conséquent élevée. Si des masques binaires sont utilisés, la fréquence de rafraîchissement du système peut atteindre 120 Hz. La figure 1(b) montre les spectres générés en

fonction des masques appliqués au DMD, démontrant la liberté que nous avons dans la structuration du spectre.

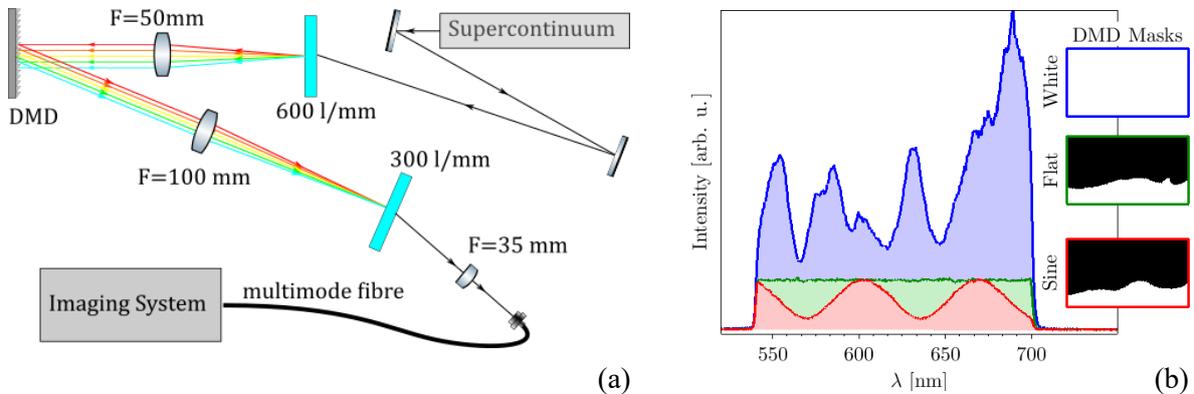


Fig. 1 : (a) Schéma du design de la source structurable spectralement; (b) Exemple de spectres générés par le système avec leur masque respectif.

## CONCLUSION

Nous avons introduit un système d'imagerie hyperspectrale, basée sur une source structurable spectralement, pour l'amélioration du suivi temps réel du procédé d'oxydation latérale sélective dans la fabrication des VCSELs. Les résultats concernant cette méthode de structuration de spectre seront présentés à la conférence, tout comme l'étude du dispositif dans les conditions réelles du procédé d'oxydation.

Ce système est une solution puissante et facilement implémentable, offrant de nouvelles perspectives pour le contrôle de procédés de micro et nanofabrication.

## RÉFÉRENCES

- [1] X. Dong *et al.*, A review of hyperspectral imaging for nanoscale materials research, *Applied Spectroscopy Reviews*, 54:4, 285-305, 2019
- [2] J. M. Dallesasse *et al.*, "III-V Oxidation: Discoveries and Applications in Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers", *Proceedings of the IEEE*, vol. 101, no 10, p. 2234-2242, oct. 2013
- [3] S. A. Feld *et al.*, "In situ optical monitoring of AIAs wet oxidation using a novel low-temperature low-pressure steam furnace design", *IEEE, Photon. Technol. Lett.*, vol. 10, no 2, p. 197-199, 1998
- [4] A. Sakamoto *et al.*, "Fabrication control during AIAs oxidation of the VCSELs via optical probing technique of AIAs lateral oxidation (OPTALO)", San Jose, CA, 2002
- [5] G. Almuneau *et al.*, "Real-time in situ monitoring of wet thermal oxidation for precise confinement in VCSELs", *Semiconductor Science and Technology*, vol. 23, no 10, p. 105021, 2008
- [6] M. P. Bakker *et al.*, "Monitoring the formation of oxide apertures in micropillar cavities", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 102, p. 101109, 2013
- [7] Wood, Tobias C., and Daniel S. Elson. "A tunable supercontinuum laser using a digital micromirror device." *Measurement Science and Technology*, 105204, 23.10, 2012