

Développement d'une plateforme intégrée à base de SiON pour la gamme de longueurs d'onde bleu/violet

S. Trebaol^{a,*}, P. P. Kamath^a, J.-C. Simon^a, M. Thual^a, J. Le Pouliquen^b, C. Levallois^b, J. Charrier^a, L. Bodiou^{a,*}

^a Univ Rennes, CNRS, Institut FOTON - UMR 6082, F-22305 Lannion, France;
^b Univ Rennes, INSA, CNRS, Institut FOTON - UMR 6082, F-35000 Rennes, France

Les circuits intégrés photoniques adressent de nombreuses applications telles que les communications optiques, les capteurs biochimiques, l'optique non linéaire et la photonique quantique [1] pour n'en nommer que quelques-unes. En particulier, pour des applications telles que la biodétection, des dispositifs plus sensibles sont nécessaires. L'exigence d'une sensibilité élevée et d'une limite de détection extrêmement basse dans les capteurs biologiques et chimiques a attiré l'attention de plusieurs groupes de chercheurs sur l'utilisation de guides d'onde optiques intégrés monomodes. Jusqu'à présent, la plupart de ces applications ont été développées principalement dans la gamme de longueurs d'onde infrarouges (IR).

Le récent développement de plateformes en optique intégrée dans le domaine des courtes longueurs d'onde allant du bleu au proche ultraviolet (NUV) trouve de nombreuses applications [2],[3]. En spectroscopie Raman [4], qui est utilisée dans la biodétection, l'utilisation d'une longueur d'onde plus courte augmente la sensibilité en λ^{-4} . D'autre part, les composants photoniques intégrés passifs NUV-bleu pourraient également contribuer au développement de diodes laser monomodes (LD) à base de nitrure de gallium en fournissant une rétroaction optique [5]. Ces diodes laser monomodes à largeur de raie étroite peuvent être utilisées pour sonder de nombreuses transitions spectrales moléculaires et atomiques d'intérêt dans le NUV et offrent la possibilité d'adresser l'intégration d'horloges optiques, de gravimètres et de gyroscopes quantiques compacts.

Les principales exigences pour la sélection d'un matériau incluent la transparence dans la gamme NUV et la simplicité de mise en œuvre. Le silicium, en raison de sa bande interdite relativement faible en énergie, absorbe fortement aux longueurs d'onde inférieures à 1100 nm, interdisant l'utilisation de la plateforme silicium sur isolant aux longueurs d'onde proches de l'UV. D'autre part, les plateformes de guides d'onde en nitrure de silicium sont bien établies aux longueurs d'onde rouges et proche infrarouges. Récemment, des premiers résultats dans le bleu/UV sur plateforme photonique Si₃N₄ ont également été démontrés [6]. Une alternative au nitrure de silicium dans cette gamme concerne les matériaux en nitrure III-V comme les semi-conducteurs de nitrure d'aluminium (AlN) et de nitrure d'aluminium-gallium (AlGaN). L'AlN, de bande interdite égale à 200 nm, présente des non-linéarités du second ordre ce qui le rend attractif pour l'optique non linéaire intégrée.

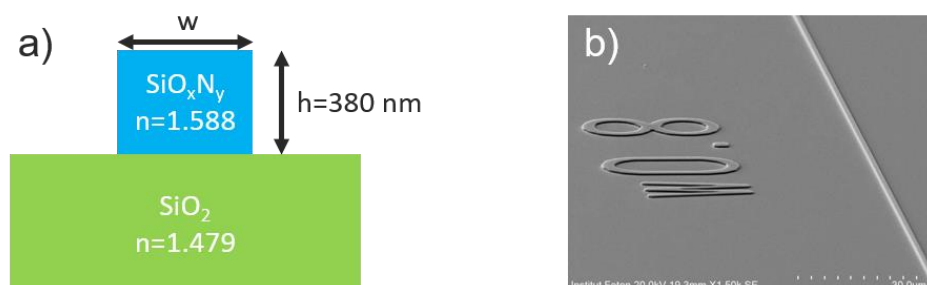


Figure 1. a) Structure des guides d'onde à base de SiON, b) Image au microscope électronique à balayage d'un guide d'onde droit de 380 × 800 nm² (hauteur × largeur).



JCOM 2022
FEMTO-ST-ENSMM
Besançon
13 juin 2022



Dans cet article, l'oxynitride de silicium est étudié en tant que candidat potentiel pour réaliser une plateforme dans le NUV-Bleu. En effet, de faibles pertes de propagation optique < 1 dB/cm ont été démontrées dans la gamme 250-500 nm [7]. Les dispositifs fabriqués en SiON sont intéressants en raison de leur compatibilité avec le silicium. De plus leurs structures de guides d'onde présentant un faible contraste d'indice diélectrique permettent d'envisager des dispositifs compacts impliquant des guides d'onde aux dimensions proches du micromètre (fig. 1) et autorisant une propagation monomode transverse.

Dans la communication proposée, le dépôt PECVD de couches minces de SiON sur des tranches de silicium oxydées thermiquement, ainsi que la structuration du SiON sous forme de guides d'onde droits (via des procédés de photolithographie standard et de gravure sèche) seront décrits. Les constantes optiques des couches minces de SiON déposées sont ensuite présentées et utilisées pour concevoir des guides d'onde droits monomodes. La fabrication de fibres à microlentilles [8] conçues pour fonctionner à 405 nm est ensuite décrite. Ces fibres à microlentilles ont été utilisées pour démontrer la propagation de la lumière à 405 nm dans des guides d'ondes conçus pour fonctionner en régime monomode. Ces résultats constituent un premier pas vers l'utilisation de structures de guides d'onde SiON dans le proche UV/Bleu.

Références :

- [1] G. Moody et al. "Roadmap on integrated quantum photonics", J. Phys. Photonics, 4, (1) 2022
- [2] I. Artundo, "Photonic Integration: New Applications Are Visible," Optik & Photonik, 12, (3), pp. 22–25, 2017.
- [3] D.Y. Oh, K.Y. Yang, C. Fredrick, G. Ycas, S. A. Diddams and K. J. Vahala, "Coherent ultraviolet to near-infrared generation in silica ridge waveguides" Nature communication 8, 13922, 2017
- [4] A. Raza, S. Clemmen, P. Wuytens, M. de Goede, A. S. K. Tong, N. Le Thomas, C. Liu, J. Suntivich, A. G. Skirtach, S. M. Garcia-Blanco, D. J. Blumenthal, J. S. Wilkinson, and R. Baets "High index contrast photonic platforms for on-chip Raman spectroscopy" Optics Express 27 (16), 2019
- [5] P. S. Donvalkar, A. Savchenkov, and A. Matsko, "Self-injection locked blue laser", Journal of Optics 20, 045801, 2018.
- [6] T. J. Morin, L. Chang, W. Jin, C. Li, Joel Guo, H. Park, M. A. Tran, T. Komljenovic, and J. E. Bowers, "CMOS-foundry-based blue and violet photonics," Optica 8, 755-756 (2021)
- [7] K. B. Mogensen, P. Friis, J. Hubner, N. Petersen, A. M. Jørgensen, P. Telleman and J. P. Kutter, "Ultraviolet transparent silicon oxynitride waveguides for biochemical microsystems" Optics Letters, 26 (10) 2001
- [8] M. Thual, G. Moreau, J. Ribette, P. Rochard, M. Gadonna, J.C. Simon, "Micro-lens on polarization maintaining fiber for coupling with 1,55 μ m quantum dot devices", Optics Communications 255 (2005) 278-285.