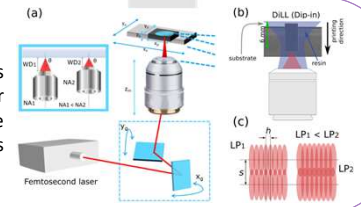


Victor Genin*, Jacob Puhalo-Smith, Kanhaya Sharma, Adrià Grabulosa and Daniel Brunner

Impression 3D par processus de polymérisation à deux photons (TPP)

La polymérisation à deux photons (TPP) est une technique de fabrication additive qui permet d'obtenir des tailles caractéristiques inférieures au micron dans des matériaux transparents. La TTP utilise des lasers femtosecondes pour exposer une résine photosensible et contrôler le degré de polymérisation du volume du voxel et donc son indice de réfraction local [1]. Cela permet d'accéder à chaque voxel dans le volume de fabrication et donc de fabriquer des guides d'ondes 3D complexes.



Flash-TPP

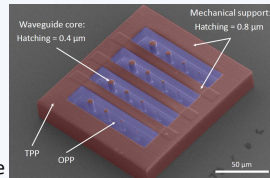
Polymérisation à un photon (OPP):

- Impression rapide

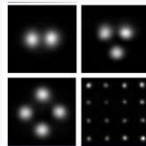
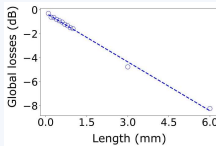
Polymérisation à deux photons (TPP):

- Impression lente
- Résolution élevée ~200nm

→ Flash-TPP = OPP + TPP, 10x plus rapide que TPP seul

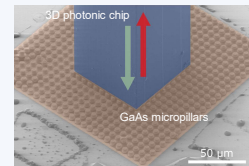


Dans le cas d'un séparateur 1 vers M sorties, on peut obtenir une propagation monomode avec une perte de couplage de 0.06dB dans le cas d'un séparateur 1 vers 2 sorties [2].

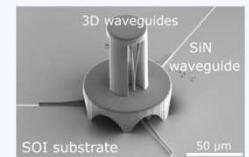


Compatibilité multi-substrats

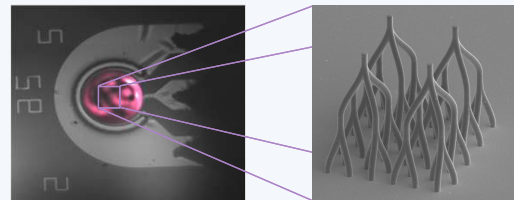
Impression d'un circuit photonique 3D sur un réseau de micro-piliers à boîtes quantiques [3]. Le substrat est dans ce cas composé d'arséniure de gallium (GaAs). Pertes de couplage: <1dB.



Impression de guide d'ondes optique 3D sur un substrat en silicium sur isolant (SOI). Couplage entre des guides d'ondes 2D en nitrure de silicium (SiN) et des guides d'ondes 3D à l'aide de coupleurs à réflexion totale interne.



Impression de guides d'ondes optiques 3D sur un réseau de diodes laser à cavité verticale émettant par la surface (VCSELs).



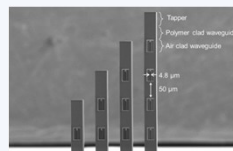
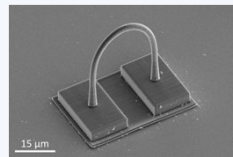
Intégration Photonique 3D avancée

Cas idéal de propagation dans un guide d'ondes:

- Fort confinement
- Contrôle précis des modes optiques

Les solutions offertes par l'impression 3D:

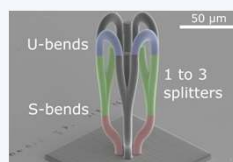
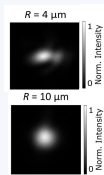
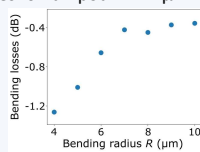
	Fort Confinement	Contrôle précis des modes optiques
Gaine d'air	✓	X
Gaine polymérique	X	✓



Intégration photonique → guide d'ondes à gaine d'air

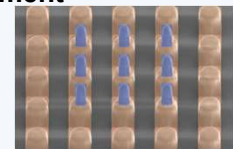
Manipulation des modes optiques → guide d'ondes à gaine polymérique

Pertes: 0.4dB pour R > 7μm



Précision d'alignement

Alignement et impression avec une tolérance de +/-1μm sur des boîtes quantiques (quantum dots) [3].



Conclusion et perspectives

Les composants photoniques combinés à nos architectures 3D peuvent démontrer avec succès des topologies 3D complexes et denses pour une interconnexion optique à grande échelle, hautement connectée et convolutive. La possibilité d'imprimer ce type d'architectures sur différents types de substrats ainsi que la possibilité de manipuler précisément les propriétés optiques au sein de nos guides d'ondes permet la réalisation de systèmes optiques ou électro-optiques afin d'accomplir des tâches complexes. LightSpring, une future startup deeptech basée à Besançon utilisera les technologies d'impression 3D présentées ici dans le but de s'attaquer aux limitations actuelles dans les applications de packaging photonique.

Références

- [1] Žukauskas, A. et al. Tuning the refractive index in 3D direct laser writing lithography: Towards GRIN microoptics. Laser Photonics Rev. 9, 706–712 (2015).
- [2] A. Grabulosa, X. Porte, E. Jung, J. Moughames, M. Kadic, and D. Brunner, "(3+ 1) D printed adiabatic 1-to-M broadband couplers and fractal splitter networks," Opt Express, vol. 31, no. 12, pp. 20256–20264, 2023.
- [3] A. Grabulosa, J. Moughames, X. Porte, M. Kadic, and D. Brunner, "Additive 3D photonic integration that is CMOS compatible," Nanotechnology, vol. 34, no. 32, p. 322002, 2023.

Contacts

*victor.genin@femto-st.fr