



HAL
open science

Filtrage des modes de polarisation de la lumière dans des guides d'onde ridges passifs en silicium poreux

Fabien Cassio, Luiz Poffo, Nathalie Lorrain, Parastesh Pirasteh, Jonathan Lemaitre, Mohammed Guendouz

► **To cite this version:**

Fabien Cassio, Luiz Poffo, Nathalie Lorrain, Parastesh Pirasteh, Jonathan Lemaitre, et al.. Filtrage des modes de polarisation de la lumière dans des guides d'onde ridges passifs en silicium poreux. Journées Nationales d'Optique Guidée 2021, Jul 2021, Dijon, France. hal-04475337

HAL Id: hal-04475337

<https://hal.science/hal-04475337>

Submitted on 23 Feb 2024

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.

FILTRAGE DES MODES DE POLARISATION DE LA LUMIERE DANS DES GUIDES D'ONDE RIDGES PASSIFS EN SILICIUM POREUX

Fabien Cassio, Luiz Poffo, Nathalie Lorrain, Parastesh Pirasteh, Jonathan Lemaitre et Mohammed Guendouz

UMR FOTON, CNRS, Université de Rennes 1, Enssat, F22305, Lannion, France

prenom.nom@univ-rennes1.fr

RÉSUMÉ

Le silicium poreux est un matériau nanostructuré utilisé en optique intégrée. Nous montrons l'impact de ses caractéristiques (morphologie et structuration) sur la polarisation dans le domaine spectral du proche infra-rouge. Nous mettons en évidence un filtrage des modes de polarisation pour différentes longueurs de guides d'onde en silicium poreux.

MOTS-CLEFS : *silicium poreux ; optique intégrée ; polarisation ; filtrage.*

1. INTRODUCTION

Le silicium poreux (SiP) est un matériau structuré dont le procédé de fabrication [1] permet de contrôler la porosité (et donc l'indice de réfraction), la taille des pores et l'épaisseur des couches poreuses [2-4]. Peu d'études traitent de l'impact de la structuration du SiP sur la polarisation de la lumière. Des pertes optiques plus faibles pour les modes transverses magnétiques (TM) que pour les modes transverses électriques (TE) ont été mesurées dans des guides d'onde planaires multimodes en SiP qui pourraient être liées à la morphologie du SiP [5]. Une autre étude concernant des guides d'onde actifs a permis de mettre en évidence que les modes de polarisation (TE et TM) influent sur le guidage de la lumière [6]. Une corrélation entre la photoluminescence visible et le degré de polarisation a été déterminée dans des structures optiques SiP excitées par une lumière polarisée, mais indépendamment de la morphologie [7, 8]. Dans cet article, nous présentons l'effet de la polarisation du signal d'entrée sur la propagation de la lumière dans des guides d'onde ridges passifs en SiP.

2. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Les guides d'onde ridges en SiP, représentés en Fig. 1(a), ont été fabriqués par un procédé de photolithographie standard à partir de quatre couches consécutives de SiP, préparées par anodisation électrochimique, à une température ambiante maintenue à 18 °C. Le substrat de silicium utilisé est fortement dopé de type P, avec une orientation cristalline (100) et une résistivité de 5 mΩ.cm. Dans ces conditions, une morphologie mésoporeuse colonnaire est obtenue [9].

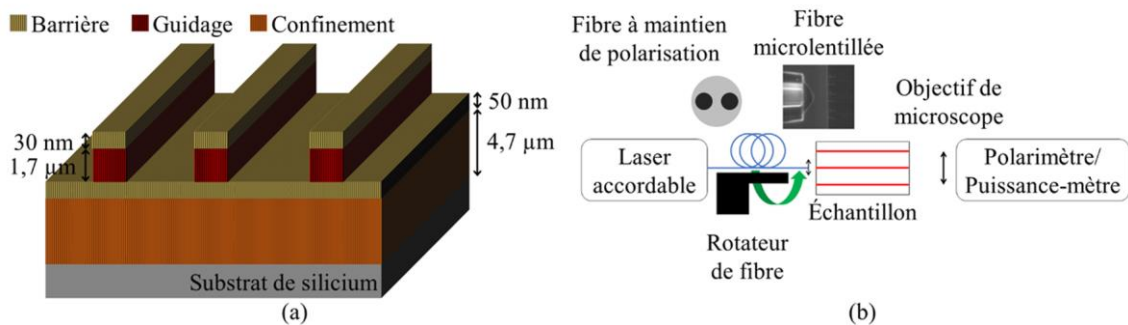


Fig. 1 : Représentation schématique de guides d'onde ridges en SiP (a) et banc optique utilisé pour la caractérisation optique en fonction de la polarisation d'entrée.

Deux fines couches (appelées couches barrières) à faible porosité ont été nécessaires pour le procédé de photolithographie afin d'empêcher l'infiltration de la résine à l'intérieur des couches de guidage et de confinement. Les porosités des couches de guidage et de confinement ont été choisies pour obtenir des indices de réfraction respectivement de 1,57 et 1,41.

L'étalonnage de la polarisation a été effectué à l'aide du banc optique présenté sur la Fig. 1(b). Le signal optique d'entrée provenant d'une source laser accordable et à large bande de 1400 à 1625 nm (Yenista Tunics T100S-HP) est injecté dans l'échantillon de SiP à l'aide d'une fibre à maintien de polarisation microlentillée. La polarisation d'entrée est réglée à l'aide d'un rotateur de fibre monté sur un banc de micro-alignement qui permet d'injecter dans un guide d'onde ridge en SiP soit le mode TE, soit le mode TM, soit une distribution égale ou non des deux polarisations. La modification de la polarisation induite par la microlentille est considérée comme négligeable [10]. Le signal optique de sortie est focalisé vers un polarimètre, servant également de puissance-mètre, grâce à un objectif de microscope.

3. RESULTATS

La Fig. 2 présente la puissance en sortie pour différentes longueurs de guides d'onde ridges en SiP pour trois configurations de polarisation d'entrée différentes : linéaire verticale (TM), linéaire à 45° (50 % TM/50 % TE) et linéaire horizontale (TE). La longueur des guides d'onde a été réduite par clivage et les tranches des échantillons ont été polies afin d'optimiser le couplage en entrée et en sortie du guide. Nous pouvons remarquer la présence de deux zones distinctes, notées A et B sur la figure. En exploitant les courbes de tendance des trois configurations dans la zone A, les pertes de propagation sont de l'ordre de 18 dB/cm pour les polarisations linéaires verticale TM et à 45° (50 % TM/50 % TE). Pour la polarisation linéaire horizontale (TE) la puissance détectée en sortie correspond au bruit du détecteur, autrement dit, aucun signal n'est détecté. L'atténuation de 3 dB entre les ordonnées à l'origine des deux premières configurations illustre l'extinction complète de la composante horizontale de la polarisation (mode TE). Dans la zone B, en deçà d'une longueur de 2,3 mm, propre aux conditions de l'expérience, la composante horizontale de la polarisation (mode TE) n'est pas totalement atténuée.

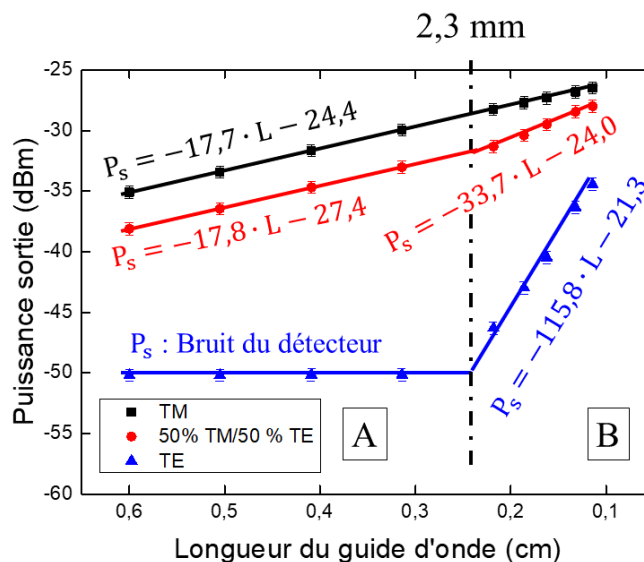


Fig. 2 : Évolution de la puissance de sortie pour différentes longueurs de guides pour les trois configurations étudiées : TM, 50 % TM/50 % TE et TE.

L'exploitation des courbes de tendance dans la zone B ont permis d'estimer des pertes de propagation de l'ordre de 18 dB/cm, 34 dB/cm et 116 dB/cm pour les polarisations linéaires verticale (TM), à 45° (50 % TM/50 % TE) et horizontale (TE) respectivement. Ces résultats montrent une atténuation 6,5 fois supérieure du mode TE par rapport au mode TM.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté la caractérisation optique de guides d'onde ridges en SiP. Les couches de SiP ont été réalisées par anodisation électrochimique à partir d'un substrat de silicium fortement dopé de type P orienté (100), donnant une morphologie mésoporeuse colonnaire des pores. Nous avons mis en évidence un filtrage de 116 dB/cm de la polarisation TE du signal d'entrée que nous avons attribué à la morphologie du SiP. Ce phénomène pourrait trouver un intérêt dans les dispositifs d'optique intégrée pour réduire les pertes de propagation dues à un mauvais contrôle de la polarisation. Il serait par conséquent nécessaire d'injecter un signal optique contrôlé en polarisation dans la couche de guidage du SiP, afin de réduire les pertes optiques déjà élevées dans ce matériau qui sont inhérentes à sa nature poreuse.

Remerciements : Ces travaux de thèse sont financés par la région Bretagne et Lannion Trégor Communauté. Les travaux de fabrication et de caractérisation des guides d'onde ridges ont été réalisés au sein de la plateforme technologique, le CCLO, de l'institut Foton.

REFERENCES

- [1] X. G. Zhang, S. D. Collins and R. L. Smith, "Porous Silicon Formation and Electropolishing of Silicon by Anodic Polarization in HF Solution", *J. Electrochem. Soc.* 136, 1561-1565 (1989). <https://doi.org/10.1149/1.2096961>
- [2] A. Jane, R. Dronov, A. Hodges and N. H. Voelcker, "Porous silicon biosensors on the advance", *Trends in Biotechnol.* 27, 230-239 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.12.004>
- [3] S. Arshavsky-Graham, N. Massad-Ivanir, E. Segal and S. Weiss, "Porous silicon-based photonic biosensors: current status and emerging applications", *Anal. Chem.* 91, 441-467 (2018). <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b05028>
- [4] L. De Stefano, "Porous silicon optical biosensors: still a promise or a failure?", *Sensors* 19, 4776-4784 (2019). <https://doi.org/10.3390/s19214776>
- [5] J. Charrier, Y. Dumeige, P. Pirasteh and M. Gadonna, "Effect of interface roughness and polarization on the optical losses of porous silicon-based waveguides", *Micro. Nano. Lett.* 7, 275-278 (2012). <https://doi.org/10.1049/mnl.2012.0027>
- [6] S. Escobar, R. Nava, E. Flores-Romero and J.A. Reyes-Esqueda, "Light polarization in active photonic waveguides of porous silicon", *Photonic. Nanostruct.* 31, 44-51 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.photonics.2018.05.009>
- [7] A. V. Andrianov, D. I. Kovalev, N. N. Zinov'ev and I. D. Yaroshetskii, "Anomalous photoluminescence polarization of porous silicon", *JETP Lett.* 58, 427-430 (1993). [1993JETPL..58..427A](https://doi.org/10.1007/978-0-387-31701-4_2)
- [8] H. Koyama and N. Koshida, "Polarization retention in the visible photoluminescence of porous silicon", *Phys. Rev. B* 52, 2649-2655 (1995). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.52.2649>
- [9] G. X. Zhang, "Porous silicon: morphology and formation mechanisms", *Mod. Aspect. of Electroc.* 39, 65-133 (2005). https://doi.org/10.1007/978-0-387-31701-4_2
- [10] M. Thual, G. Moreau, J. Ribette, P. Rochard, M. Gadonna and J.C. Simon, "Micro-lens on polarization maintaining fibre for coupling with 1.55 μm quantum dot devices", *Opt. Commun.* 255, 278 (2005). <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2005.06.040>