

Gain ≥ 30 dB en Bande O dans des Fibres Optiques Dopées Bismuth

Serge DEDEYAN¹, Sarah GARZANDAT¹, Monika BOUET¹, Andy CASSEZ¹, Hicham EL HAMZAOU¹, Achille MONTEVILLE², Sébastien CLAUDOT², Laurent BIGOT¹

¹ Univ. Lille, CNRS, UMR 8523 - PhLAM - Physique des Lasers Atomes et Molécules, F-59000
Lille, France

² Photonics Bretagne, 4 rue Louis de Broglie, Lannion, France

serge.dedeyan@univ-lille.fr

RESUME

Ce travail présente les résultats de fabrication et de mise en œuvre de fibres optiques dopées Bismuth permettant de réaliser des amplificateurs optiques opérant autour de 1350 nm. Les propriétés d'absorption, d'émission et d'amplification sont présentées pour des fibres issues d'approches différentes pour réaliser le dopage en Bismuth.

MOTS-CLEFS : *amplificateur optique ; fibres dopées Bismuth ; télécommunications*

1. INTRODUCTION

Diverses solutions technologiques sont aujourd'hui à l'étude afin de concevoir les futurs réseaux optiques fibrés qui seront capables de faire face à l'augmentation continue des besoins en capacité [1]. L'adoption du multiplexage spatial (SDM), basé sur des fibres légèrement multimodes ou multicœurs, est une piste de travail particulièrement scrutées. Cependant, cette approche nécessite la mise en place d'une toute nouvelle infrastructure de fibre ce qui est coûteux et nécessite du temps. Une solution plus simple consiste à augmenter la capacité du réseau en étendant le multiplexage spectral (WDM) à l'ensemble de la bande passante des fibres monomodes les plus récentes (SMF type G.652.D) dont les pertes sont inférieures à 0,35 dB/km entre 1300 et 1700 nm. Aujourd'hui, seule une petite fraction de cette fenêtre est utilisée, en l'occurrence les bandes C (1530-1565 nm) et L (1565-1625 nm). Cette fraction correspond à la bande passante des amplificateurs à fibre dopée Erbium (EDFA), incontournables aujourd'hui pour amplifier les signaux optiques en différents points du réseau. Toutefois, sur la plage 1260-1530 nm, aucune solution équivalente à base d'ions de terre-rare n'est exploitable dans les fibres à base de silice.

En 1999, une large fluorescence a été rapportée pour un verre de silice dopé Bismuth, rapidement suivie par la démonstration d'une amplification optique puis de systèmes lasers fibrés opérant de 1150 nm à 1300 nm [2, 3]. Depuis lors, les résultats sur les amplificateurs à fibre dopée Bismuth (BiDFA) se sont accumulés. Il en ressort que la position de la bande de gain est ajustable selon que la matrice de silice est co-dopée avec de l'aluminium, du phosphore, du germanium. Cette propriété permet de créer des amplificateurs optiques dans les bandes actuellement inutilisées (bande O, E et S entre 1260 et 1530 nm, ou bande U entre 1625 et 1675 nm). Malgré le grand nombre de travaux sur le sujet, le centre actif lié au Bismuth reste, à ce jour, méconnu. Dès lors, l'optimisation des performances d'un BiDFA est complexe car le choix des paramètres de fabrication adaptés au centre actif souhaité reste empirique. Différentes études montrent ainsi qu'il existe plusieurs centres actifs et inactifs en compétition dont les proportions dépendent de la composition du verre hôte, des conditions de fabrication de la préforme (procédé, atmosphère de travail, température) ou encore des conditions de fibrage [4].

2. FABRICATION DES FIBRES PAR DOPAGE EN PHASE VAPEUR ET DOPAGE EN SOLUTION

Dans ce travail, nous démontrons une amplification optique en bande O de fibres dopées Bismuth développées dans le cadre du projet SIMBADE. Nous nous intéresserons ici à deux fibres

phosphosilicates dopées Bismuth (notées SiPBi-V et SiPBi-S) issues de préformes fabriquées par la technique de dépôt chimique en phase vapeur modifiée (MCVD). Il s'agit d'un procédé consistant à déposer successivement de fines couches de verre sur la paroi intérieure d'un tube substrat mis en rotation sur un tour verrier. Les couches de verre sont obtenues par oxydation de précurseurs gazeux introduits dans le tube en présence d'oxygène. La nature et la concentration des précurseurs utilisés permet d'ajuster la composition des couches et donc le profil d'indice de la future fibre. Un chalumeau mobile se déplaçant dans le même sens que le flux gazeux permet, en chauffant le tube par l'extérieur, d'atteindre la température nécessaire à la réaction d'oxydation. Dans le cas de la fibre SiPBi-V, le Bismuth est introduit en phase vapeur simultanément avec les précurseurs des oxydes de silice et de phosphore. Une fois les couches déposées, le tube est refermé sur lui-même pour constituer un barreau de verre – la préforme – dont le cœur dopé Bismuth constitue la partie centrale. Dans le cas de la fibre SiPBi-S, le Bismuth est introduit par la technique de dopage en solution qui consiste à imprégner, avec une solution contenant des sels de Bismuth, une couche de verre maintenue poreuse. Après séchage et déshydratation, la couche imprégnée peut être densifiée et le tube collapsé comme pour la première méthode.

	SiPBi-V	SiPBi-S
Composition	SiO ₂ -P ₂ O ₅ :Bi	SiO ₂ -P ₂ O ₅ :Bi
Diamètre de mode @ 1300 nm (μm)	11,2	9,2
Absorption @ 1250 nm (dB/m)	≈ 0,68	≈ 0,80
Atténuation @ 1550 nm (dB/km)	≈ 30	≈ 60

Tableau 1 : Spécifications des fibres étudiées.

Dans les deux cas, les préformes obtenues sont manchonnées dans un tube de silice avant d'être étirées en fibre sur une tour de fibrage, éventuellement après un premier étirage. Les spécifications des deux fibres sont rapportées dans le tableau ci-dessus.

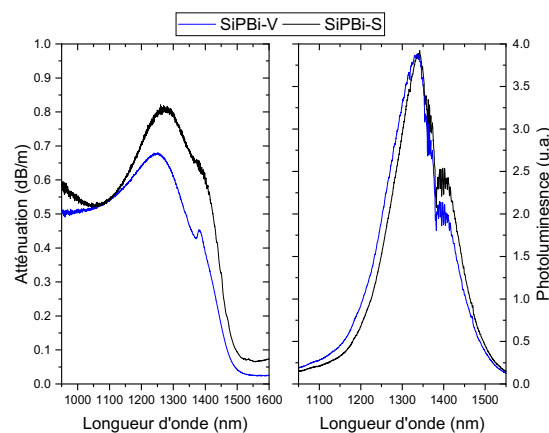


Figure 1 : Courbes d'atténuation (à gauche) et de photoluminescence (à droite) des fibres dopées Bismuth SiPBi-S (dopage en solution) et SiPBi-V (dopage en phase vapeur).

Le choix d'un verre phosphosilicate est lié au fait que, pour cette matrice, les centres actifs présentent des bandes d'absorption et de photoluminescences larges s'étendant environ de 1100 nm à 1500 nm, propices à une amplification en bande O et E. C'est ce qui est observé pour les deux fibres réalisées, comme le montre la Fig. 1. Les spectres de photoluminescence présentés (bruts, non corrigés) ont été obtenus sous excitation à 808 nm. On note des formes globalement similaires avec toutefois une absorption et des pertes de fond un peu plus élevées pour la fibre SiPBi-S. On observe aussi un léger décalage des bandes d'absorption et d'émission vers les grandes longueurs d'onde pour cette fibre. Le pic d'absorption à 1383 nm observé pour la fibre SiPBi-V est attribué aux groupements hydroxyles. Dans les deux cas, la bande d'absorption semble constituée de 2 sous-bandes centrées approximativement autour de 1280 nm et 1380 nm et communément associées à deux types de centres actifs [5].

3. CARACTERISATION DU GAIN EN BANDE O

Les deux fibres ont été évaluées avec le même dispositif expérimental schématisé sur la Fig. 2. Une configuration d'amplification en double passage a été adoptée grâce à deux circulateurs optiques placés de part et d'autre de la fibre sous test.

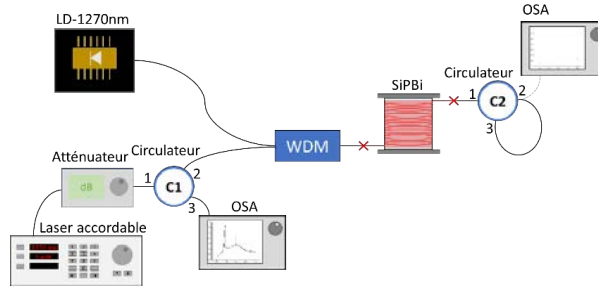


Figure 2 : Schéma du dispositif expérimental utilisé pour la caractérisation du gain.

L'objectif était d'évaluer le gain à 1350 nm en régime de petit signal (puissance d'entrée de l'ordre inférieure à -20 dBm). Les deux fibres ont été pompées à 1270 nm avec une puissance de pompe injectée de l'ordre de 350 mW. Un gain de 30 dB et 35,3 dB est mesuré respectivement pour la fibre SiPBi-S et la fibre SiPBi-V (voir Fig. 3).

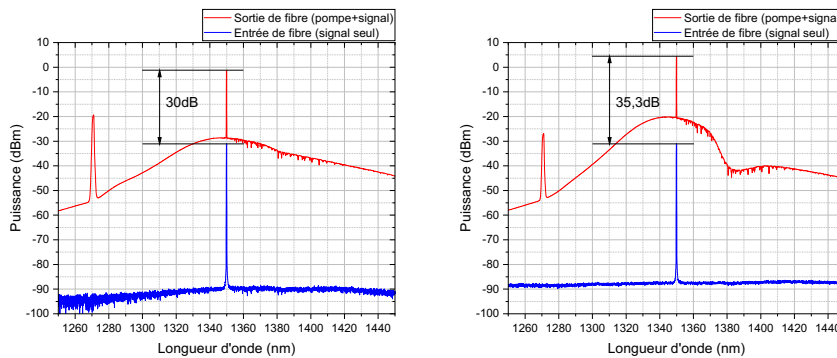


Figure 3 : Spectres en entrée/sortie de fibre amplificatrice mesurés pour la fibre SiPBi-S (à gauche) et la fibre SiPBi-V (à droite).

Les longueurs de fibres utilisées étaient de 100 m pour la fibre SiPBi-S et 167 m pour la fibre SiPBi-V. La différence de longueur optimale est attribuée à des pertes de fond plus élevées pour la fibre SiPBi-S. Dans le cas de la fibre SiPBi-V, la chute de gain autour de 1380 nm est attribuée à l'absorption par les groupements hydroxyyles.

CONCLUSION

Des fibres dopées Bismuth fabriquées par deux méthodes de dopage différentes ont été caractérisées et testées en régime d'amplification petit signal. Des valeurs de gain d'au moins 30 dB à 1350 nm ont été mesurées confirmant l'intérêt de telles fibres pour des applications en bande O. Des travaux sont en cours pour optimiser les fibres et leur mise en œuvre.

RÉFÉRENCES

- [1] Winzer P. et al., Opt. Express 26(18) 2018
- [2] Fujimoto Y. et Nakatsuka M., Appl. Phys. Lett. 82 2006
- [3] Dianov E. et al., Quantum Electron. 35 2005
- [4] Firstov S. et al., Photonics Technology Letters, 32(15) 2020
- [5] Dianov E., Light Sci Appl 1(e12) 2012