



HAL
open science

Déport de 23,3 W de puissance moyenne à 343 nm par fibre microstructurée à coeur creux à géométrie tubulaire

Johan Boulet, Frédéric Gérôme, Florian Leroi, Arnaud Guillosoou, Julien Didierjean, Fetah Benabid, Julien Saby

► To cite this version:

Johan Boulet, Frédéric Gérôme, Florian Leroi, Arnaud Guillosoou, Julien Didierjean, et al.. Déport de 23,3 W de puissance moyenne à 343 nm par fibre microstructurée à coeur creux à géométrie tubulaire. Optique Nice, Jul 2022, Nice, France. Papier 02-B5. hal-03797596

HAL Id: hal-03797596

<https://hal.science/hal-03797596v1>

Submitted on 4 Oct 2022

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.

Déport de 23,3 W de puissance moyenne à 343 nm par fibre microstructurée à cœur creux à géométrie tubulaire

Johan Boulet^{*1}, Frédéric Gérôme^{2,3}, Florian Leroi¹, Arnaud Guillosoy⁴, Julien Didierjean⁴, Fetah Benabid^{2,3}, Julien Saby⁴

¹ ALPhANOV, Institut d'Optique d'Aquitaine, Rue François Mitterrand, 33400 Talence, FRANCE;

²GPPMM Group, XLIM Institute, CNRS UMR 7252, University of Limoges, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges Cedex, FRANCE

³GLOphotonics, Faculté des Sciences et Techniques, Bâtiment L, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges Cedex, FRANCE

⁴BLOOM Lasers, Cité de la Photonique, Bâtiment Electre, 11 Avenue de Canteranne, 33600 Pessac FRANCE.

johan.boulet@alphanov.com

RESUME

Les fibres optiques tout silice constituent de formidables outils industriels pour le déport de faisceaux laser à haute puissance dans le proche infrarouge et le visible, mais souffrent d'une forte absorption et de la photo-ionisation de la matrice les rendant opaques dans la gamme spectrale UV. Les fibres anti-résonnantes à cœur creux à courbure négative à géométrie tubulaire par exemple représentent des alternatives prometteuses à l'approche tout-silice, le rayonnement UV présentant un faible chevauchement avec la microstructure guidante. Cependant jusqu'à ce jour, la montée en puissance de cette solution technologique a été limitée à quelques centaines de milliwatts en régimes nano et femtosecondes, les pertes linéiques augmentant exponentiellement avec la fréquence de l'onde lumineuse transmises. Nous rapportons dans cette contribution un saut technologique majeure de cette technologie, avec un déport monomode record de 23,3 W (155 μ J) avec une transmission de 89,1 % à partir d'une source laser émettant à 343 nm, 10 ns, 150 kHz.

MOTS-CLEFS : *laser UV, fibre micro-structurée air silice, fibre à cœur creux*

1. INTRODUCTION

Le déport par fibres de hautes puissances moyennes et de hautes énergies est un enjeu crucial pour l'industrie laser, car a contrario du déport laser en espace libre, il permet une livraison directe du faisceau laser sur la zone de traitement. La maintenance et l'opérabilité du système industriel intégrant ces lasers UV (automobile, display, industrie du verre) sont facilitées par l'approche fibré et est donc fortement apprécié dans ces secteurs en forte croissance.

Si les fibres de silice sont très bien adaptées au déport de très fortes puissances moyennes (plusieurs kilowatts) dans l'infrarouge, elles souffrent d'une absorption élevée dans la région UV où elles sont rapidement sujettes à la formation de centres colorées liées à la photo-ionisation de la matrice, nécessitant un traitement de résistance par solarisation¹

Les fibres à cœur creux sont d'excellentes candidates pour s'exempter de ces limitations en puissance, l'onde UV se propageant dans un mode de propagation à très faible recouvrement avec la microstructure de guidage, avec des valeurs allant pouvant descendre en deçà de 0,01 %, par exemple grâce à l'utilisation de fibres anti-résonnantes à courbure négative².

es fibres délivrent le faisceau UV avec de très faibles pertes de l'ordre de quelques dixièmes de dB/m³⁻⁴. Cependant, les puissances délivrées dans le spectre UV par ce type de fibres microstructurées est resté jusqu'à aujourd'hui très limitées : en régime picoseconde, 106 mW et 20 ps à la longueur d'onde 355 nm avec une efficacité de couplage de 66 % sur 1 m de fibre sont reportées dans³. En régime nanoseconde, des impulsions de 13,75 mW 17 ns et 266 nm avec une transmission de 40 % sur 2 m de fibre ont été reportées dans⁴. Enfin en régime femtoseconde, des impulsions d'environ 180 mW, 350 fs à 343 nm avec une transmission d'environ 52 % sur une fibre de 5 m de longueur ont été reportées dans⁵. Ainsi et quelque soit le régime, la barre des 200 mW n'a jamais été franchie. Dans cette contribution nous rapportons un changement d'échelle de cette technologie : nous sommes parvenus à déporter une puissance moyenne record de 23,3 W (155 μJ) avec une transmission de 89,1 % (y compris la perte de couplage) à travers une fibre anti-résonnante à cœur creux à partir d'une source laser de 343 nm, 10 ns, 150 kHz développée par la société BLOOM laser.

2. SETUP EXPERIMENTAL ET RESULTATS

La source laser Flex-UV utilisée dans ces expériences a été développée par la société BLOOM Lasers et délivre un train d'impulsions UV de 10 nanosecondes à la cadence de 150 kHz monomode à la longueur d'onde 343 nm ($M^2 = 1,04$).

Deux lentilles plano-convexes standard en silice fondue de 300 mm et 100 mm de longueur focale permettent d'atteindre au waist de cette seconde lentille un diamètre de champ de mode de 19 μm correspondant à celui du mode LP₀₁ de la fibre tubulaire fabriquée par la société GLOPHONICS. Le setup du montage est donné à la figure 1, les dimensions de la fibre tubulaire à cœur creux à la figure 2.

Pour cette preuve de concept à très haute puissance UV, la longueur de fibre à cœur creux de transport est de 2 mètres.

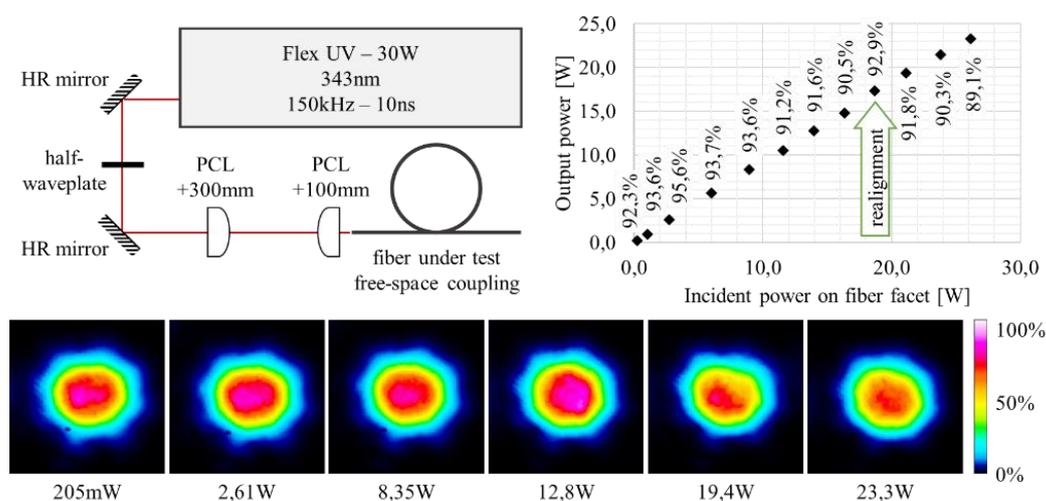


Figure 1 : En haut à gauche : Setup de démonstration de déport de très forte puissance moyenne dans la fenêtre spectrale UV par fibre à cœur creux tubulaire. En haut à droite, puissance en sortie de la fibre hollow core en fonction de la puissance d'entrée à 343 nm. En bas : champ proche en sortie de fibre à cœur creux tubulaire en fonction de la puissance de sortie.

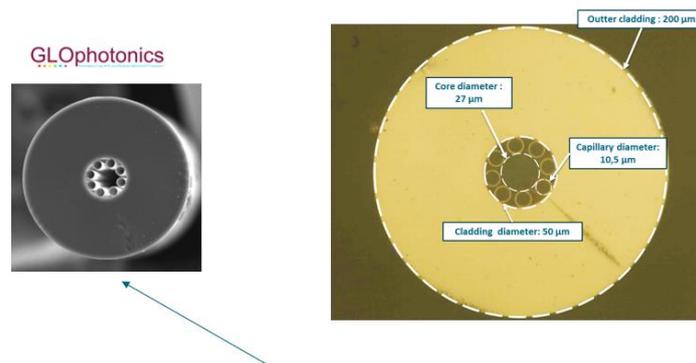


Figure 2 : à gauche, photographie MEB de la fibre tubulaire GLOPHOTONICS optimisée pour le dépôt UV, à droite son dimensionnement transverse en microscopie optique.

La montée en puissance en sortie de fibre est également présentée sur la Fig. 1. Un dépôt de plus de 23,3 W est démontrée avec une efficacité de couplage et de transmission de 90,0 %, (un maximum de couplage de 96% étant notamment atteint 5,63 W).

Chaque mesure de puissance présentée figure 1 a duré quelques minutes et la mesure finale de 23,3 a duré environ 1 heure. Aucun endommagement de la fibre ni dégradation de la qualité du mode n'a été observé sur cette échelle de temps.

CONCLUSION

L'utilisation d'une fibre hollow core de dernière génération couplée à un laser de très bonne qualité spatiale émettant à la longueur d'onde 343 nm nous a permis de guider sur deux mètres de fibre à cœur creux 23,3 W de puissance moyenne dans l'UV, augmentant de deux ordres de grandeur l'état de l'art (200 mW) jusqu'à cette communication. Cette nouvelle solution de dépôt fibré UV ouvre un champ d'applications nouveaux pour l'usinage 3D laser UV.

REFERENCES

-
- ¹Marciniak, C. D., Ball, H. B., Hung, A. T.-H., and Biercuk, M. J., "Towards fully commercial, UV-compatible fiber patch cords," *Opt. Express* 25, 15643-15661 (2017).
 - ²Gao, S.-F., Wang, Y.-Y., Ding, W., and Wang, P., "Hollow-core negative-curvature fiber for UV guidance," *Opt. Lett.* 43, 1347-1350 (2018).
 - ³Yu, F., Cann, M., Brunton, A., Wadsworth, W., and Knight, J., "Single-mode solarization-free hollow-core fiber for ultraviolet pulse delivery," *Opt. Express* 26, 10879-10887 (2018).
 - ⁴Papior, S. R., et al., "Photonic crystal fiber technology for high-performance all-fiber monolithic ultrafast fiber amplifiers," *Proc. SPIE 10512, Fiber Lasers XV: Technology and Systems*, 1051212 (26 February 2018).
 - ⁵R. S., Murphy, T., Maack, M. D., "Visible and UV femtosecond pulse light delivery in anti-resonant hollow core fibers," Paper 11260-47, 1 February 2020 1:40 PM TO 3:40 PM | Part of SPIE. Photonics West 2020.