Laser à fibre double gaine dopé Er:Yb: Etude de l'accordabilité en longueur d'onde sur une plage de 75 nm en régime multi-impulsionnel

Georges Semaan, Yichang Meng, Mohamed Salhi, Alioune Niang, Khmaies Guesmi, François Sanchez

▶ **To cite this version:**

Georges Semaan, Yichang Meng, Mohamed Salhi, Alioune Niang, Khmaies Guesmi, et al.. Laser à fibre double gaine dopé Er:Yb: Etude de l'accordabilité en longueur d'onde sur une plage de 75 nm en régime multi-impulsionnel. Optique Bretagne 2015, Jul 2015, Rennes, France. hal-02572699

HAL Id: hal-02572699

https://univ-angers.hal.science/hal-02572699

Submitted on 13 May 2020

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.

Laser à fibre double gaine dopée Er:Yb : Etude de l'accordabilité en longueur d'onde sur une plage de 75nm en régime multi-impulsionnel

Georges Semaan[1], Yichang Meng[2], Mohamed Salhi[1], Alioune Niang[1], Khmaies Guesmi[1,3], François Sanchez[1]

[1]Laboratoire de Photonique d'Angers E. A. 4464, Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier, 49045 Angers, France
[2]Faculté des Sciences, Université de Sciences et Technologie de Hebei, 050018 Shijiazhuang, Chine
[3]Laboratoire Systèmes Electroniques et Réseaux de Communications (SERCOM), Ecole Polytechnique de Tunisie, EPT, B.P. 743, 2078, Université de Carthage, Tunis, Tunisie

francois.sanchez@univ-angers.fr

Résumé

Dans cette communication, nous présentons un laser à fibre double gaine dopée Er:Yb, dans une configuration en anneau où la rotation non-linéaire de polarisation (RNLP) agit comme un filtre spectral accordable en longueur d'onde. En ajustant les pertes linéaires intra-cavité et les contrôleurs de polarisation (PC1 et PC2), la longueur d'onde centrale est accordable en continu de 1545nm à 1620nm. Nous avons ainsi démontré un effet laser impulsionnel accordable sur une plage de 75nm.

Mots-clefs : *laser à fibre, RNLP, filtre spectral, accordable*

1.Introduction

Les lasers à fibre à longueur d'onde accordable en verrouillage de modes sont des sources prometteuses dans plusieurs domaines comme la spectroscopie, la mesure, les communications optiques etc... . En général, un filtre passe-bande accordable est utilisé dans une cavité pour obtenir un verrouillage de modes de longueur d'onde centrale différente. Cependant, la bande passante et la plage d'accord restreintes du filtre limitent la largeur de l'impulsion et la bande d'accord des lasers à fibre verrouillés en phase. Avec des filtres passe-bande accordables, des plages d'accord de 40nm autour de 1518nm à 1558nm et de 34nm autour de 1525nm à 1559nm ont été rapportées[1]. Afin de ne pas être limité par le filtre passe-bande accordable, un filtre Mach-Zehnder accordable a été utilisé dans un laser à fibre verrouillé en phase montant une accordabilité de 15nm autour de 1551nm à 1570nm. Mis à part le filtre réel, la cavité du laser possède toujours un effet de filtrage. En effet, il a été démontré qu'un filtre biréfringent artificiel intrinsèque existe dans les lasers à fibre en anneau verrouillés en phase [2]. Le filtre biréfringent artificiel peut être mis à profit pour réduire la bande passante effective du gain ou pour changer la longueur d'onde centrale dans les lasers à fibre dopée Ytterbium ou dans celle dopée Erbium. En utilisant ce filtre biréfringent artificiel, une plage d'accord de 30nm autour de 1570nm à 1600nm a été obtenue dans les lasers à fibre dopée Erbium. Toutefois, les performances obtenues du filtre biréfringent sont inférieures à la plage d'accord attendue. Ceci est la conséquence du profil de gain dans le milieu laser.

Dans les lasers à fibre, le profil du gain du milieu laser n'est pas statique et peut être influencé par la variation des paramètres de la cavité. En effet, la valeur de l'inversion de population au seuil de l'émission laser est directement liée à la longueur d'onde de fonctionnement du laser à fibre dopée Erbium : une moindre inversion de population introduit un meilleur gain autour des grandes longueurs d'ondes alors qu'une forte inversion de population assure un meilleur gain autour

des courtes longueurs d'ondes. Les pertes linéaires de la cavité, la concentration du dopant ou même la longueur de la fibre dopée Erbium (EDF) peuvent influencer le seuil de l'inversion de population. En pratique, le contrôle des pertes linéaires de la cavité s'avère être le moyen le plus simple pour agir sur l'inversion de population et ainsi obtenir une accordabilité en longueur d'onde. Des lasers à fibre accordable en régime continu , basés sur le contrôle des pertes ont été rapportés [3]. Par ailleurs, un laser à fibre à verrouillage de modes actif ayant une plage d'accord de 40nm autour de 1565,1nm à 1605,3 nm a été obtenu en diminuant le rapport de couplage de sortie de 95% à 5% [4]. Étant donné que le filtre biréfringent artificiel et les pertes de la cavité agissent sur l'accordabilité, le résultat d'une utilisation simultanée des deux mécanismes est inconnu à l'heure actuelle. Dans cette communication, nous procédons à la combinaison des deux effets dans un laser à fibre double gaine co-dopé Er:Yb, et nous présentons un laser à fibre verrouillé en phase accordable en agissant à la fois sur les contrôleurs de polarisation et un atténuateur dans la cavité [5].

2.Résultats expérimentaux

Le dispositif expérimental est représenté sur la Fig 1. Il comprend une cavité unidirectionnelle (UR) où la rotation non-linéaire de polarisation permet de réaliser le verrouillage des modes. L'utilisation du coupleur de sortie 5 % permet l'extraction de la puissance de la cavité. Ce choix de taux de couplage représente un bon compromis pour réduire les pertes intra-cavité. La cavité contient un atténuateur pour modifier continuellement les pertes linéaires et un isolateur sensible à la polarisation (PD-ISO) placé entre deux contrôleurs de polarisation pour obtenir le régime de verrouillage de modes. L'ensemble agit comme un filtre accordable flexible pour sélectionner la longueur d'onde centrale. La dispersion totale de la cavité est négative favorisant ainsi le fonctionnement multi-impulsionnel.

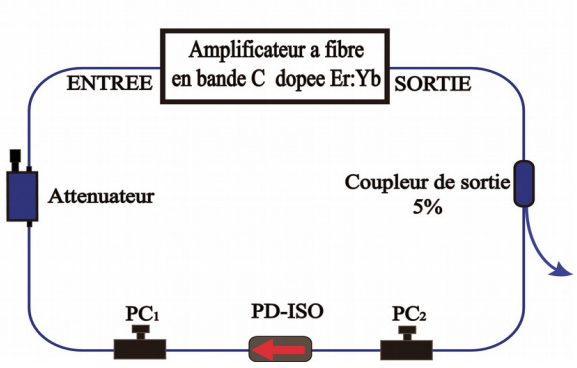

Fig. 1 : Laser à fibre en anneau.

Lorsque les pertes introduites par l'atténuateur sont minimales et la puissance de pompage est réglée à 0.6W, nous obtenons un régime à verrouillage de modes multi-impulsionnel en ajustant les contrôleurs de polarisation. La rotation des contrôleurs de polarisation conduit à l'accord en longueur d'onde du filtre biréfringent dans la cavité et donc à la variation de la longueur d'onde centrale.

En augmentant les pertes dans la cavité tout en variant finement les contrôleurs de polarisation, la longueur d'onde est accordable continuellement de 1545nm à 1620nm. Quand les pertes sont très importantes le régime de verrouillage de modes est perdu parce que le profil du gain se retrouve en dehors de la bande passante du filtre biréfringent. Le filtre biréfringent artificiel joue un rôle important dans la sélection de la longueur d'onde d'émission.

La Fig. 2 montre l'évolution du spectre du régime modes bloqués en fonction des pertes introduites dans la cavité et de la position des contrôleurs de polarisation. La longueur d'onde diminue de façon

monotone quand les pertes augmentent et la largeur de l'impulsion varie entre 0.64ps et 1.3ps. Les impulsions sont proches de la limite de Fourier dans la plage d'accord et la largeur de l'impulsion est déterminée par la largeur spectrale du filtre biréfringent artificiel vu que la bande passante du gain est plus grande. Une modification légère de la dispersion n'agit pas sur la plage d'accord.

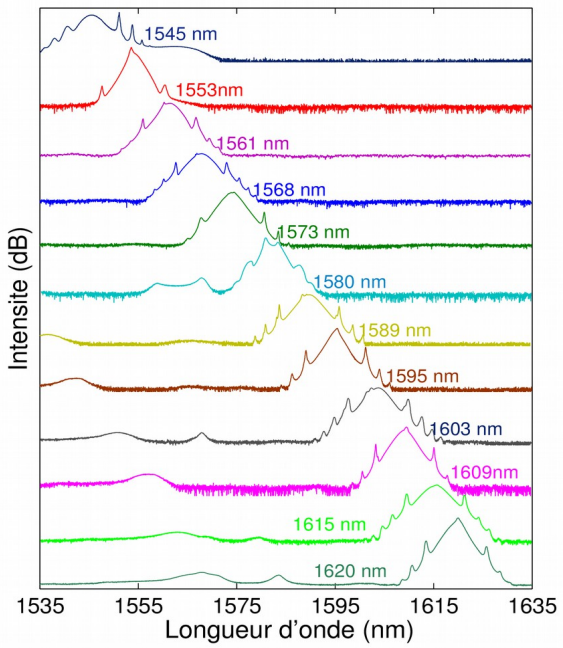

Fig. 2: Evolution du spectre d'émission en ajustant les contrôleurs de polarisation et l'atténuateur.

Conclusion

En conclusion, nous avons démontré expérimentalement qu'en utilisant l'effet d'un filtre biréfringent artificiel couplé à la variation des pertes intra-cavité, nous obtenons un laser verrouillé en phase accordable sur une plage de 75nm allant de 1545nm à 1620nm.

Références

[1] F. Wang, A. G. Rozhin, V. Scardaci, Z. Sun, F. Hennrich, I. H. White, W. I. Milne, and A. C. Ferrari, "Wideband-tuneable, nanotube mode-locked, fibre laser," Nat. Nanotechnol. 3(12), 738–742 (2008).

[2] W. S. Man, H. Y. Tam, M. S. Demokan, P. K. A. Wai, and D. Y. Tang, "Mechanism of intrinsic wavelength tuning and sideband asymmetry in a passively mode-locked soliton fiber ring laser," J. Opt. Soc. Am. B 17(1), 28–33 (2000).

[3] M. Melo, O. Frazao, A. L. J. Teixeira, L. A. Gomes, J. R. F. D. Rocha, and H. M. Salgado, "Tunable L-band erbium-doped fibre ring laser by means of induced cavity loss using a fibre taper," Appl. Phys. B 77(1), 139–142 (2003).

[4] G. R. Lin and J. Y. Chang, "Femtosecond mode-locked Erbium-doped fiber ring laser with intra-cavity loss controlled full L-band wavelength tenability," Opt. Express 15(1), 97–103 (2007).

[5] Y. Meng, M. Salhi, A. Niang, K. Guesmi, G. Semaan and F. Sanchez, " Mode-locked Er:Yb-doped double-clad fiber laser with 75-nm tuning range," Opt. Letters, 40(7) , 1153-1156 (2015).