

LASER A FIBRE DOPEE ERBIUM EMETTANT A 1600 NM. FONCTIONNEMENT CONTINU ET VERROUILLE EN PHASE

Khmaies Guesmi^{1,2}, Yichang Meng¹, Alioune Niang¹, Paul Mouchel¹, Mohamed Salhi¹, Faouzi Bahloul² et François Sanchez¹

¹ *Laboratoire de Photonique d'Angers, E.A. 4464, Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France*

² *Laboratoire Systèmes Electroniques et Réseaux de Communications (SERCOM), Ecole Polytechnique de Tunisie, EPT, B.P. 743, 2078, Université de Carthage, Tunisie*

francois.sanchez@univ-angers.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cet article est de démontrer la possibilité de faire osciller à 1.6 μm un amplificateur à fibre double gaine dopée erbium opérant dans la bande C, en ajustant les pertes intra-cavité. Deux configurations de cavité ont été utilisées, une cavité en anneau et une cavité en forme de huit. Dans les deux cas, il est possible d'obtenir l'oscillation à 1.6 μm en continu ou bien en impulsions ultra-courtes.

MOTS-CLEFS : *laser à fibre; erbium; impulsions.*

1. INTRODUCTION

Les lasers à fibre dopée erbium trouvent maintenant de nombreuses applications, en particulier en télécommunications. Traditionnellement, les amplificateurs utilisés couvrent la bande spectrale C qui s'étale de 1530 nm à 1565 nm. Afin d'augmenter la bande d'amplification vers les longueurs d'onde plus grandes, une nouvelle classe d'amplificateurs couvrant le domaine spectral 1565 - 1625 nm (bande L) a été développée. Cependant, le gain autour de 1610 nm reste bien inférieur au gain autour de 1550 nm [1]. Cette faiblesse explique le peu de travaux publiés sur l'émission au-delà de 1.6 μm . Dans la référence [2], les auteurs réalisent un laser femtoseconde à 1.6 μm et de forte énergie (1.5 μJ) à partir d'un oscillateur femtoseconde de faible énergie, dont les impulsions sont étirées et amplifiées. L'oscillation à 1.6 μm est obtenue en limitant l'inversion de population à environ 40 %, ce qui assure un gain à 1.6 μm supérieur au gain à 1.55 μm [3]. Par ailleurs, un filtre spectral sélectionne une bande autour de 1600 nm. La référence [3] montre que la section efficace de gain à 1600 nm est positive alors que celle à 1550 nm est négative pour des inversions de population modérées autour de 40 %. Une façon simple de limiter l'inversion de population en fonctionnement laser est de jouer sur les pertes de la cavité. En effet, au-dessus du seuil, le gain compense les pertes, ce qui veut dire que le gain sature à sa valeur au seuil d'oscillation laser. Des pertes faibles assurent une inversion de population au seuil faible et doivent permettre en théorie d'obtenir une oscillation à 1600 nm sans avoir recours à un quelconque filtrage spectral. C'est ce moyen que nous avons décidé de mettre en œuvre afin de réaliser un laser à fibre à double gaine émettant autour de 1600 nm à partir d'un amplificateur à fibre dopée erbium calé dans la bande C. Cette approche a déjà été utilisée avec succès pour réaliser des lasers à fibre dopée erbium continus et accordables sur de très larges domaines spectraux [4]. Cependant, la puissance obtenue au-delà de 1600 nm reste limitée à environ 20 mW. Dans cet article, nous présentons des résultats expérimentaux sur la réalisation d'une source fibrée émettant au-delà de 1600 nm. Deux configuration expérimentales ont été testées. Dans les deux cas, nous avons démontré un fonctionnement continu ainsi qu'un fonctionnement en régime de verrouillage de phase.

2. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons réalisés les mêmes séries de mesures dans deux configurations de cavité, toutes deux permettant de basculer d'un fonctionnement continu à un fonctionnement verrouillé en phase.

Les cavités étudiées sont d'un part un laser en forme de huit, et d'autre part, une cavité en anneau unidirectionnelle. Nous présentons dans ce court résumé les résultats obtenus avec la cavité en forme de huit. Le dispositif expérimental est représenté sur la Fig. 1. Il comprend une cavité unidirectionnelle (UR) couplée à un miroir non linéaire (NOLM). Selon l'orientation du contrôleur de polarisation (PC), le laser peut fonctionner en régime continu ou bien en régime verrouillé en phase. La boucle non linéaire contient un atténuateur permettant de modifier continument les pertes linéaires de la cavité.

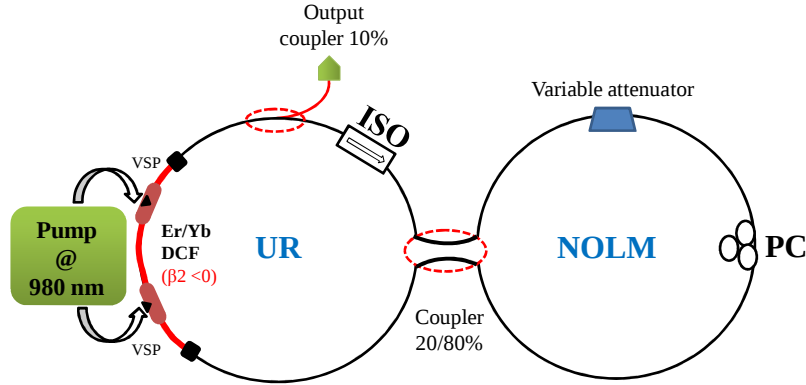


Fig. 1. Laser à fibre en forme de huit permettant le fonctionnement continu ou bien impulsionnel.

Lorsque les pertes additionnelles sont minimales et que le contrôleur de polarisation est réglé pour obtenir un fonctionnement continu, le laser émet spontanément à environ 1610 nm comme illustré sur le spectre de la Fig. 2 (a). Par souci de comparaison, nous avons également inclus le spectre d'émission spontané de l'amplificateur (ASE) qui est fortement décalé vers les courtes longueurs d'onde. L'émission reste mono-fréquence à 1610 nm pour toutes les puissances de pompages disponibles. La caractéristique puissance de sortie - puissance de pompage est donnée sur la Fig. 2 (b). Le laser délivre environ 100 mW de puissance de sortie.

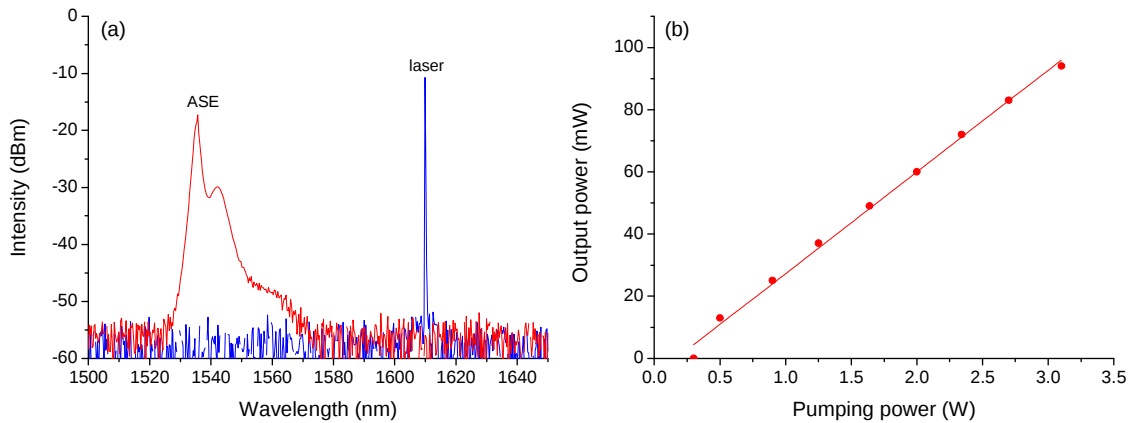


Fig. 2. (a) Spectre d'émission du laser continu et (b) puissance de sortie à 1610 nm en fonction de la puissance de pompage.

Lorsqu'on augmente progressivement les pertes linéaires de la cavité, on observe une diminution de la composante spectrale à 1610 nm et l'apparition d'une composante à 1570 nm, jusqu'à disparition complète de la première. Ces résultats démontrent que la gestion des pertes linéaires de la cavité permet de sélectionner la longueur d'onde d'émission du laser à fibre dopée erbium.

Par un ajustement du contrôleur de polarisation, on peut faire basculer le fonctionnement du laser en régime impulsif verrouillé en phase. La cavité fonctionne en régime de dispersion anormal et délivre donc des impulsions solitoniques. Lorsque les pertes additionnelles sont minimales, le laser émet des solitons à environ 1610 nm de longueur d'onde centrale comme démontré sur la courbe du bas de la Fig. 3. Les bandes latérales attestent du fonctionnement en régime soliton. Si les pertes linéaires sont alors augmentées, on commence par voir apparaître un pic spectral supplémentaire à environ 1567 nm associé à un fonctionnement en continu de cette composante spectrale (Fig. 3, courbe du milieu). En continuant d'augmenter les pertes additionnelles, la composante verrouillée en phase à 1610 nm disparaît complètement au profit du régime continu à 1567 nm (courbe du haut de la Fig. 3).

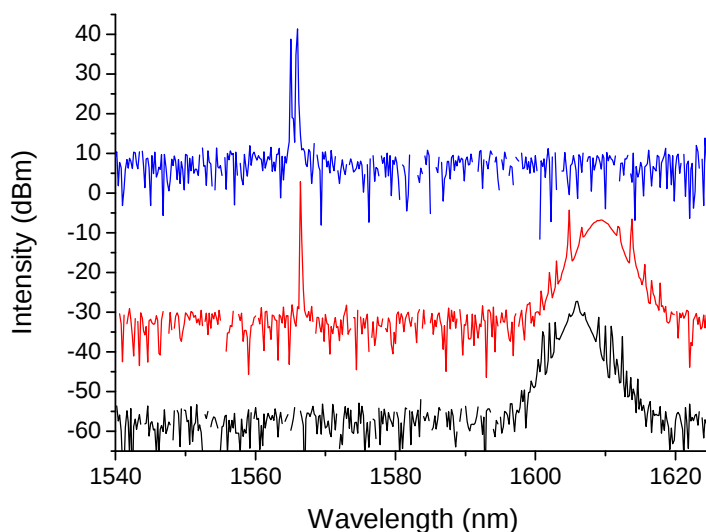


Fig. 3. Spectre du laser en régime à modes bloqués au-delà de 1600 nm. Les pertes linéaires augmentent

CONCLUSION

En conclusion, nous avons démontré expérimentalement la possibilité de faire osciller, en continu et en régime de verrouillage de phase, un laser à fibre dopée erbium à double gaine au-delà de 1600 nm par la gestion des pertes linéaires de la cavité.

RÉFÉRENCES

- [1] J. F. Massicott, J. R. Armitage, R. Wyatt, B. J. Ainslie, and S. P. Craig-Ryan, "High gain, broadband, 1.6 μm Er^{3+} doped silica fibre amplifier." *Electron. Lett.* **26**, 1645, 1990.
- [2] F. Morin, F. Druon, M. Hanna, and P. Georges, "Microjoule femtosecond fiber laser at 1.6 μm for corneal surgery applications." *Opt. Lett.* **34**, 1991, 2009.
- [3] F. Morin, "Conception d'une source cohérente à impulsions courtes à 1600 nm à fibres dopées erbium: application à la greffe de cornée", thèse de doctorat, Université Paris-Sud, 58-60, 2010.
- [4] X. Dong, P. Shum, N.Q. Ngo, H.-Y. Tam and X. Dong, "Output power characteristics of tunable erbium-doped fiber ring lasers", *IEEE J. Light. Tech.* **23**, 1334, 2005.