

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 737 051**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **95 08790**

51) Int Cl⁶ : H 01 S 3/02, G 01 N 21/17, H 04 B 17/00, 10/12

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22) Date de dépôt : 20.07.95.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 24.01.97 Bulletin 97/04.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : ALLAIN JEAN YVES — FR, BOJ SYLVAIN — FR et DELEVAQUE ERIC — FR.

72) Inventeur(s) :

73) Titulaire(s) :

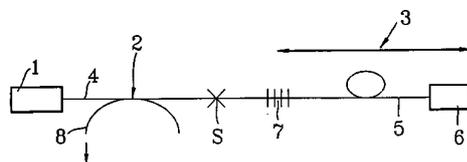
74) Mandataire : REGIMBEAU.

54) DISPOSITIF D'EMISSION LASER A FIBRE OPTIQUE DOPEE ET UTILISATION DE CE DISPOSITIF EN REFLECTOMETRIE.

57) La longueur d'onde d'émission du dispositif est comprise entre 1,5 et 2,1 μm et notamment entre 1,6 et 1,7 μm .

La cavité (3) du dispositif comporte un miroir de Bragg (7) qui est intégré à la fibre (5) et dont la longueur d'onde de Bragg correspond à la longueur d'onde d'émission.

Le dispositif peut être pulsé et est avantageusement utilisé en réflectométrie.



FR 2 737 051 - A1



La présente invention est relative à des dispositifs d'émission laser à cavité à fibre.

Elle trouve en particulier avantageusement application en réflectométrie sur fibres optiques.

5 De nombreux réflectomètres pour la surveillance de réseaux optiques de télécommunication sont déjà connus.

La longueur d'onde de ces réflectomètres est généralement située dans une des trois fenêtres de télécommunication ($0,85 \mu\text{m}$ - $1,31 \mu\text{m}$ - $1,55 \mu\text{m}$).

10 Pour éviter de perturber les communications d'exploitation lors de la mesure par le réflectomètre, il a récemment été proposé de travailler avec des longueurs d'onde plus élevées que les longueurs d'onde des fenêtres de télécommunication, et notamment de travailler avec des
15 longueurs d'onde comprises entre $1,6$ et $1,7 \mu\text{m}$ pour la vérification de réseau de télécommunication fonctionnant à la longueur d'onde de $1,55 \mu\text{m}$.

Notamment, certaines sociétés proposent aujourd'hui des réflectomètres travaillant à la longueur
20 d'onde de $1,625 \mu\text{m}$.

A ce jour cependant, les sources lasers utilisées en réflectométrie sont des sources à base de semi-conducteurs, qui s'avèrent d'une puissance insuffisante à des longueurs d'onde au-delà de $1,6 \mu\text{m}$.

25 L'invention propose quant à elle un dispositif d'émission laser qui permet de pallier cet inconvénient.

La structure proposée permet en particulier une émission avec une puissance satisfaisante à une longueur d'onde décalée par rapport aux longueurs d'onde d'émission
30 habituelles.

Plus particulièrement, le dispositif proposé par l'invention est un dispositif d'émission laser comportant une cavité d'amplification à fibre optique dopée et des moyens pour la génération d'un signal optique de pompe,
35 caractérisé en ce que le miroir en sortie de ladite cavité

est un miroir de Bragg intégré à la fibre dopée, la longueur d'onde de Bragg de ce miroir étant comprise dans la bande de longueurs d'onde d'amplification de ladite fibre.

5 La longueur d'onde du réseau de Bragg correspond à la longueur d'onde d'émission du dispositif selon l'invention.

 Comme on l'aura compris, un tel dispositif permet, par une simple adaptation de son réseau de Bragg, une
10 émission laser à toute longueur d'onde comprise dans la bande d'amplification de la fibre dopée utilisée, et en particulier à toute longueur d'onde comprise entre 1,5 et 2,1 μm si l'on utilise des fibres dopées aux ions Erbium ou Thulium.

15 En particulier, la longueur d'onde de Bragg du miroir de sortie est avantageusement comprise entre 1,6 et 1,7 μm .

 De préférence, les moyens d'émission du signal optique de pompe comportent une diode laser fibrée, dont
20 la fibre de sortie est reliée à la fibre dopée de la cavité, le miroir en entrée de la fibre optique dopée étant un réseau de Bragg.

 Ainsi, le dispositif d'émission proposé constitue une source laser fibrée compacte.

25 Dans un mode de réalisation avantageux, le réseau de Bragg en entrée de la fibre optique dopée constitue le réseau de Bragg de sortie, une fibre de sortie pour l'émission du signal laser généré dans la cavité étant couplée à une portion de fibre entre la diode et ledit
30 réseau de Bragg.

 Pour l'émission d'un signal laser pulsé, l'autre miroir de la cavité est alors un miroir tournant.

 Dans un autre mode de réalisation avantageux, la cavité présente deux réseaux de Bragg intégrés l'un en
35 entrée, l'autre en sortie de la fibre dopée.

Pour l'émission d'un signal laser pulsé, le dispositif d'émission comporte un modulateur disposé entre les deux réseaux de Bragg.

5 Le dispositif d'émission selon l'invention est avantageusement utilisé pour l'analyse d'une fibre optique ou d'un réseau de fibres optiques par réflectométrie, notamment à des longueurs d'onde entre 1,6 et 1,7 μm .

A cette longueur d'onde, il est en effet possible, à l'aide de filtres, de ne pas perturber le trafic optique
10 du réseau ou de la ligne lors de la surveillance.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit.

Cette description est purement illustrative et non
15 limitative. Elle doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif conforme à un mode de réalisation possible pour l'invention ;

20 - la figure 2 est une représentation schématique d'un dispositif conforme à un autre mode de réalisation possible pour l'invention ;

- la figure 3 est un graphe illustrant la transmission d'un réseau de Bragg qui peut être utilisé
25 dans un dispositif conforme à l'invention ;

- la figure 4 illustre une impulsion laser obtenue avec un dispositif conforme à l'invention et relevée sur un oscilloscope.

Le dispositif illustré sur la figure 1 comporte
30 une diode laser 1 pour l'émission d'un signal optique de pompe, un coupleur 2 et une cavité laser 3.

La cavité laser 3 est constituée par une fibre dopée 5 qui s'étend entre un miroir tournant 6 et un réseau d'indice 7 formant réflecteur de Bragg.

35 La fibre 5 de la cavité laser 3 est une fibre

dopée avec des ions de terre rare, par exemple des ions Erbium ou Thulium.

La longueur d'onde d'émission de la diode laser 1 est choisie de façon à exciter les ions insérés dans la fibre 5. Elle est par exemple, selon les ions terre rare de la fibre dopée, de 0,8 μm ou 0,98 μm .

De façon à obtenir un gain linéique important, la concentration des ions de terre rare dans la fibre 5 est choisie aussi grande que possible.

Egalement, pour améliorer l'efficacité de l'émission des ions excités, la fibre 5 est avantageusement dopée en aluminium.

Le réseau 7 est photo-inscrit dans la fibre 5.

Il réfléchit les ondes incidentes à la longueur d'onde de Bragg du réseau 7, qui est choisie dans la bande d'amplification de la fibre 5 dopée et correspond à la longueur d'onde d'émission désirée.

La fibre 5 est en outre couplée, par une soudure S, à une fibre 4 en sortie de la diode laser 1.

La fréquence de commutation du miroir tournant 6 est fonction de la fréquence souhaitée pour les impulsions émises par le dispositif d'émission de la figure 1.

Ainsi, on obtient en sortie de la cavité 3 une émission à une longueur d'onde décalée par rapport à la longueur d'onde d'excitation principale de la fibre dopée 5.

Les impulsions en sortie du réseau de Bragg 7 sont envoyées sur une fibre 8 de sortie, qui est couplée à la fibre 4 par l'intermédiaire du coupleur 2. Ce coupleur 2 est un coupleur directionnel disposé entre la diode laser 1 et le réseau de Bragg 7.

D'autres variantes de l'invention sont bien entendu possibles.

Notamment, pour améliorer le gain linéique de la fibre dopée, il peut être prévu un ou plusieurs réseaux

dissipatifs gravés dans la fibre et permettant de supprimer l'émission spontanée amplifiée dans la bande centrale d'émission de la terre rare de la fibre dopée et ainsi d'augmenter le gain dans la bande extrême
5 correspondant à la longueur d'onde d'émission.

On a illustré sur la figure 2 une autre variante de réalisation possible pour l'invention.

Le dispositif représenté sur cette figure comporte une diode laser fibrée 11 pour l'émission d'un signal de pompe, ainsi qu'une cavité 13 dans laquelle le signal en
10 sortie de la diode 11 est envoyé.

La cavité 13 est constituée par une fibre dopée 15 et par deux réseaux de Bragg 17a, 17b gravés sur la fibre 15 à l'une et à l'autre de ses extrémités.

15 La fibre 15 est couplée par une soudure S à la fibre 14 en sortie de la diode 11.

Un modulateur 18 est prévu sur la fibre 15 entre les deux réseaux de Bragg 17a, 17b.

20 Ce modulateur d'intensité 18 et le miroir de Bragg 17b remplacent le miroir tournant 6.

Le modulateur 18 est actionné à une fréquence qui correspond aux impulsions à générer de façon à fermer rapidement la cavité laser ("Q switch" selon la terminologie anglo-saxonne). Il peut être mécanique ou
25 électrique (acousto-optique).

De la même façon que pour l'exemple de réalisation illustrée sur la figure 1, la longueur d'onde de Bragg des réseaux 17a et 17b correspond à la longueur d'onde d'émission souhaitée.

30 Le dopage de la fibre 15 est choisi de façon que ladite longueur d'onde de Bragg se trouve dans la bande d'amplification de ladite fibre.

On se réfère maintenant à la figure 3.

35 On a illustré sur cette figure la transmission d'un réseau de Bragg réalisé par photo-inscription dans

une fibre dopée au Thulium.

Le photo-inscription de réseaux d'indice, par exemple au moyen de figures d'interférence dans l'ultraviolet, est classiquement connue de l'Homme du
5 Métier et ne sera pas décrite ici.

Le diamètre de coeur de cette fibre est de $4,5 \mu\text{m}$.

La différence d'indice est de 25×10^{-3} .

Son dopage est de 5000 ppm de Tm^{3+} .

Pour une longueur d'onde de Bragg de $1,69 \mu\text{m}$, le
10 pas du réseau est de 569 nm ; sa longueur est de 1 cm.

Le coefficient de réflexion à la longueur d'onde de Bragg est de 90 % (-10 dB de transmission).

On a illustré sur la figure 4 un exemple d'impulsion laser obtenue avec le dispositif de la figure
15 1 et un réseau de Bragg du type de celui décrit en référence à la figure 3.

La fibre dopée 5 était d'une longueur de 10 cm.

La vitesse de rotation du miroir tournant 6 était de 200 tours/s.

20 La longueur d'onde de pompe était de 788 nm, avec une puissance de 60 mW (pour un seuil laser de 50 mW).

Les impulsions en sortie du coupleur 2 étaient des impulsions de 50 ns présentant une puissance crête de 2 W.

25 La source laser ainsi réalisée est par conséquent particulièrement adaptée à la réflectométrie à haute résolution spatiale.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'émission laser comportant une cavité d'amplification (3, 13) à fibre optique dopée (5, 15) et des moyens (1, 11) pour la génération d'un signal optique de pompe, caractérisé en ce que le miroir (7, 17a) en sortie de ladite cavité (3, 13) est un miroir de Bragg intégré à la fibre dopée (5, 15), la longueur d'onde de Bragg de ce miroir étant comprise dans la bande de longueurs d'onde d'amplification de ladite fibre.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fibre (5, 15) de la cavité est dopée aux ions Erbium ou Thulium, la longueur d'onde de Bragg du miroir de sortie étant comprise entre 1, 5 et 2,1 μm .

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la longueur d'onde de Bragg du miroir de sortie est comprise entre 1,6 et 1,7 μm .

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'émission du signal optique de pompe comportent une diode laser fibrée (1, 4 ; 11, 14), dont la fibre de sortie (4, 14) est reliée à la fibre dopée (5, 15) de la cavité (3, 13), le miroir (7, 17a) en entrée de la fibre optique dopée (5, 15) étant un réseau de Bragg.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le réseau de Bragg (7) en entrée de la fibre optique dopée (5, 15) constitue le réseau de Bragg de sortie, une fibre de sortie (8) pour l'émission du signal laser généré dans la cavité (13) étant couplée à une portion de fibre (4) entre la diode (1) et ledit réseau de Bragg (7).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que, pour l'émission d'un signal laser pulsé, l'autre miroir (6) de la cavité (3) est un miroir

tournant.

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la cavité présente deux réseaux de Bragg (17a, 17b) intégrés l'un en entrée, l'autre en
5 sortie de la fibre dopée (5, 15).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour l'émission d'un signal laser pulsé, il comporte un modulateur (18) disposé entre les deux réseaux de Bragg (17a, 17b).

10 9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un réseau dissipatif gravé dans la fibre permettant de supprimer l'émission dans la bande centrale de fibre dopée.

15 10. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes pour l'analyse d'une fibre optique ou d'un réseau de fibres optiques par réflectométrie, notamment à une longueur d'onde d'émission comprise entre 1,6 et 1,7 μm .

20

1/1.

FIG. 1

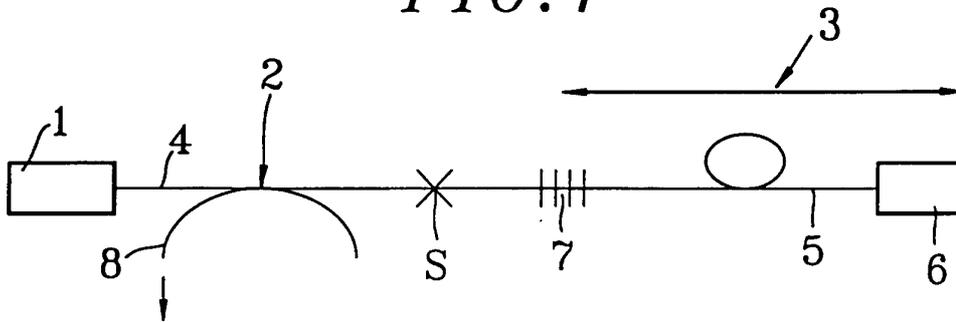


FIG. 2

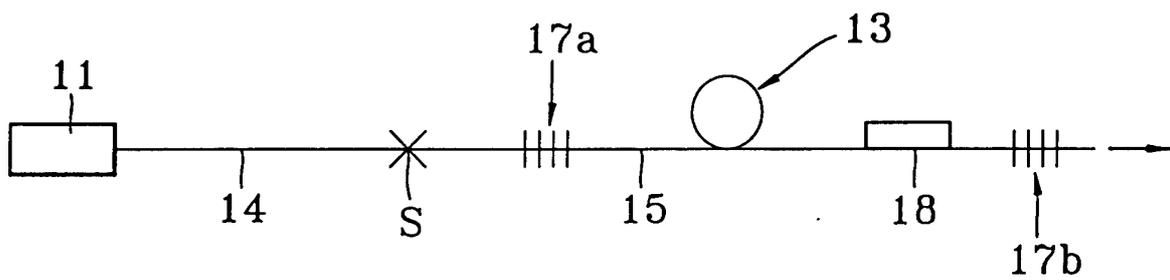


FIG. 3

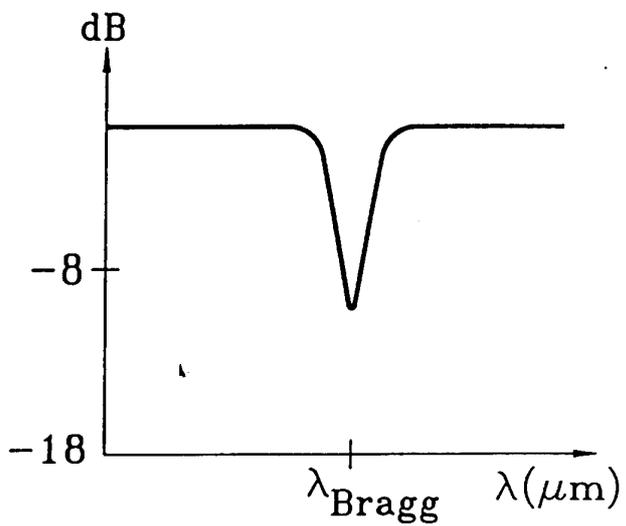
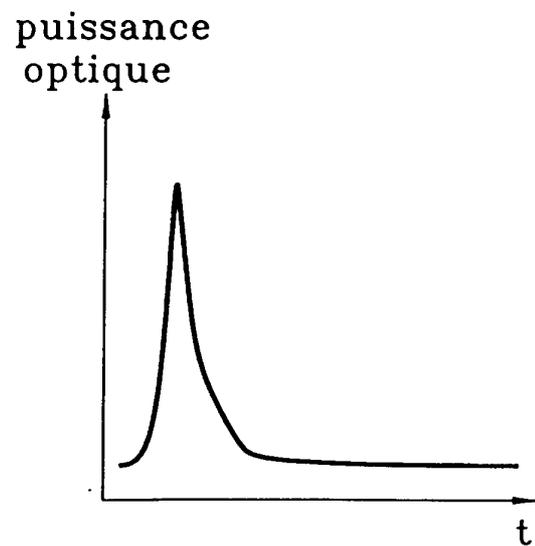


FIG. 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 6, no. 12, 1 Décembre 1994, pages 1466-1468, XP000486228 KAO-YANG HUANG ET AL: "COHERENT OPTICAL FREQUENCY DOMAIN REFLECTOMETRY (OFDR) USING A FIBER GRATING EXTERNAL CAVITY LASER" * abrégé * * alinéa IV *	1,10
X	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 5, no. 2, 1 Février 1993, pages 263-266, XP000362855 MELLE S M: "A BRAGG GRATING-TUNED FIBER LASER STRAIN SENSOR SYSTEM" * figure 1 *	1
X	ELECTRONICS LETTERS, vol. 27, no. 22, 24 Octobre 1991, pages 2087-2088, XP000266012 DAVEY R P ET AL: "MODE-LOCKED ERBIUM FIBRE LASER WITH WAVELENGTH SELECTION BY MEANS OF FIBRE BRAGG GRATING REFLECTOR" * le document en entier *	1
Y	OPTICS LETTERS, vol. 18, no. 23, 1 Décembre 1993, pages 2023-2025, XP000413233 CHERNIKOV S V ET AL: "COUPLED-CAVITY ERBIUM FIBER LASERS INCORPORATING FIBER GRATING REFLECTORS" * figure 1 *	2-5,7,8
X		1
Y		4,5

		-/--
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
16 Avril 1996		Galanti, M
<p style="text-align: center;">CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 01.92 (F04C13)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 5, no. 6, 1 Juin 1993, pages 649-651, XP000384072 BALL G A ET AL: "MODELING OF SHORT, SINGLE-FREQUENCY, FIBER LASERS IN HIGH-GAIN FIBER"	1
Y	* figure 1 *	7-9
A	--- OPTICAL ENGINEERING, vol. 32, no. 9, 1 Septembre 1993, pages 2031-2035, XP000396819 CHANDONNET A ET AL: "HIGH-POWER Q-SWITCHED ERBIUM FIBER LASER USING AN ALL-FIBER INTENSITY MODULATOR"	1,10
Y	* abrégé; figure 1 *	7,8
A	--- US-A-5 271 024 (HUBER DAVID R) 14 Décembre 1993	1
Y	* abrégé; figures 3,4 *	9
Y	--- ELECTRONICS LETTERS, vol. 26, no. 11, 24 Mai 1990, STEVENAGE GB, pages 746-747, XP002000664 W.L.BARNES ET AL.: "Higly tunable and efficient diode pumped operation of Tm3+ doped fibre lasers"	2,3
Y	--- ELECTRONICS LETTERS, vol. 29, no. 11, 27 Mai 1993, pages 1025-1026, XP000372936 KASHYAP R ET AL: "WAVELENGTH FLATTENED SATURATED ERBIUM AMPLIFIER USING MULTIPLE SIDE-TAP BRAGG GRATINGS"	2
	* figure 4 *	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
16 Avril 1996		Galanti, M
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 03.92 (P04C13)