

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 736 732

21) N° d'enregistrement national : 95 08537

51) Int Cl⁶ : G 02 F 1/035

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 13.07.95.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 17.01.97 Bulletin 97/03.

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) : PHOTONETICS SOCIETE ANONYME — FR.

72) Inventeur(s) : GAIFFE THIERRY, LEFEVRE HERVE, CERRE NATHALIE et ARDITTY HERVE.

73) Titulaire(s) :

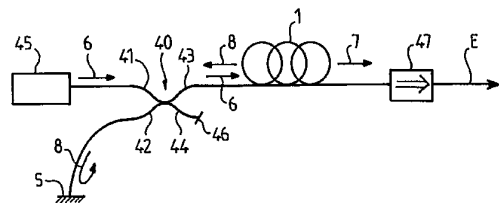
74) Mandataire : CABINET HARLE ET PHELIP.

54) SOURCE DE LUMIERE A SPECTRE LARGE STABILISE.

57) L'invention concerne une source de lumière à spectre large comprenant une structure guidante (1) amplificatrice.

La source de lumière comporte un moyen d'excitation (45) de la structure guidante (1), la structure guidante (1) stimulée émettant de la lumière (7, 8) qui admet une forte cohérence spatiale et une faible cohérence temporelle, la lumière (7) émise vers l'avant (2) ayant un spectre d'émission spontanée.

La source de lumière comprend un miroir arrière (5), réfléchissant seulement pour une gamme de longueurs d'onde plus étroite que le spectre d'émission spontanée et produit une émission (E) vers l'avant (2) ayant un spectre d'émission maîtrisé autour d'une longueur d'onde moyenne.



FR 2 736 732 - A1



La présente invention concerne une source de lumière à spectre large comprenant une structure guidante amplificatrice.

Par spectre large, on entend un domaine de longueurs d'onde ayant une largeur typiquement comprise entre quelques nanomètres et quelques dizaines de nanomètres. Cette largeur contraste avec celle d'un laser, petite par rapport à un dixième de nanomètre.

L'invention a des applications dans de nombreux domaines optiques nécessitant une grande cohérence spatiale et une faible cohérence temporelle. Le domaine des gyroscopes à fibre optique est ainsi tout spécialement concerné.

Plusieurs moyens en soi connus peuvent être utilisés pour constituer des sources de lumière à spectre large. Il est ainsi possible d'employer une source à fibre dopée avec une terre rare, une diode super-luminescente (DSL), ou une diode à émission de lumière par la tranche (ELED). Ces sources de lumière offrent des structures guidantes monomodes spatialement et donc générant de la lumière avec une forte cohérence spatiale, grâce à un effet amplificateur.

En présence d'une excitation, de nature électrique ou optique, l'une quelconque de ces sources émet spontanément des photons dans toutes les directions. L'excitation appliquée entraîne alors une amplification de l'émission spontanée dans des directions préférentielles par émission stimulée. On parle d'une émission spontanée amplifiée, appelée communément ASE (Amplified Spontaneous Emission).

Par opposition à un laser, la lumière émise par ces sources présente une faible cohérence temporelle, c'est-à-dire un spectre large. Différents moyens sont employés pour préserver cette propriété en évitant un effet laser qui nécessite une contre-réaction. En particulier, l'excitation est maintenue inférieure à un seuil critique. D'autre part, la source de lumière peut comporter différents dispositifs atténuant ou évitant des réflexions multiples, et élevant ainsi le niveau du seuil critique. Parmi les dispositifs en soi connus, utilisables séparément ou en combinaison, on distingue un clivage ou un polissage en biais aux extrémités de la structure guidante, la présence d'absorbants optiques ou d'antireflets, ou celle d'isolateurs optiques.

Il est donc connu d'utiliser comme structure guidante

amplificatrice une source à fibre 1 dopée avec une terre rare (erbium en particulier), comme représentée sur la Figure 1. La fibre 1 de longueur L a un axe 10 d'extrémités avant 2 et arrière 3, et est symétrique par rapport à un plan transversal 4. Les extrémités avant 2 et arrière 3 se terminent respectivement par des faces avant 37 et arrière 38.

Afin de mieux situer l'invention, une théorie du comportement de cette structure guidante amplificatrice supposée parfaite est présentée ci-après.

En fonctionnement, des ondes de pompe 6 et 9 de longueur d'onde λ_p sont envoyées symétriquement vers la fibre 1 par des diodes de pompe et excitent la terre rare. Une fois excitée, la terre rare émet des photons par émission spontanée dans toutes les directions. Les ondes de pompe 6 et 9 amplifient cependant des émissions dans la direction de l'axe 10, créant ainsi deux sens opposés privilégiés de propagation. Ceci conduit à deux émissions dites ASE (Amplified Stimuleous Emission): l'une 11 dirigée vers l'avant 2 de la fibre 1, appelée ASE+, et l'autre 12 dirigée vers l'arrière 3 de la fibre 1, appelée ASE- produisant deux émissions 7 et 8 de lumière en sorties avant et arrière de la fibre 1.

Les puissances P_1 et P_2 sont transmises le long de la fibre 1 respectivement vers l'avant 2 et vers l'arrière 3, comme ceci est représenté sur la Figure 2, où l'axe 15 donne la position selon l'axe 10 de la figure 1 et l'axe 16 donne la puissance transmise.

La courbe 13 de la puissance P_1 transmise vers l'avant 2 croît depuis la face arrière 38 de la fibre 1 jusqu'à sa face avant 37. La courbe 14 représentant l'évolution de la puissance P_2 transmise vers l'arrière 3 de la fibre 1 peut être déduite par une symétrie de la courbe 13.

Les émissions 7 et 8 obtenues en sorties correspondent respectivement aux deux puissances V_3-V_4 et V_2-V_1 .

Un problème majeur rencontré dans ces structures guidantes amplificatrices est qu'elles présentent des instabilités spectrales de la lumière émise, dues habituellement à des variations thermiques ou à la sensibilité de la lumière émise aux conditions de l'excitation. Les instabilités peuvent également provenir, par exemple, de variations de puissance des diodes de pompe ou de sauts de modes.

Pour préciser la notion de stabilité spectrale, on désigne par u un

paramètre d'instabilité, tel que le temps, la température ou les caractéristiques des diodes de pompe, par λ la longueur d'onde d'émission et par $S(\lambda, u)$ un spectre d'émission obtenu en sortie avant de la fibre 1. On peut alors définir une longueur d'onde moyenne $\lambda_m(u)$ du spectre d'émission $S(\lambda, u)$ par la moyenne barycentrique :

$$\lambda_m(u) = \frac{\int \lambda S(\lambda, u) d\lambda}{\int S(\lambda, u) d\lambda}$$

La longueur d'onde moyenne $\lambda_m(u)$ varie en fonction du paramètre d'instabilité u selon une variation relative $V(u)$ égale à :

$$V(u) = \frac{1}{\lambda_m} \frac{d\lambda_m}{du}$$

"d" désignant l'opérateur de dérivation. Cette variation relative $V(u)$ est représentative des instabilités spectrales : plus elle est faible, meilleure est la stabilité.

En pratique, plusieurs paramètres d'instabilités entrent en ligne de compte et il est difficile de dissocier leur influence. On peut alors adopter comme indicateur de la stabilité I , l'écart relatif de la longueur d'onde moyenne au cours d'une mesure :

$$I = \frac{1}{\lambda_m} \Delta\lambda_m$$

$\Delta\lambda_m$ étant la différence entre les valeurs maximum et minimum de λ_m au cours de la mesure.

Typiquement, l'écart relatif I est de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-3} . Or, il est souvent nécessaire de contrôler précisément la longueur d'onde moyenne λ_m d'émission. Ceci est vrai en particulier pour l'utilisation des gyroscopes à fibre optique, ce contrôle devant être effectué avec une précision de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-6} . En effet, la stabilité de la longueur d'onde moyenne λ_m est directement liée à la stabilité d'une caractéristique essentielle de ces gyroscopes, celle du facteur d'échelle, qui doit être assurée précisément.

Pour réussir à stabiliser le spectre d'émission S autour d'une longueur d'onde moyenne choisie, il est habituellement proposé d'utiliser un ou plusieurs filtres passifs. Un tel filtre passif se présente comme une fenêtre de transmission ayant une largeur plus étroite que celle du spectre d'émission S . Il est disposé en une position quelconque comprise entre la

source de lumière et un récepteur. Son utilisation conduit à un spectre d'émission S stable, et à des fluctuations de longueurs d'onde très réduites. Ce filtrage passif présente cependant l'inconvénient de causer une importante perte de puissance.

5 La présente invention vise une source de lumière à spectre large, présentant une forte cohérence spatiale, et stabilisée en longueur d'onde sans subir de perte sensible de puissance.

 Un but de l'invention est ainsi de contrôler la longueur d'onde moyenne du spectre d'émission avec une précision de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-6} .

10 C'est aussi un but de l'invention de stabiliser le spectre large de la lumière émise.

 Un objectif supplémentaire de l'invention est une source de lumière à spectre large stabilisé au moyen d'éléments simples.

15 Un autre but de l'invention est une source de lumière à spectre large ayant un spectre d'émission maîtrisé autour d'une longueur d'onde moyenne variable dans le temps, cette longueur d'onde pouvant en particulier être modulée.

 L'invention concerne ainsi une source de lumière à spectre large comprenant une structure guidante amplificatrice ayant un côté avant et un côté arrière, et un moyen d'excitation de la structure guidante. La structure guidante excitée par le moyen d'excitation émet de la lumière vers l'avant et vers l'arrière, la lumière émise vers l'avant ayant un spectre d'émission spontanée.

20 Cette source de lumière comprend un miroir arrière, réfléchissant seulement pour une gamme de longueurs d'onde plus étroite que le spectre d'émission spontanée, et produit une émission vers l'avant ayant un spectre d'émission maîtrisé autour d'une longueur d'onde moyenne.

 La source de lumière selon l'invention se distingue d'un laser, notamment du fait que le spectre d'émission est large, comme spécifié plus haut. Son fonctionnement physique et ses conditions de réalisation en sont bien entendu éloignés.

30 Le spectre d'émission de la source dépend des propriétés de réflexion du miroir arrière, un tel miroir réfléchissant seulement pour une gamme ou bande de longueurs d'onde relativement étroite étant dit

35

chromatique. La notion d'étroitesse vient du fait que cette gamme ne recouvre qu'une partie du spectre d'émission spontanée, mais elle reste étendue par rapport à la largeur du spectre d'émission d'un laser. Elle est usuellement comprise entre quelques nanomètres et quelques dizaines de nanomètres et définit la largeur et la position du spectre d'émission de la source.

La maîtrise du spectre d'émission grâce au miroir arrière est exploitée dans le but de stabilisation recherchée. La longueur d'onde moyenne de ce spectre a alors une valeur fixe.

Dans ce cas, la source de lumière dispose avantageusement de moyens de contrôle, permettant d'asservir la longueur d'onde moyenne à des dérives du spectre d'émission. Ces moyens de contrôle agissent par contre-réaction.

Plus la largeur de la gamme de longueurs d'onde pour laquelle le miroir est réfléchissant, est étroite, plus la stabilisation est précise.

La maîtrise du spectre d'émission peut aussi être utilisée pour imposer à la longueur d'onde moyenne des fluctuations, notamment des modulations.

Ainsi, dans un mode de réalisation avantageux, le miroir arrière comporte des moyens permettant de faire varier la gamme de longueurs d'onde dans le temps. Le miroir arrière permet alors de contrôler des variations de la longueur d'onde moyenne.

Selon une première conception avantageuse du miroir arrière, celui-ci comprend un miroir de Bragg, et plus particulièrement un réseau de Bragg photo-inscrit dans une fibre optique.

Il est typiquement déterminé de façon à être réfléchissant pour une largeur de spectre égale à quelques nanomètres.

Le miroir de Bragg est préférentiellement complété par un moyen de maîtrise de température.

Ce moyen rend possible les deux exploitations du miroir arrière, précédemment évoquées, puisque les propriétés de réflexion du miroir arrière dépendent de façon connue de la température : stabilisation du spectre d'émission, ou contrôle de variations de la longueur d'onde moyenne.

Selon une seconde conception avantageuse du miroir arrière,

celui-ci est constitué par un dispositif de type Fabry-Perot, comprenant un miroir à large bande interférant avec la face arrière de la structure guidante.

5 La structure guidante appartient préférentiellement à un ensemble comprenant une source à fibre dopée à une terre rare, une diode super-luminescente et une diode à émission de lumière par la tranche.

Plus particulièrement, dans une réalisation préférée de la structure guidante, celle-ci est une source à fibre dopée avec de l'erbium.

10 La source de lumière comprend de préférence au moins un isolateur à l'avant de la structure guidante, destiné à éviter un effet laser dans la structure guidante, qui correspondrait à une forte cohérence temporelle.

15 Avantageusement, le moyen d'excitation est une diode de pompe optique.

Dans une forme préférée de réalisation de la source de lumière, celle-ci comprend un multiplexeur 2 x 2 ayant deux portes d'entrée et deux portes de sortie, une première porte d'entrée étant reliée au moyen d'excitation et la seconde au miroir arrière, et une première porte de sortie étant reliée à l'arrière de la structure guidante et la seconde se terminant par un clivage qui évite des réflexions parasites. Le multiplexeur transmet de la lumière sélectivement entre la première porte d'entrée et la première porte de sortie pour une longueur d'onde d'excitation de la structure guidante par le moyen d'excitation, et entre la seconde porte d'entrée et la première porte de sortie pour une longueur d'émission spontanée de lumière par la structure guidante.

25 La présente invention va maintenant être illustrée sans être aucunement limitée par des exemples de réalisation, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

30 - la Figure 1, déjà citée, représente une structure guidante employée dans une source de lumière à spectre large usuelle ;

- la Figure 2, déjà citée, est une représentation montrant les puissances transmises dans la structure guidante de la Figure 1 respectivement vers l'avant et vers l'arrière ;

35 - la Figure 3 représente une partie d'une source de lumière selon

l'invention ;

- la Figure 4 est une représentation graphique montrant la puissance transmise vers l'avant de la structure guidante de la Figure 3 dans la source de lumière selon l'invention ;

5 - la Figure 5 est un premier mode de réalisation d'une source de lumière selon l'invention ;

- la Figure 6A correspond à une première longueur de la structure guidante de la source de lumière de la Figure 5, et est une représentation schématique en fonction de la longueur d'onde, de la densité spectrale de puissance de la lumière émise en sortie avant de la structure guidante
10 considérée isolément, et du coefficient de réflexion du miroir arrière de la source de lumière de la Figure 5 ;

- la Figure 6B correspond à la première longueur de la structure guidante, et est une représentation schématique en fonction de la longueur d'onde, de la densité spectrale de puissance obtenue en sortie
15 avant de la structure guidante, dans la source de lumière de la Figure 5 à l'équilibre ;

- la Figure 7A correspond à une seconde longueur de la structure guidante de la source de lumière de la Figure 5, supérieure à la première, et est une représentation schématique en fonction de la longueur d'onde, de la densité spectrale de puissance de la lumière émise en sortie avant
20 de la structure guidante considérée isolément, et du coefficient de réflexion du miroir arrière de la source de lumière de la Figure 5 ;

- la Figure 7B correspond à la seconde longueur de la structure guidante, et est une représentation schématique en fonction de la longueur d'onde, de la densité spectrale de puissance de la lumière émise
25 en sortie avant de la structure guidante, dans la source de lumière de la Figure 5 à l'équilibre ;

- la Figure 8 est un deuxième mode de réalisation d'une source de lumière selon l'invention ;
30

- la Figure 9 est un troisième mode de réalisation d'une source de lumière selon l'invention ;

- la Figure 10 est un quatrième mode de réalisation d'une source de lumière selon l'invention.

35 Sur les Figures 3 et 4, les éléments analogues à ceux des

Figures 1 et 2 ont été affectés des mêmes références numériques. Ces éléments ont été décrits plus haut. Un miroir arrière 5 est placé à l'arrière de la fibre 1. Ainsi, une fois l'équilibre atteint, la puissance P1 transmise vers l'avant 2 de la fibre 1 se trouve modifiée, du fait que la puissance P2 dirigée vers l'arrière 3 de la fibre 1 est réfléchiée par le miroir 5.

Pour mieux expliciter l'invention, on utilise, comme précédemment, une théorie simplifiée dans la description qui suit.

On peut comparer la courbe 18 de la puissance P1 transmise vers l'avant 2 dans la source de lumière selon l'invention aux courbes de puissances 13 et 14 décrites précédemment, ceci apparaissant sur la Figure 4. La puissance P1 croît régulièrement depuis la face arrière 38 jusqu'à la face avant 37. A mesure que l'abscisse selon l'axe 15 de position le long de la fibre 1 croît, la courbe 18 est croissante. La puissance P1 augmente ainsi sensiblement, jusqu'à atteindre au niveau de la face 37 une valeur V6 voisine de $V2 + V3$, c'est à dire de $2 \times V3$.

Le miroir arrière 5 détermine l'équilibre qui s'établit et les propriétés des flux lumineux émis 7 en sortie avant de la fibre 1.

Dans un premier mode de réalisation particulièrement avantageux, apparaissant sur la Figure 5, la source de lumière comprend un multiplexeur 2 x 2 référencé 40 ayant deux portes d'entrée 41 et 42 et deux portes de sorties 43 et 44. Une première porte d'entrée 41 est reliée à une diode de pompe 45, destinée à un pompage optique de la fibre 1. La seconde porte d'entrée 42 aboutit au miroir arrière 5. Une première porte de sortie 43 est reliée à l'extrémité arrière 3 de la fibre 1, tandis que la seconde 44 aboutit à un clivage 46 en biais destiné à éviter des réflexions parasites. La fibre 1 est reliée par son extrémité avant 2 à un isolateur 47, d'autres moyens tels qu'un absorbant peuvent être employés à la place ou en association avec cet isolateur pour éviter un effet laser. La source de lumière est ainsi apte à générer en sortie de l'isolateur 47 une lumière émise E ayant une grande cohérence spatiale et une faible cohérence temporelle, utilisable dans des applications.

La diode de pompe 45 est destinée à effectuer un pompage optique de la fibre 1, à une longueur d'onde λ_p de pompe de la terre rare que la fibre 1 contient. Pour l'erbium, cette longueur d'onde λ_p peut ainsi valoir par exemple 980 nm ou 1480 nm.

Le multiplexeur 40 est un multiplexeur en longueur d'onde, ayant des propriétés qui varient avec les longueurs d'onde de la lumière le traversant. Pour la longueur d'onde λ_p de pompe, la lumière traverse le multiplexeur 40 exclusivement entre la première porte d'entrée 41 et la première porte de sortie 43. En revanche, pour une longueur d'onde d'émission de la terre rare, la lumière circule exclusivement entre la seconde porte d'entrée 42 et la première porte de sortie 43. Le clivage 46 pratiqué à l'extrémité de la seconde porte de sortie 44 est prévu en cas de fuites par cette porte 44.

Le miroir arrière 5 est réfléchissant dans une gamme ou bande étroite de longueurs d'onde, ce qui permet de stabiliser le contenu spectral de la lumière émise E autour d'une longueur d'onde moyenne.

Une allure typique des propriétés d'émission de la fibre 1 prise isolément est représentée sur la Figure 6A. Le premier axe 20 indique la longueur d'onde considérée et l'axe 21 donne la densité spectrale de puissance ou DSP. La courbe 22 d'émission spontanée est voisine de l'axe 20 de longueur d'onde correspondant à une densité spectrale de puissance nulle en deçà d'une longueur d'onde λ_3 . Elle croît ensuite rapidement avec la longueur d'onde jusqu'à atteindre un pic 24 en une longueur d'onde λ_1 . La courbe 22 décroît ensuite de façon abrupte, puis se met à décroître lentement en formant un plateau 25, autour d'une longueur d'onde λ_2 . Sa décroissance s'accélère ensuite et la courbe 22 se confond sensiblement avec l'axe 20 au delà d'une longueur d'onde λ_4 .

La courbe 22 dépend non seulement des propriétés physico-chimiques de la fibre 1 telles que, par exemple, la concentration en erbium, mais aussi de sa longueur L et de la puissance de pompage envoyée par la diode de pompe 45. Une augmentation de la longueur L de la fibre 1 tend à faire évoluer la courbe 22 de la même façon qu'une diminution de la puissance envoyée par la diode de pompe 45.

A titre d'exemple, si la fibre 1 est dopée avec de l'erbium, la longueur d'onde λ_1 est voisine de 1530 nm, et λ_2 de 1560 nm. La courbe 22 correspond alors à une faible longueur L de fibre 1, de l'ordre de 2 m.

Pour une longueur L de la fibre 1 valant 10 m au lieu de 2 m, une courbe 30 est obtenue à la place de la courbe 22 précédente, cette courbe 30 étant tracée sur la Figure 7A. Comme précédemment, la

5 courbe 30 est sensiblement confondue avec l'axe 20 en delà d'une longueur d'onde $\lambda'3$ et au delà d'une longueur $\lambda'4$. Ces valeurs $\lambda'3$ et $\lambda'4$ sont très proches respectivement des longueurs d'onde $\lambda3$ et $\lambda4$. La courbe 30 présente une croissance rapide au delà de $\lambda'3$ jusqu'à atteindre un pic 31 en une longueur d'onde $\lambda'1$ voisine de $\lambda1$. Le pic 31 est cependant sensiblement moins élevé que le pic 24 de la courbe 22. La courbe 30 subit ensuite une décroissance abrupte mais brève puis se met de nouveau à croître jusqu'à un maximum 32, atteint environ en la longueur d'onde $\lambda2$. La courbe 30 décroît ensuite progressivement jusqu'à atteindre l'axe 20 en $\lambda'4$. La longueur d'onde $\lambda'1$ est, comme $\lambda1$, voisine de 1530 nm.

La courbe 30, obtenue avec une augmentation de la longueur L de fibre 1, peut être également obtenue en diminuant la puissance émise par la diode de pompe 45.

15 Le miroir arrière 5 présente une fenêtre de réflexion autour d'une longueur d'onde. Le spectre S de la lumière émise E par la source est stabilisé au voisinage de cette même longueur d'onde.

Dans les exemples présentés, cette longueur d'onde est $\lambda2$, et la fenêtre a une largeur égale à $D \lambda$. On peut représenter le coefficient de réflexion du miroir arrière 5 en fonction de la longueur d'onde, comme on peut le voir sur les Figures 6A et 7A. La représentation est faite dans un repère orthogonal comprenant deux axes 20 et 27, le premier 20 étant celui des longueurs d'onde et le second 27 donnant le coefficient de réflexion. Typiquement, on obtient ainsi une courbe 23, symétrique par rapport à $\lambda2$, et non confondue avec l'axe 20 sur une largeur $D \lambda$.

25 La courbe 23 croît ainsi régulièrement à partir de l'axe 20 jusqu'à un pic 26, atteint en $\lambda2$, puis décroît jusqu'à l'axe 20.

Le miroir arrière 5 sélectif en longueurs d'onde consiste préférentiellement en un miroir de Bragg et plus particulièrement en un réseau de Bragg photo-inscrit dans une fibre optique. Ce dernier présente comme principaux avantages sa forme de fibre, sa compacité et l'absence de pertes de puissance. Il est cependant très sensible à des écarts de température, ses écarts relatifs I en longueur d'onde moyenne étant de l'ordre de 7.10^{-6} . C'est pourquoi il s'avère important de maîtriser la température.

Pour ce faire, il est avantageux d'adjoindre au réseau de Bragg photo-inscrit, et plus généralement au miroir de Bragg, un moyen de maîtrise de température. Ce moyen peut, par exemple, consister en un thermo-élément, tel que celui commercialisé sous le nom de "élément Peltier". Il peut aussi être constitué par une résistance chauffante, telle qu'une thermistance à coefficient de température positif (ou CTP).

Ce moyen de maîtrise de température permet de stabiliser la courbe 23 donnant le coefficient de réflexion du miroir arrière 5 en fonction de la longueur d'onde.

La largeur $D\lambda$ de longueurs d'onde correspond à la largeur du spectre de la lumière émise E. Elle est typiquement choisie entre quelques nanomètres et quelques dizaines de nanomètres.

Une autre solution consiste à utiliser un dispositif de type Fabry-Perot, comprenant un miroir à large bande interférant avec l'extrémité arrière 3 de la fibre 1. Une variation de la position du miroir à large bande permet de couvrir une gamme de longueurs d'onde souhaitée.

Le fonctionnement de la source peut être présenté de la façon suivante. La diode de pompe 45 envoie une onde de pompe 6 en direction du multiplexeur 40, à la longueur d'onde de pompe. L'onde 6 est alors transmise de la porte 41 vers la porte 43 et parvient ensuite à la fibre 1. Sous l'effet de l'onde 6, des émissions 7 et 8 émanent de la fibre 1, respectivement en sorties avant et arrière. Au tout début de l'émission, leurs propriétés spectrales sont identiques et correspondent à la courbe 22 ou 30 décrite précédemment.

L'émission arrière 8 traverse le multiplexeur 40 en passant de la première porte de sortie 43 vers la seconde porte d'entrée 42, puis atteint le miroir arrière 5. Elle est alors partiellement réfléchie en fonction des caractéristiques du miroir arrière 5. Les propriétés de l'émission arrière 8 modifiées par le miroir arrière 5 résultent des courbes 22 de DSP et 23 du coefficient de réflexion en fonction de la longueur d'onde. La courbe 28 correspondant à l'émission arrière 8 réfléchie est représentée sur la Figure 6B. La courbe 28, approximativement associée au produit des fonctions correspondant aux courbes 22 et 23 à un coefficient multiplicateur près, a une largeur égale à $D\lambda$ et est centrée autour de la longueur d'onde λ_2 .

En utilisant un miroir de Bragg avec un moyen de maîtrise de température, il est possible de contrôler automatiquement et directement la longueur d'onde λ_2 par un asservissement avec contre-réaction associé à ce moyen.

5 On remarquera que plus étroite est la largeur $D\lambda$ associée au miroir 5, meilleure est la stabilisation spectrale obtenue en sortie avant. Dans une réalisation limite pour laquelle la courbe du coefficient de réflexion du miroir arrière 5 est réduite à une raie hyper-fine centrée sur λ_2 , la largeur $D\lambda$ est nulle. Il en est alors de même de l'écart relatif I défini
10 plus haut, ce qui signifie que l'on supprime totalement les instabilités spectrales.

Pour une seconde longueur L de fibre 1, associée aux courbes 30 de DSP et 23 du coefficient de réflexion en fonction de la longueur d'onde, on obtient un résultat similaire. Le contenu spectral de l'émission arrière 8
15 réfléchi est représenté par la courbe 34 qui, comme la courbe 28, est centrée autour de la longueur d'onde λ_2 , a une largeur égale à $D\lambda$, et a une forme sensiblement rectangulaire.

L'émission arrière 8 réfléchi repasse alors par la seconde porte d'entrée 42, traverse le multiplexeur 40 en ressortant par la première
20 porte de sortie 43, et parcourt la fibre 1 de son extrémité arrière 3 vers son extrémité avant 2. Son contenu spectral ne provoque a priori pas d'excitation de la fibre 1, bien que cette possibilité ne soit pas exclue. L'émission avant 7 se trouve ainsi enrichie par cette réflexion, et après avoir traversé l'isolateur 47, donne la lumière émise E .

25 Lorsque l'équilibre du système est atteint, la lumière émise E a un spectre d'émission S de largeur sensiblement égale à $D\lambda$, stabilisé autour de λ_2 .

Dans une autre mise en oeuvre de ce même mode de réalisation, la fibre 1 est dopée avec de l'erbium et a une longueur L égale à 15 m, le
30 miroir arrière 5 comprenant un réseau de Bragg photo-inscrit dans une fibre optique. Ce réseau de Bragg génère une courbe de coefficient de réflexion centrée sur une longueur d'onde égale à 1530 nm et admettant une largeur $D\lambda$ égale à 5 nm. Le miroir arrière 5 comprend également un thermo-élément du type dénommé "élément Peltier" pour maîtriser sa
35 température. On observe alors que l'écart relatif I de la longueur d'onde

moyenne λ_m est inférieure à 50.10^{-6} pendant et après des cycles thermiques entre -20°C et 60°C . Le spectre d'émission S en sortie avant de la fibre 1 est ainsi stabilisé.

5 Dans des conditions analogues, mais avec un miroir traditionnel, l'écart relatif I est de l'ordre de 400.10^{-6} .

On peut également contrôler des variations dans le temps de la longueur d'onde moyenne λ_m du spectre d'émission S. En choisissant la température comme paramètre de contrôle v , on observe en effet que la variation relative $V(v)$ vaut environ $7.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. En jouant sur la
10 température, on peut ainsi ajuster précisément la longueur d'onde moyenne λ_m .

Dans un second mode de réalisation de la source de lumière, représenté sur la Figure 8, on n'emploie pas de multiplexeurs. L'ensemble des éléments sont reliés en série dans l'ordre suivant: diode de pompe
15 45, miroir arrière 5, fibre 1, et isolateur 47.

En fonctionnement, la diode de pompe émet une onde de pompe 6 à la longueur d'onde λ_p de pompe. Celle-ci traverse le miroir 5 qui est transparent pour cette longueur d'onde, et parvient directement à l'extrémité arrière 3 de la fibre 1. La fibre 1 stimulée donne alors des
20 émissions avant 7 et arrière 8. L'émission arrière 8 est réfléchiée par le miroir arrière 5, de la même façon que pour le premier mode de réalisation, et revient vers la fibre 1, qu'elle traverse de l'extrémité arrière 3 jusqu'à l'extrémité avant 2. L'émission avant 7 et l'émission arrière 8 réfléchiée par le miroir arrière 5 se mêlent et traversent l'isolateur 47 pour
25 donner finalement la lumière émise E.

Dans un troisième mode de réalisation de la source de lumière, représenté sur la Figure 9, on utilise comme dans le premier mode de réalisation le multiplexeur 2×2 référencé 40. Sa première porte d'entrée 41 est également reliée à la diode de pompe 45, et sa seconde porte de
30 sortie 44 aboutit au clivage 46. Cependant, sa seconde porte d'entrée 42 est reliée à l'isolateur 47, et sa première porte de sortie 43 débouche sur l'extrémité avant 2 de la fibre 1. L'extrémité arrière 3 de la fibre 1 est quant à elle reliée au miroir arrière 5.

En fonctionnement, la diode de pompe 45 émet l'onde de pompe
35 6 qui traverse le multiplexeur 40 de la première porte d'entrée 41 vers la

première porte de sortie 43 et vient exciter la fibre 1. Les émissions avant 7 et arrière 8 partent alors de celle-ci. L'émission arrière 8 est réfléchiée par le miroir arrière 5, et elle revient vers la fibre 1 qu'elle traverse. La puissance P_1 obtenue en sortie avant de la fibre 1 par l'émission avant 7 et l'émission arrière 8 réfléchiée se dirige vers la première porte de sortie 43 du multiplexeur 40, et circule jusqu'à la seconde porte d'entrée 42, puis traverse l'isolateur 47 pour donner la lumière émise E.

Dans un quatrième mode de réalisation de la source de lumière, représenté sur la Figure 10, on symétrise l'ensemble du système. On emploie pour cela deux diodes de pompe 61 et 62 de propriétés similaires, ainsi que deux multiplexeurs 2 x 2 référencés 50 et 55 dépendant de la longueur d'onde.

Le multiplexeur 50 comprend deux portes d'entrée 51 et 52 et deux portes de sortie 53 et 54. La première porte d'entrée 51 est reliée à la première diode de pompe 61, et la seconde porte d'entrée 52 au miroir arrière 5. La première porte de sortie 53 donne sur l'extrémité arrière 3 de la fibre 1. Quant à la seconde porte de sortie 54, elle aboutit à un clivage 63 en biais. De la lumière à la longueur d'onde λ_p de pompe traverse exclusivement le multiplexeur 50 entre la première porte d'entrée 51 et la première porte de sortie 53, tandis que de la lumière à une longueur d'onde d'émission par la fibre 1 traverse le multiplexeur 50 exclusivement entre la seconde porte d'entrée 52 et la première porte de sortie 53.

Le second multiplexeur 55 comporte deux portes d'entrée 56 et 57 et deux portes de sortie 58 et 59. La première porte d'entrée 56 est reliée à la seconde diode de pompe 62. La seconde porte d'entrée 57 est quant à elle connectée à l'isolateur 47. La première porte de sortie 58 donne sur l'extrémité avant 2 de la fibre 1, et la seconde porte de sortie 59 aboutit à un clivage 64. A la longueur d'onde λ_p de pompe, la lumière traverse le multiplexeur 55 entre la première porte d'entrée 56 et la première porte de sortie 58, et à une longueur d'onde d'émission de la fibre 1, entre la seconde porte d'entrée 57 et la première porte de sortie 58.

Le fonctionnement peut être représenté de la façon suivante. Les deux diodes de pompe 61 et 62 émettent simultanément des ondes respectives 65 et 66. L'onde de pompe 65 passe de la première porte

d'entrée 51 du multiplexeur 50 à sa première porte de sortie 53, et de là parvient à l'extrémité arrière 3 de la fibre 1. L'onde de pompe 66 parvient quant à elle à l'extrémité avant 2 de la fibre 1 en passant par la première porte d'entrée 56 du multiplexeur 55 et par sa première porte de sortie 58. La fibre 1 stimulée produit deux émissions respectivement avant 7 et arrière 8. L'émission arrière 8 parvient à la première porte de sortie 53 du multiplexeur 50, traverse le multiplexeur 50 jusqu'à sa seconde porte d'entrée 52, et est réfléchi par le miroir arrière 5. Elle reprend ensuite le même chemin en sens inverse jusqu'à l'extrémité arrière 3 de la fibre 1. Après traversée de la fibre 1, elle se mêle à l'émission avant 7. L'émission avant 7 et l'émission arrière réfléchi 8 traversent le multiplexeur 55 de sa première porte de sortie 58 vers sa seconde porte d'entrée 57, et après un passage par l'isolateur 47 donnent la lumière émise E.

L'utilisation du miroir arrière 5 sélectif en longueurs d'onde permet un filtrage actif très efficace: la stabilisation du spectre S de lumière émise E autour de la valeur moyenne λ_2 est tout à fait satisfaisante. De plus, ce filtrage actif entraîne des pertes très faibles contrairement au filtrage passif habituellement employé. En effet, la présence du miroir arrière 5 revient à une simple modification de condition aux limites. Le filtrage actif, agissant au sein même de la source de lumière, dispense de placer un filtre passif en aval.

Dans une variante de réalisation des sources de lumière selon l'invention, on tolère des fluctuations d'un ou de plusieurs des paramètres d'instabilités u. Cette variante est possible si les paramètres concernés sont mesurables et si la variation relative V en fonction de ces paramètres est parfaitement connue. Au lieu de chercher à stabiliser le spectre d'émission S, on mesure alors ces paramètres et on en déduit les variations de la longueur d'onde moyenne λ_m . Par exemple, le miroir arrière 5 comprenant un réseau de Bragg, la température peut constituer un tel paramètre d'instabilité.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le miroir arrière 5 joue un autre rôle que celui de filtrage : grâce à des moyens appropriés, il sert à contrôler des variations dans le temps de la longueur d'onde moyenne λ_m . Ces moyens agissent sur la dépendance en longueur

d'onde du coefficient de réflexion du miroir 5.

Un tel moyen est, par exemple, constitué par le moyen de maîtrise de température précédemment décrit pour le miroir de Bragg. La température constitue alors un paramètre de contrôle v de la longueur d'onde moyenne. La tension exercée sur la fibre dans laquelle est photo-

5 inscrit un réseau de Bragg, peut également remplir ce rôle.

La maîtrise du spectre de lumière émise E , pour une stabilisation ou un contrôle de variations, peut être obtenue également par d'autres moyens, tels qu'un contrôle électronique de propriétés du miroir arrière 5.

Bien que l'ensemble de la présentation ait été faite pour une

10 source à fibre dopée terre rare, d'autres sources de lumière contenant des structures guidantes amplificatrices peuvent être employées, telles que celles citées plus haut (DSL et ELED). D'autre part, le moyen d'excitation de la source de lumière peut être autre que les diodes de pompe 45, 61,

15 62 présentées dans les modes particuliers de réalisation précédents. Ces moyens peuvent par exemple être de nature électriques, en particulier en présence d'une DSL.

Les dispositifs atténuant ou évitant des réflexions parasites, isolateurs 47 et clivages 46, 63, 64, peuvent être remplacés ou complétés

20 par d'autres dispositifs remplissant la même fonction, tels que ceux évoqués au début de la description.

Une source de lumière selon l'invention est avantageusement utilisée dans des dispositifs nécessitant une grande cohérence spatiale et une faible cohérence temporelle, ainsi qu'une bonne stabilité spectrale.

25 Elle s'avère ainsi particulièrement judicieuse dans un gyroscope à fibre optique.

REVENDEICATIONS

1. Source de lumière à spectre large comprenant une structure guidante (1) amplificatrice ayant un côté avant (2) et un côté arrière (3), et un moyen d'excitation (45, 61, 62) de la structure guidante (1), la structure guidante (1) excitée par le moyen d'excitation (45, 61, 62) émettant de la lumière (7, 8) vers l'avant (2) et vers l'arrière (3), la lumière (7) émise vers l'avant (2) ayant un spectre d'émission spontanée (22, 30),

caractérisée en ce qu'elle comprend un miroir arrière (5), réfléchissant seulement pour une gamme de longueurs d'onde plus étroite que ledit spectre d'émission spontanée (22, 30) et produit une émission (E) vers l'avant (2) ayant un spectre d'émission (28, 34) maîtrisé autour d'une longueur d'onde moyenne.

2. Source de lumière selon la revendication 1, caractérisée en ce que le miroir arrière (5) comporte des moyens permettant de faire varier la gamme de longueurs d'onde dans le temps, ledit miroir arrière (5) servant à contrôler des variations (V) de la longueur d'onde moyenne (λ_m).

3. Source de lumière selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le miroir arrière (5) comprend un miroir de Bragg.

4. Source de lumière selon la revendication 3, caractérisée en ce que le miroir de Bragg est un réseau de Bragg photo-inscrit dans une fibre optique.

5. Source de lumière selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le miroir arrière (5) comprend un moyen de maîtrise de température.

6. Source de lumière selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le miroir arrière (5) est constitué par un dispositif de type Fabry-Perot, comprenant un miroir à large bande interférant avec la face arrière (3) de la structure guidante (1).

7. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la structure guidante (1) appartient à un ensemble comprenant une source à fibre dopée avec une terre rare, une diode super-luminescente et une diode à émission de lumière par la tranche.

8. Source selon la revendication 7, caractérisée en ce que la

structure guidante (1) est une source à fibre dopée avec de l'erbium.

5 9. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un isolateur (47) à l'avant de la structure guidante (1), destiné à éviter un effet laser dans la structure guidante (1).

10 10. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le moyen d'excitation (45, 61, 62) est une diode de pompe optique.

15 11. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend un multiplexeur 2 x 2 (40) ayant deux portes d'entrée (41, 42) et deux portes de sortie (43, 44), une première porte d'entrée (41) étant reliée au moyen d'excitation (45) et la seconde (42) au miroir arrière (5), et une première porte de sortie (43) étant reliée à l'arrière (3) de la structure guidante (1) et la seconde (44) se
20 terminant par un clivage (46) qui évite des réflexions parasites, ledit multiplexeur (40) transmettant de la lumière sélectivement, entre la première porte d'entrée (41) et la première porte de sortie (43) pour une longueur d'onde (λ_1) d'excitation de la structure guidante (1) par le moyen d'excitation (45), et entre la seconde porte d'entrée (42) et la première porte de sortie (43) pour une longueur d'onde (λ_2) d'émission spontanée de lumière par la structure guidante (1).

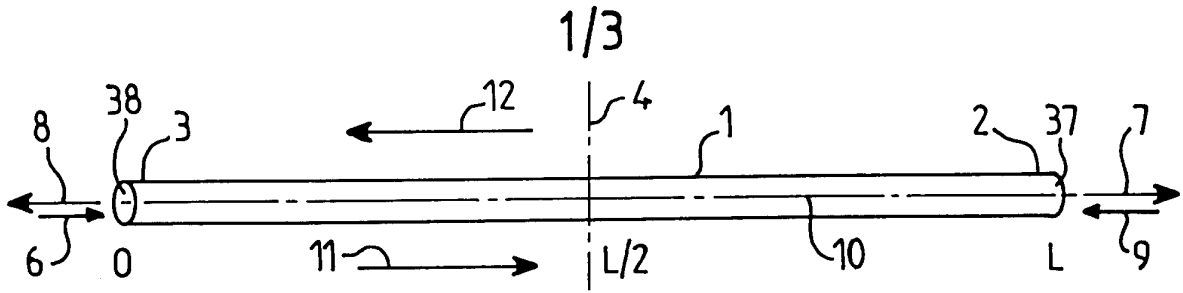


FIG.1 ART ANTERIEUR

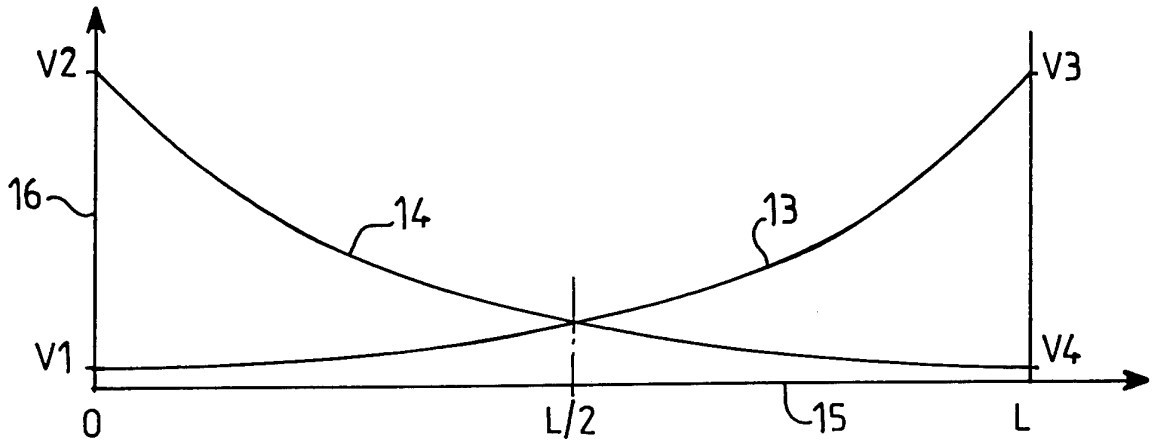


FIG.2 ART ANTERIEUR

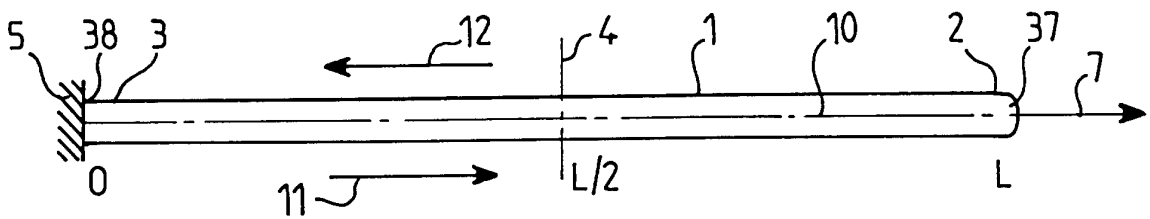


FIG.3

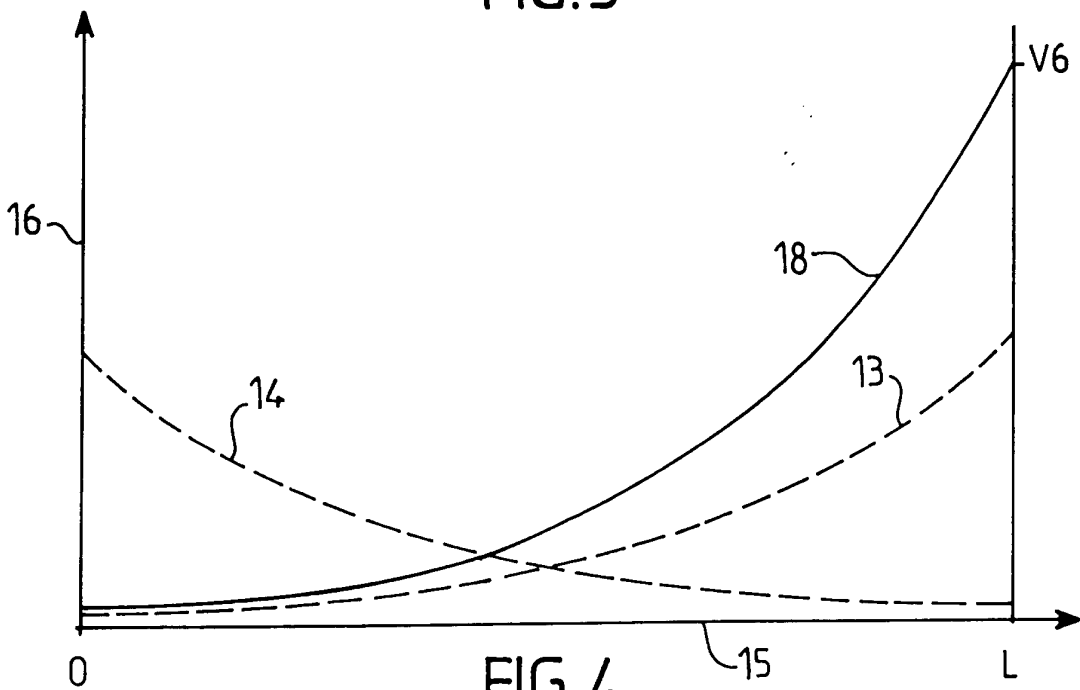


FIG.4

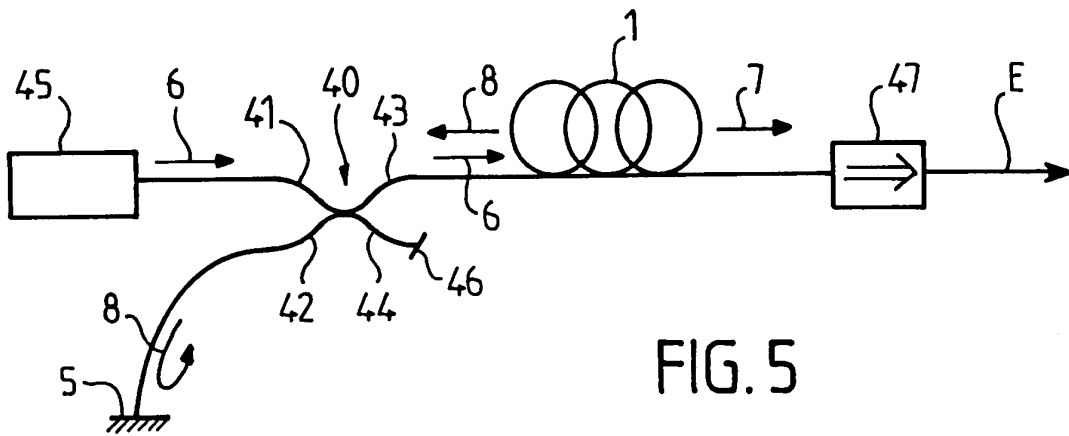


FIG. 5

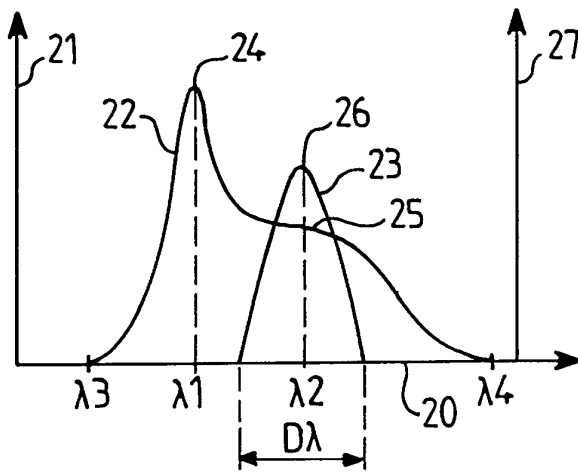


FIG. 6A

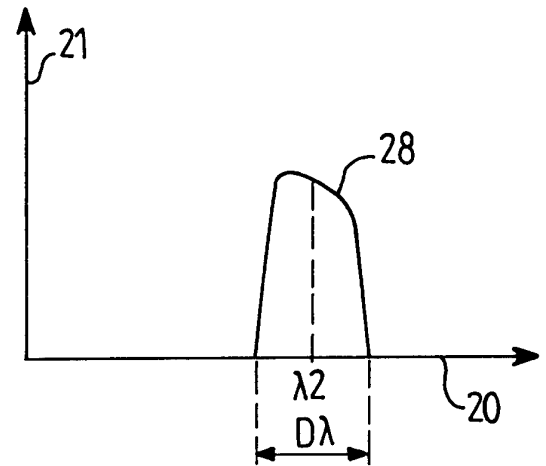


FIG. 6B

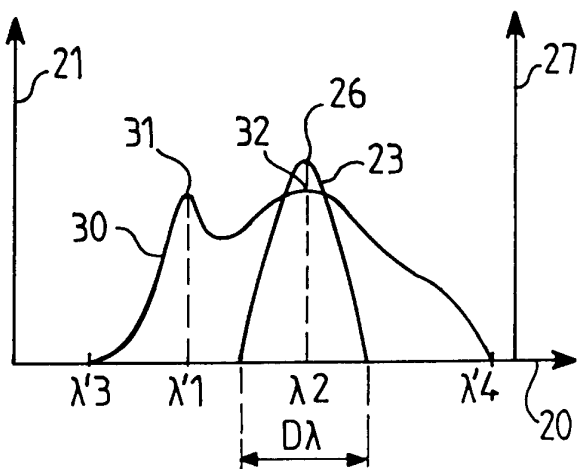


FIG. 7A

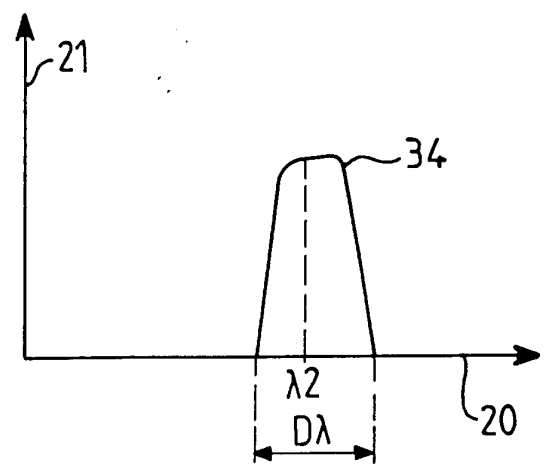


FIG. 7B

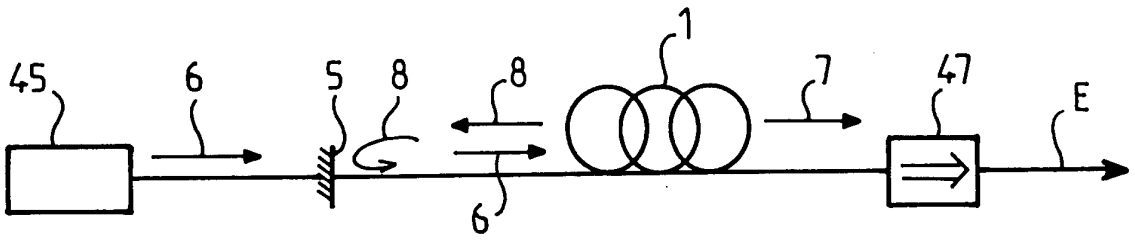


FIG. 8

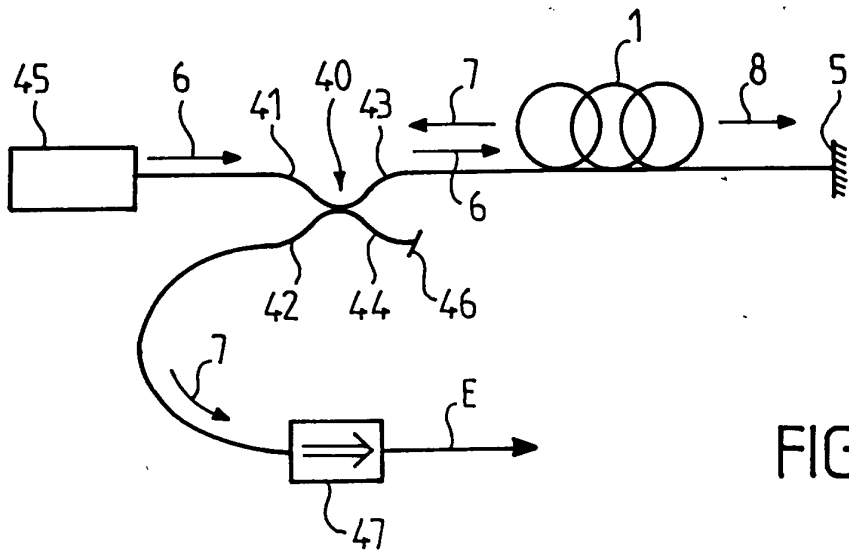


FIG. 9

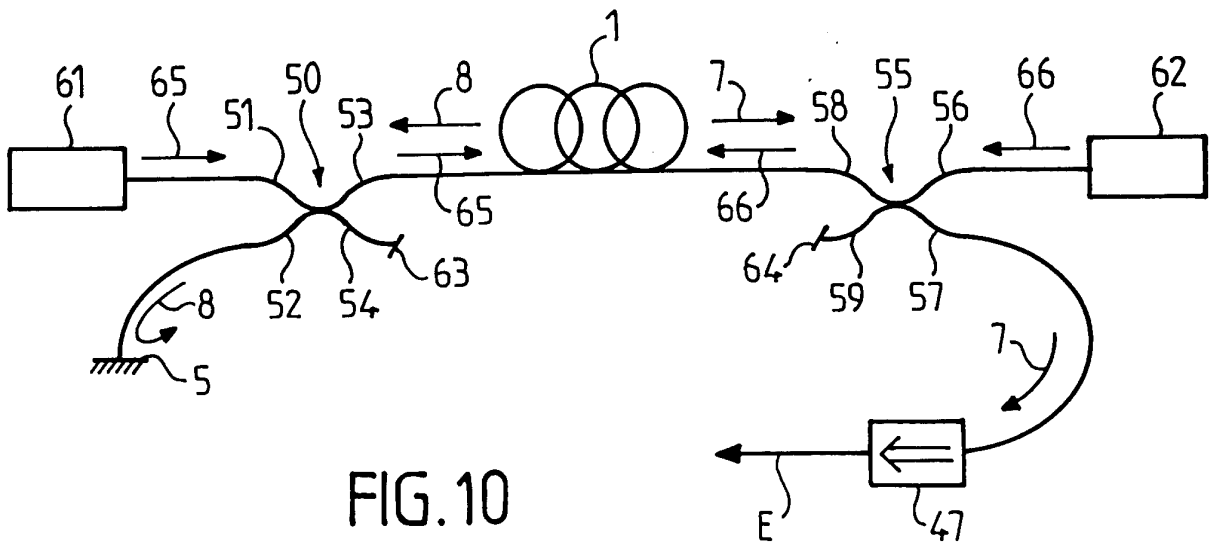


FIG. 10

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 564 098 (HEWLETT PACKARD CO) 6 Octobre 1993 * colonne 3, ligne 34 - ligne 10 * ---	1,7,8, 10,11
X	EP-A-0 524 558 (GEN INSTRUMENT CORP) 27 Janvier 1993 * revendications 1,3 * ---	1,3,4, 7-11 2,5
Y	US-A-5 283 686 (HUBER DAVID R) 1 Février 1994 * colonne 1, ligne 44 - ligne 54 * * colonne 2, ligne 45 - ligne 52 * ---	2,5
A	EP-A-0 372 907 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR) 13 Juin 1990 * abrégé; figure 16 * * page 1, ligne 30 - page 2, ligne 11 * ---	1
A	ELECTRONICS LETTERS, vol. 30, no. 8, 14 Avril 1994, STEVENAGE GB, pages 653-654, XP002000367 * le document en entier * ---	1
A	US-A-5 159 601 (HUBER DAVID R) 27 Octobre 1992 * colonne 1, ligne 27 - colonne 2, ligne 12 * -----	1-6
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
11 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>		

1

EPO FORM 1500 03.82 (P04C13)

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)

H01S