(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 830 376**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **01 12589**

(51) Int Cl[7] : **H 01 S 3/063**

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 01.10.01.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.04.03 Bulletin 03/14.

(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) :** *TEEM PHOTONICS Société anonyme* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BARBIER DENIS, JACQUIN OLIVIER et MOLVA ENGIN.

(73) **Titulaire(s) :**

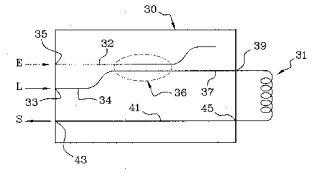
(74) **Mandataire(s) :** BREVALEX.

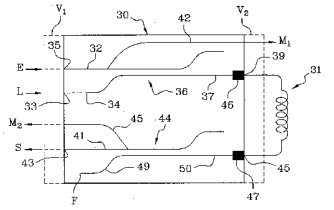
(54) AMPLIFICATEUR OPTIQUE HYBRIDE ET MATRICE DE TELS AMPLIFICATEURS.

(57) L'amplificateur optique hybride de l'invention comporte:

- un support (30) comprenant au moins un premier guide optique (32) apte à recevoir à partir d'une première extrémité (35) du support, une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier, un deuxième guide optique (34) apte à recevoir à partir d'une deuxième extrémité (33) du support, une première onde pompe L, un premier multiplexeur (36) relié au premier et au deuxième guide optique et apte à transmettre à un troisième guide optique (37) les ondes E et L, le troisième guide optique étant relié à une troisième extrémité (39) du support, et un quatrième guide optique (41) relié d'une part à une quatrième extrémité (45) du support et d'autre part à une cinquième extrémité (43) du support qui apte à délivrer une onde S puissance Ps supérieure la puissance Pe.

- une fibre amplificatrice (31) comportant une première extrémité reliée à la troisième extrémité du support et une deuxième extrémité reliée à la quatrième extrémité du support.





FR 2 830 376 - A1

AMPLIFICATEUR OPTIQUE HYBRIDE ET MATRICE DE TELS AMPLIFICATEURS

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un amplificateur optique hybride ainsi qu'une matrice de tels amplificateurs.

L'invention trouve des applications dans tous les domaines nécessitant une amplification d'un signal optique et en particulier dans le domaine des télécommunications optiques.

ETAT DE LA TECHNIQUE

La figure 1a représente un schéma de principe d'une structure classique d'amplification réalisée en optique intégrée.

Pour amplifier une onde lumineuse, les structures d'amplification optique réalisées en optique intégrée, comprennent deux parties dans lesquelles sont réalisées des guides optiques.

Un guide optique se compose d'une partie centrale appelée généralement cœur et de milieux environnants situés tout autour du cœur et qui peuvent être identiques entre eux ou différents.

Pour permettre le confinement de la lumière dans le cœur, l'indice de réfraction du milieu composant le cœur doit être différent et dans la plupart des cas supérieur à ceux des milieux environnants. Le guide peut être un guide planaire,

lorsque le confinement de la lumière se fait dans un plan ou un microguide, lorsque le confinement de la lumière est réalisé aussi latéralement.

Pour simplifier la description on assimilera le guide à sa partie centrale ou cœur. Par ailleurs, on appellera tout ou partie des milieux environnants, substrat, étant bien entendu que lorsque le guide est pas ou peu enterré, un des milieux environnants peut être extérieur au substrat et être par exemple de l'air.

Suivant le type de technique utilisé, le substrat peut être monocouche ou multicouche.

En outre, suivant les applications, un guide optique dans un substrat peut être plus ou moins enterré dans ce substrat et en particulier comporter des portions de guide enterrées à des profondeurs variables. Ceci est particulièrement vrai dans la technologie d'échange d'ions dans du verre.

La première partie de la structure d'amplification qui est référencée 1 sur la figure 1a, reçoit en entrée d'une part l'onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier et d'autre part, une onde pompe L issue généralement d'une source laser. Les ondes E et L sont transportées respectivement dans deux guides 5 et 4 vers un coupleur 3. Ce dernier est réalisé par les guides 5 et 4 qui sont séparés sur une longueur d'interaction donnée, d'une distance telle que l'onde E est injectée dans le guide 4 transportant l'onde L. En sortie du coupleur 3, il ne reste que le guide 4 qui transporte alors les ondes E et L. Cette première partie n'a pour rôle que le couplage des deux

ondes dans le guide 4.

La deuxième partie de la structure d'amplification, qui est référencée 2 sur la figure 1, reçoit en entrée d'un guide 6, les ondes E et L couplées de la première partie. Cette deuxième partie a pour but d'amplifier l'onde E de puissance initiale Pe à partir de l'onde de pompe L. L'amplification dans cette deuxième partie est réalisée dans le guide 6. L'onde lumineuse S en sortie du guide 6 présente alors une puissance Ps supérieure à la puissance Pe.

Dans la technologie d'échange d'ions dans du verre, la première partie est par exemple du silicate et la deuxième partie est par exemple du verre phosphate dopé à l'erbium. Ces deux parties sont généralement collées ensemble.

Les structures amplificatrices intégrées présentent l'avantage d'être particulièrement compactes, cependant elles nécessitent généralement de fortes puissances de pompe.

Il existe également des structures d'amplification à fibres optiques. La figure 1b illustre schématiquement une telle structure.

L'onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier est véhiculée par une fibre optique référencée 15 tandis que l'onde pompe L est transportée par une fibre optique référencée 14. Ces deux ondes E et L sont multiplexées par un multiplexeur 13 obtenu par fusion des deux fibres 14 et 15. La sortie du multiplexeur est elle-même soudée à une fibre amplificatrice 16 dopée pour l'amplification ; cette soudure est protégée par un manchon 11 de protection.

L'onde lumineuse S en sortie de la fibre 16 présente comme décrit précédemment une puissance Ps supérieure à la puissance Pe.

Ces structures amplificatrices à fibres présentent aujourd'hui un meilleur rendement d'amplification que les structures intégrées. Elles peuvent donc utiliser des sources de pompes de puissance plus faible. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'être de tailles importantes. A titre d'exemple un multiplexeur 13 mesure environ 5 à 6 cm et une soudure avec son manchon 11 de protection mesure environ 3 cm.

Par ailleurs, lorsque l'on veut prélever une partie de l'onde lumineuse d'entrée et/ou de sortie pour réaliser des contrôles des structures d'amplification, il faut en général utiliser des diviseurs dissymétriques pour fibres (appelés "tap" à fibres), or ces derniers présentent des dimensions semblables à celles des multiplexeurs.

Ces structures amplificatrices à fibres nécessitent donc une certaine place et donc un boîtier de taille importante.

Enfin, les tailles de modes entre une fibre standard et une fibre dopée pour l'amplification sont assez différentes, ce qui se traduit par des pertes de couplage au niveau de l'assemblage de ces fibres. A titre d'exemple, la taille de mode pour une fibre standard 14 ou 15 est d'environ 10,4 μm et la taille de mode pour une fibre 16 dopée pour l'amplification est d'environ 5 μm à 8 μm.

Plus la taille de mode est petite, plus on

pourra utiliser des courbures faibles et avoir des structures plus compactes, mais plus on aura en revanche des pertes de couplage importantes.

EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de proposer un amplificateur optique hybride alliant les avantages des structures amplificatrices à fibres et celles des structures amplificatrices intégrées en évitant les inconvénients décrits ci-dessus.

En particulier, un but de l'invention est un amplificateur optique qui puisse être compact, de réalisation aisée, de bon rendement d'amplification et si possible de faible coût.

Un autre but de l'invention est encore de proposer une matrice de tels amplificateurs.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un amplificateur optique hybride comportant :

- un support comprenant au moins un premier guide optique apte à recevoir à partir d'une première extrémité du support, une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier, un deuxième guide optique apte à recevoir à partir d'une deuxième extrémité du support, une première onde pompe L, un premier multiplexeur relié au premier et au deuxième guide optique et apte à transmettre à un troisième guide optique les ondes E et L, le troisième guide optique étant relié à une troisième extrémité du support, et
- une fibre amplificatrice comportant une première extrémité reliée à la troisième extrémité du support et une deuxième extrémité apte à délivrer une

onde S de puissance Ps supérieure la puissance Pe.

Selon un premier mode de réalisation, la sortie de l'amplificateur de l'invention est directement sur la fibre.

Selon un deuxième mode de réalisation préféré, la sortie de l'amplificateur de l'invention est sur une cinquième extrémité du support, pour cela, le support comporte en outre un quatrième guide optique relié d'une part à une quatrième extrémité du support elle-même reliée à la deuxième extrémité de la fibre et d'autre part à la cinquième extrémité du support qui est apte à délivrer l'onde S.

Ce mode de réalisation préféré permet d'avoir toutes les entrées et les sorties de l'amplificateur intégrées sur le support.

Ainsi, selon l'invention, la partie amplificatrice utilise une fibre amplificatrice ce qui permet d'avoir un bon rendement optique et ce qui permet d'utiliser un grand nombre de fibres existant sur le marché. Par ailleurs, les guides optiques et le multiplexeur décrits précédemment qui sont les éléments de base nécessaires, en association avec la fibre amplificatrice, pour réaliser une fonction d'amplification optique, sont intégrés sur un support, ce qui permet d'avoir un ensemble compact.

Le support peut bien entendu être réalisé par un seul bloc d'optique intégrée ou plusieurs blocs pouvant être indépendants.

De plus, d'autres fonctions peuvent bien entendu être également intégrées sur le support.

En particulier, selon un mode de réalisation

avantageux de l'amplificateur optique hybride de l'invention, le support comporte en outre un ou plusieurs adaptateurs de mode guidé, respectivement à une ou plusieurs extrémités du support.

Selon une première variante de réalisation, lorsque le mode guidé du troisième guide n'est pas adapté à la première extrémité de la fibre amplificatrice, un adaptateur de mode est réalisé à la troisième extrémité du support.

Cet adaptateur, situé à la troisième extrémité du support, permet d'adapter le mode entre le troisième guide et la première extrémité de la fibre.

Selon une deuxième variante de réalisation un adaptateur de mode est situé à la première extrémité du support, cet adaptateur permet d'adapter le mode guidé entre le premier guide et les moyens d'introduction de l'onde E.

De même, le support comporte avantageusement, en outre au moins un adaptateur de mode réalisé à la quatrième et/ou à la cinquième extrémité du support.

Lorsqu'un adaptateur est situé à la quatrième extrémité du support, il permet d'adapter le mode entre le guide relié à ladite extrémité et la deuxième extrémité de la fibre. Lorsqu'un adaptateur est situé à la cinquième extrémité du support, il permet d'adapter le mode guidé entre le quatrième guide et les moyens de récupérations de l'onde S.

Ainsi, l'association de guides optiques intégrés sur un support et d'une fibre amplificatrice permet de réaliser simplement une adaptation des modes

sur le support entre les guides et la fibre.

Ces adaptateurs de mode peuvent être réalisés de deux façons différentes :

- soit en réalisant une transition dans le support entre la largeur du cœur du guide et celle de la fibre par exemple par un guide en forme d'entonnoir (appelé "taper" en terminologie anglo-saxonne). Celui-ci peut être obtenu notamment par un dessin de masque approprié ou dans le cas de la technique d'échange d'ions par une rediffusion local,

- soit en réalisant des confinements différents au niveau de l'adaptateur. On peut pour cela réaliser un enterrage approprié du guide au niveau de l'adaptateur pour modifier les variations d'indices de réfraction et par voie de conséquence les tailles de mode.

Selon un autre mode de réalisation, le support comporte en outre au moins un filtre de pompe apte à absorber les résidus de pompe. Le support comporte alors en outre un cinquième guide optique relié d'une part à un filtre de pompe et d'autre part à un deuxième multiplexeur, ledit multiplexeur étant relié d'une part au quatrième et au cinquième guide optique et d'autre part à un septième guide optique, le quatrième guide optique étant alors relié à la quatrième extrémité du support via le deuxième multiplexeur et le septième guide optique.

Le filtre de pompe peut être réalisé par un arrêt du guide optique dans le support, les résidus de pompe ne sont alors plus guidés et sont absorbés dans le support ; le filtre de pompe peut être également

réalisé par une extrémité du support, les résidus de pompe sont alors évacués du support.

Ce filtre de pompe est appelé en terminologie anglo-saxonne : "kill filter".

Selon une variante de réalisation, le support comporte un cinquième guide optique apte à recevoir à partir d'une sixième extrémité du support, une deuxième onde de pompe L', et un deuxième multiplexeur relié au quatrième et au cinquième guide optique et apte à transmettre à un septième guide optique l'onde L', le quatrième guide optique étant relié à la quatrième extrémité du support via le deuxième multiplexeur et le septième guide optique.

Dans cette variante de réalisation, deux ondes de pompes L et L' sont utilisées en sens opposé et permettent une meilleure amplification de l'onde E.

Selon encore une autre variante, le support comporte au moins un élément de prélèvement d'une partie de l'onde lumineuse véhiculée par l'un des guides optiques du support afin de permettre un contrôle de ladite onde par des moyens de contrôle pouvant être extérieurs au support.

Selon un mode de réalisation de cette variante, un élément de prélèvement est disposé sur le premier guide pour prélever une partie de l'onde E et un autre élément de prélèvement est disposé sur le quatrième guide pour prélever une partie de l'onde S. Les parties prélevées des ondes permettent un contrôle desdites ondes.

L'élément de prélèvement de l'invention est par exemple un diviseur (appelé "tap" en terminologie

anglo-saxonne) apte à prélever un faible pourcentage de l'onde, par exemple 1%.

Le premier et/ou le deuxième multiplexeur sont réalisés respectivement par exemple par un coupleur appelé aussi coupleur de proximité.

L'amplificateur à fibre est par exemple une fibre dopée à l'erbium.

De façon avantageuse, le support est du verre et les guides sont formés par la technique d'échange d'ions. Le support et les guides pourraient être aussi réalisés par exemple à partir de Si/SiO_2 ou de $LiNbO_3$ etc...

L'onde de pompe L peut provenir d'une source de pompe telle que par exemple une diode laser, fibrée ou non, reliée optiquement à la deuxième extrémité du support.

De même l'onde de pompe L' peut provenir d'une source de pompe telle que par exemple une diode laser, fibrée ou non, reliée optiquement à la sixième extrémité du support.

Les extrémités du support sont reliés aux extrémités de la fibre par des éléments de connexions.

De même, la ou les sources de pompe, les moyens d'introduction de l'onde à amplifier et/ou de récupération de l'onde amplifiée ou encore les moyens de contrôles et de façon générale tous les éléments reliés au support par des fibres optiques, le sont par des éléments de connexions. Ces derniers sont avantageusement soit des férules soit des blocs de "V".

L'invention s'applique également à une matrice de n amplificateurs optiques hybrides tels que

décrit précédemment, cette matrice comportant :

- un support dans lequel sont intégrés pour chaque amplificateur, un ensemble amplificateur comportant au moins un premier guide optique apte à recevoir à partir d'une première extrémité du support, une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier, un deuxième guide optique apte à recevoir à partir d'une deuxième extrémité du support, une première onde pompe L, un premier multiplexeur relié au premier et au deuxième guide optique et apte à transmettre à un troisième guide optique les ondes E et L, le troisième guide optique étant relié à une troisième extrémité du support, et

- n fibres amplificatrice reliées respectivement à un ensemble, chaque fibre amplificatrice comportant une première extrémité reliée à la troisième extrémité du support correspondant à cet ensemble et une deuxième extrémité apte à délivrer une onde S de puissance Ps à partir de l'onde E amplifiée.

Toutes les variantes décrites précédemment pour un amplificateur optique hybride peuvent être bien entendu réalisées indépendamment pour un ou plusieurs ensembles amplificateurs, d'une matrice d'amplificateurs.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés. Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

La figure 1a, déjà décrite représente schématiquement une structure amplificatrice intégrée connue.

La figure 1b, déjà décrite représente schématiquement une structure amplificatrice à fibre également connue.

La figure 2, représente un schéma de principe d'un amplificateur hybride selon l'invention.

La figure 3, représente schématiquement une première variante d'un amplificateur hybride selon l'invention.

La figure 4, représente schématiquement une deuxième variante d'un amplificateur hybride selon l'invention.

La figure 5, illustre schématiquement une troisième variante d'un amplificateur hybride selon l'invention, et

La figure 6, représente schématiquement un exemple de matrice d'amplificateurs hybrides selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE MISE EN ŒUVRE DE L'INVENTION

La figure 2 représente schématiquement le principe de base d'un amplificateur optique hybride selon l'invention. Cet amplificateur comporte un support 30 contenant des éléments réalisés en optique intégrée et une fibre amplificatrice 31 telle qu'une

fibre dopée.

Dans cette figure de base, les éléments en optique intégrée consistent en :

- un premier guide optique 32 relié par une extrémité du support référencé 35 à des moyens d'introduction (non représentés) d'une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier,

- un deuxième guide optique 34 relié par une extrémité du support référencé 33 à une source de pompe (non représentée) émettant une onde de pompe L,

- un multiplexeur réalisé dans cet exemple par un coupleur 36 relié d'une part aux guides 32 et 34 et d'autre part à un troisième guide optique 37, ce dernier étant relié par une extrémité référencée 39 à une des extrémités de la fibre 31.

L'autre extrémité de la fibre 31 permet de délivrer une onde S de puissance Ps à partir de l'onde E amplifiée. Des moyens de récupération (non représentés) de l'onde lumineuse S amplifiée peuvent être dans cette variante reliée directement à la fibre 31.

La figure 2 ainsi que les figures suivantes sont des coupes du support dans des plans contenant les guides optiques étant bien entendu que, suivant les technologies utilisées ces guides ne sont pas en pratique forcément contenues dans un même plan.

Ainsi, selon l'amplificateur optique de l'invention, l'onde lumineuse E est introduite dans le guide 32 par l'extrémité 35 du support. Cette onde lumineuse présente une ou plusieurs longueurs d'onde (généralement comprise(s) pour le domaine des

télécommunications par exemple entre 1530 nm et 1560 nm). Par ailleurs, l'onde de pompe L introduite par l'extrémité 33 du support dans le guide 34 présente également une ou plusieurs longueurs d'onde (généralement égale(s) pour une fibre dopée à l'erbium à environ par exemple 980 nm). Le coupleur 36 est réalisé par les guides 32 et 34 qui sont rapprochés d'une distance suffisante et sur une longueur d'interaction suffisante pour permettre à l'onde E seule d'être transférée du guide 32 vers le guide 34 sans que l'onde L ne subisse de modification de propagation dans le coupleur ; en sortie du coupleur, seul le guide 37 qui est une prolongation du guide 34 véhicule les ondes L et E qui sont regroupées.

Les ondes L et E sont ensuite introduites dans la fibre amplificatrice 31 qui amplifie la puissance lumineuse de l'onde E à partir de l'onde de pompe. L'onde S résultant de cette amplification est alors disponible en sortie de la fibre 31.

Les moyens d'introduction d'une onde lumineuse, la source de pompe, les moyens de récupération sont reliés optiquement aux extrémités du support soit par des fibres optiques via des moyens de connexions tels que des blocs de "V" ou des férules soit directement par report desdits moyens sur le support, soit encore par un espace libre.

La figure 3 est une variante préférée car plus compacte, de l'amplificateur optique hybride de l'invention. En plus des éléments décrits précédemment, le support 30 comporte un quatrième guide optique 41 relié à la deuxième extrémité de la fibre 31 et par une

extrémité référencée 43 du support, à des moyens de récupération (non représentés) de l'onde lumineuse S amplifiée.

Dans cette variante, l'onde amplifiée est réintroduite dans le support 30, par l'extrémité 45 de ce dernier, puis transporté par le guide 41 jusqu'à l'extrémité 43 du support relié à des moyens de récupération (non représentés).

Les moyens d'introduction d'une onde lumineuse, la source de pompe, les moyens de récupération, dans tous les modes de réalisation de l'invention, sont reliés optiquement aux extrémités du support soit par des fibres optiques via des moyens de connexions tels que des blocs de "V" ou des férules soit directement par report desdits moyens sur le support, soit encore par un espace libre.

Le support de l'invention peut être également utilisé pour intégrer d'autres éléments d'optique intégrée tels que par exemple des adaptateurs de mode, des éléments de prélèvement, des filtres de pompe etc...

la figure 4, représente justement un amplificateur hybride selon l'invention dont le support comporte un premier et un deuxième adaptateur de mode référencés 46 et 47. L'adaptateur de mode 46 est situé à l'extrémité 39 du support, entre le guide optique 37 et une des extrémités de la fibre amplificatrice et l'adaptateur de mode 47 est situé sur l'extrémité 45 du support, entre un guide optique 50 et l'autre extrémité de la fibre amplificatrice.

Ces adaptateurs de modes permettent

d'adapter le mode entre les guides et la fibre 31.

Par ailleurs, sur la figure 4 est représenté également l'utilisation de deux éléments de prélèvement référencés 42 et 45. L'élément 42 permet de prélever une partie M_1 de l'onde lumineuse E véhiculée par le guide optique 32 et de transporter le signal prélevé M_1 vers des moyens de contrôle (non représentés) pouvant être extérieurs au support ou intégrés au support. Cet élément 42 est réalisé par un guide optique connecté au guide 32 par un diviseur dissymétrique réalisé par exemple par une jonction Y dissymétrique.

L'élément 45 permet de prélever une partie M_2 de l'onde lumineuse S véhiculée par le guide optique 41 et de transporter le signal prélevé M_2 vers des moyens de contrôles (non représentés) pouvant être extérieurs au support ou intégrés au support. Cet élément 45 est réalisé comme précédemment par un guide optique connecté au guide 41 par un diviseur dissymétrique réalisé par exemple par une jonction Y dissymétrique.

Enfin, le mode de réalisation de la figure 4 illustre l'utilisation d'un filtre de pompe apte à absorber les résidus de la pompe L après amplification. Pour cela, le support comporte un cinquième guide optique 49 relié d'une part à un filtre de pompe F et d'autre part à un deuxième multiplexeur 44 ; ce multiplexeur est relié d'une part aux guides optiques 41 et 49 et d'autre part à un septième guide optique 50. Ainsi, le guide optique 41 est relié à l'extrémité 45 du support via le multiplexeur 44, le guide optique 50 et l'adaptateur 47.

Dans cet exemple de réalisation, le multiplexeur 44 est formé également par un coupleur de proximité.

Le filtre de pompe F est réalisé par un arrêt du guide optique 49 dans le support, les résidus de pompe ne sont alors plus guidés et sont absorbés dans le support. Cet arrêt du guide peut aussi être réalisé sur une paroi latérale du support de façon à éjecter les résidus de pompe du support.

Les extrémités 39 et 45 du support sont reliées aux extrémités de la fibre amplificatrice par des férules ou comme représenté sur cette figure par un bloc de "V" référencé en trait pointillés par V_2.

De même, lorsque l'onde de pompe est émise par une diode laser fibrée, elle est reliée à l'extrémité 33 par une férule ou comme représenté sur cette figure par bloc de "V" référencé par V_1. De la même façon, l'onde E à amplifier peut être introduite par des moyens d'introductions reliés à l'extrémité 35 du support par une férule ou comme représenté sur cette figure par le bloc V_1. L'onde amplifiée S est récupérée par des moyens de récupération qui peuvent être également reliés à l'extrémité 43 du support par une férule ou comme représenté sur cette figure par le bloc V_1. Les ondes prélevées M_1 et M_2 peuvent être aussi reliées à des moyens de contrôle également par des éléments de connexions du type férules ou par les blocs de "V", V_1 et/ou V_2.

Bien entendu, les moyens de contrôles, les moyens d'introduction, les moyens de récupération, la source de pompe peuvent être aussi reliés aux

extrémités correspondantes du support directement par exemple par un collage.

Pour simplifier la description des figures suivantes, les éléments de connexions ne sont pas représentées.

La figure 5, illustre schématiquement une autre variante d'un amplificateur hybride selon l'invention. Dans cette variante, l'amplificateur comporte deux ondes de pompe L et L'.

L'introduction de l'onde L est réalisée dans le support comme décrit précédemment à partir du guide 34. L'onde L' est introduite à partir du guide 49 qui se prolonge dans cette variante jusqu'à l'extrémité 53 du support. L'extrémité du guide 49 située à l'extrémité 53 du support. L'onde L' se propage en sens inverse de l'onde L dans la fibre amplificatrice.

L'onde de pompe L' présente une ou plusieurs longueurs d'onde (généralement égale(s) pour une fibre dopée à l'erbium par exemple à 980 nm ou 1480 nm). Comme pour l'onde de pompe L, l'onde de pompe L' peut provenir d'une source de pompe telle que par exemple une diode laser, fibrée ou non, reliée optiquement à l'extrémité 53 du support soit par une férule soit par un bloc de V ou encore directement.

Sur cette figure, le support comporte 2 adaptateurs de mode référencés 46' et 47'. L'adaptateur de mode 46' est situé à l'extrémité 35 du support, entre le guide optique 32 et l'entrée de l'onde E ; l'adaptateur de mode 47' est situé sur l'extrémité 43 du support, entre le guide optique 41 et la sortie de l'onde S du support.

Ces adaptateurs de modes permettent respectivement d'adapter les modes guidés des guides correspondants, aux modes des moyens d'introduction de l'onde E et des moyens de récupération de l'onde S.

D'une façon générale, toutes les extrémités du support qui sont reliés à des éléments externes (tels que par exemple les moyens de contrôle, les moyens d'introduction, les moyens de récupération, la source de pompe, etc...) peuvent comporter des adaptateurs de mode du même type que ceux décrits précédemment pour adapter le mode de ces éléments externes à celui des guides reliées auxdites extrémités.

Enfin, la figure 6, représente schématiquement un exemple de matrice d'amplificateurs hybrides selon l'invention comportant n amplificateurs optiques hybrides tels que décrit précédemment. De façon plus précise, cette matrice comporte dans un support 60, n ensemble amplificateur Ni avec i entier allant de 1 à n, chaque ensemble comportant par exemple, les mêmes éléments intégrés que ceux décrits en référence à la figure 5. Par ailleurs, chaque ensemble Ni est relié à une fibre amplificatrice 31.

Bien entendu, toutes les variantes décrites précédemment pour un amplificateur optique hybride peuvent être réalisées pour un ou plusieurs ensembles d'une matrice d'amplificateurs.

De façon plus générale, les différentes variantes de réalisation décrites précédemment peuvent être combinées entre elles sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi par exemple, des adaptateurs de

mode, des multiplexeurs, des éléments de prélèvement, des filtres de pompe, une onde de pompe L' supplémentaire peuvent ou non être utilisés dans un amplificateur hybride de l'invention indépendamment les uns des autres.

REVENDICATIONS

1. Amplificateur optique hybride comportant :

- un support (30) comprenant au moins un premier guide optique (32) apte à recevoir à partir d'une première extrémité (35) du support, une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier, un deuxième guide optique (34) apte à recevoir à partir d'une deuxième extrémité (33) du support, une première onde pompe L, un premier multiplexeur (36) relié au premier et au deuxième guides optiques et apte à transmettre à un troisième guide optique (37) les ondes E et L, le troisième guide optique étant relié à une troisième extrémité (39) du support, et
- une fibre amplificatrice (31) comportant une première extrémité reliée à la troisième extrémité du support et une deuxième extrémité apte à délivrer une onde S de puissance Ps supérieure la puissance Pe.

2. Amplificateur optique hybride selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support comporte en outre un quatrième guide optique (41) relié d'une part à une quatrième extrémité (45) du support elle-même reliée à la deuxième extrémité de la fibre et d'autre part à une cinquième extrémité (43) du support, apte à délivrer l'onde S.

3. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le support comporte en outre un ou plusieurs

adaptateurs de mode guidé, respectivement à une ou plusieurs extrémités du support.

4. Amplificateur optique hybride selon la revendication 3, caractérisé en ce que le support comporte en outre au moins un premier adaptateur de mode (46, 46'), ce premier adaptateur est réalisé à l'une des premières et/ou troisième extrémité du support.

5. Amplificateur optique hybride selon la revendication 3, caractérisé en ce que le support comporte en outre au moins un deuxième adaptateur (47, 47') de mode, ce deuxième adaptateur est réalisé à l'une des quatrième et/ou cinquième extrémité du support.

6. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le support comporte en outre au moins un filtre de pompe (F).

7. Amplificateur optique hybride selon la revendication 6, caractérisé en ce que le support comporte en outre un cinquième guide optique (49) relié d'une part au filtre de pompe (F) et d'autre part à un deuxième multiplexeur (44), ledit multiplexeur étant relié d'une part au quatrième (41) et au cinquième (49) guide optique et d'autre part à un septième guide optique (50), le quatrième guide optique étant alors relié à la quatrième extrémité (45) du support via le

deuxième multiplexeur et le septième guide optique.

8. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le support comporte en outre un cinquième guide optique (49) apte à recevoir à partir d'une sixième extrémité (53) du support, une deuxième onde de pompe L', et un deuxième multiplexeur (44) relié au quatrième et au cinquième guide optique et apte à transmettre à un septième guide optique (50) l'onde L', le quatrième guide optique étant relié à la quatrième extrémité du support via le deuxième multiplexeur et le septième guide optique.

9. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le support comporte en outre au moins un élément de prélèvement (42,45) d'une partie de l'onde lumineuse véhiculée par l'un des guides optiques du support afin de permettre un contrôle de ladite onde.

10. Amplificateur optique hybride selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un élément de prélèvement (42) est disposé sur le premier guide(32) pour prélever une partie de l'onde E et un autre élément de prélèvement (45) est disposé sur le quatrième guide (41) pour prélever une partie de l'onde S.

11. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconques des revendications 1, 7 ou 8

caractérisé en ce qu'un le premier et/ou le deuxième multiplexeur sont réalisés respectivement par un coupleur.

12. Amplificateur optique hybride selon l'une quelconques des revendications précédentes, caractérisé en ce que la troisième et la quatrième extrémités du support sont reliés aux extrémités de la fibre par des éléments de connexions choisis parmi des férules ou des bloc de "V".

13. Matrice d'amplificateurs optiques hybrides comportant n amplificateurs optiques hybrides selon l'une quelconque des revendications précédentes.

14. Matrice d'amplificateurs optiques hybrides selon la revendication 13 comportant :

- un support (60) dans lequel sont intégrés pour chaque amplificateur, un ensemble amplificateur comportant au moins un premier guide optique (32) apte à recevoir à partir d'une première extrémité (35) du support, une onde lumineuse E de puissance Pe à amplifier, un deuxième guide optique(34) apte à recevoir à partir d'une deuxième extrémité (33) du support, une première onde pompe L, un premier multiplexeur (36) relié au premier et au deuxième guide optique et apte à transmettre à un troisième guide optique (37) les ondes E et L, le troisième guide optique étant relié à une troisième extrémité (39) du support, et
- n fibres amplificatrices (31) reliées

respectivement à un ensemble, chaque fibre amplificatrice comportant une première extrémité reliée à la troisième extrémité du support correspondant à cet ensemble et une deuxième extrémité apte à délivrer une onde S de puissance Ps supérieure la puissance Pe.

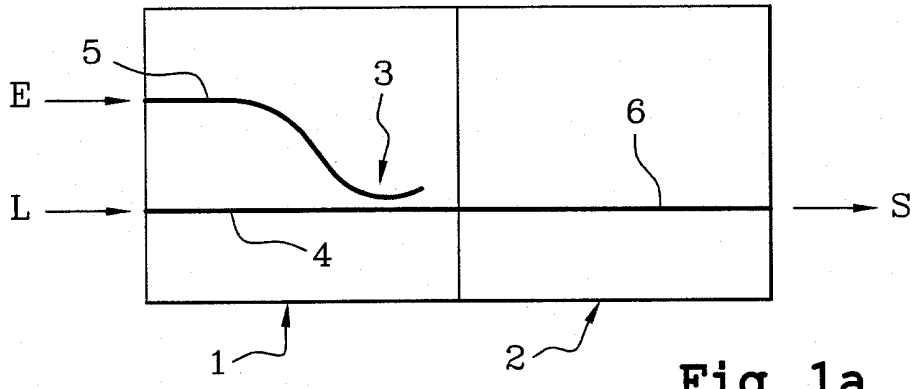


Fig. 1a

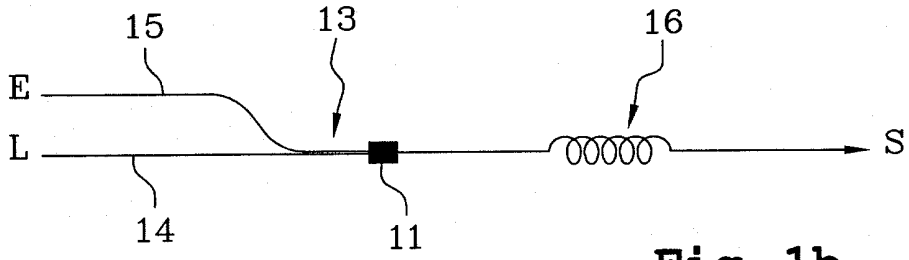


Fig. 1b

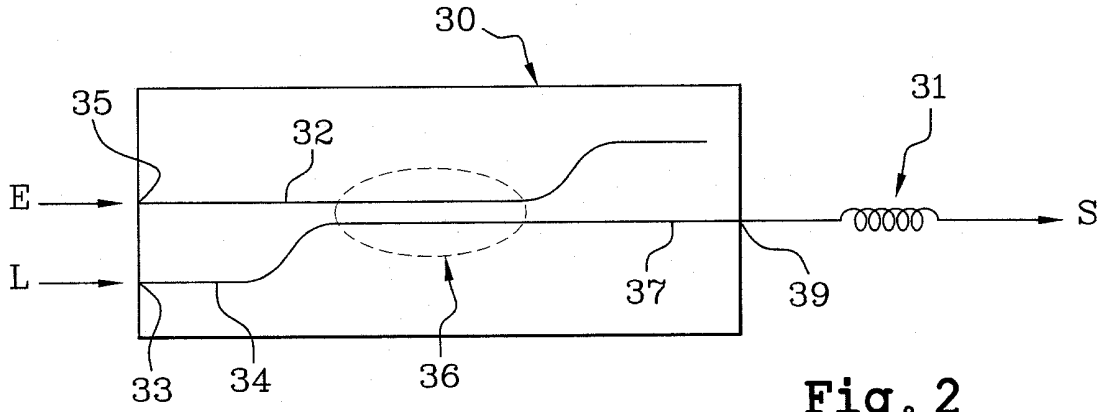


Fig. 2

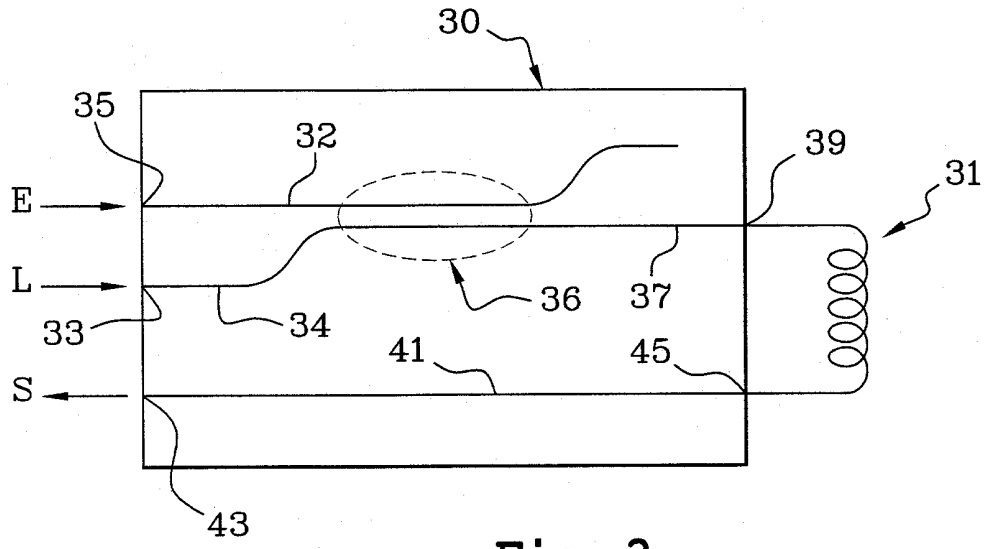

30
35
32
39
31
E
L
33
34
36
37
41
45
S
43

Fig. 3

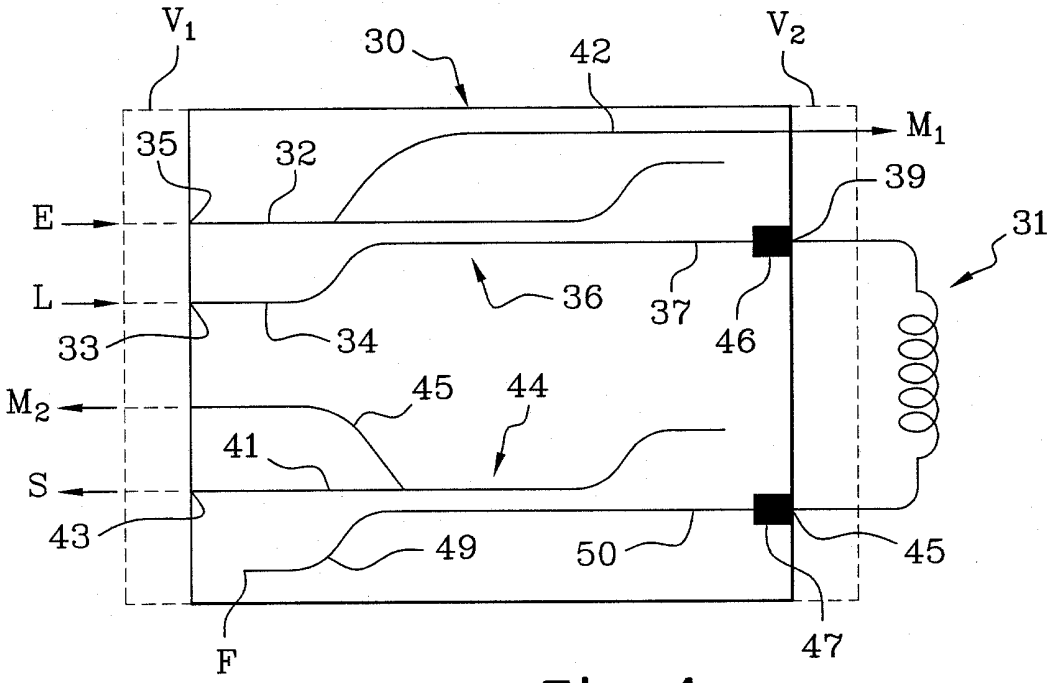

V1
30
42
V2
M1
35
32
39
E
31
L
36
37
46
33
34
45
44
M2
41
S
43
49
50
45
F
47

Fig. 4

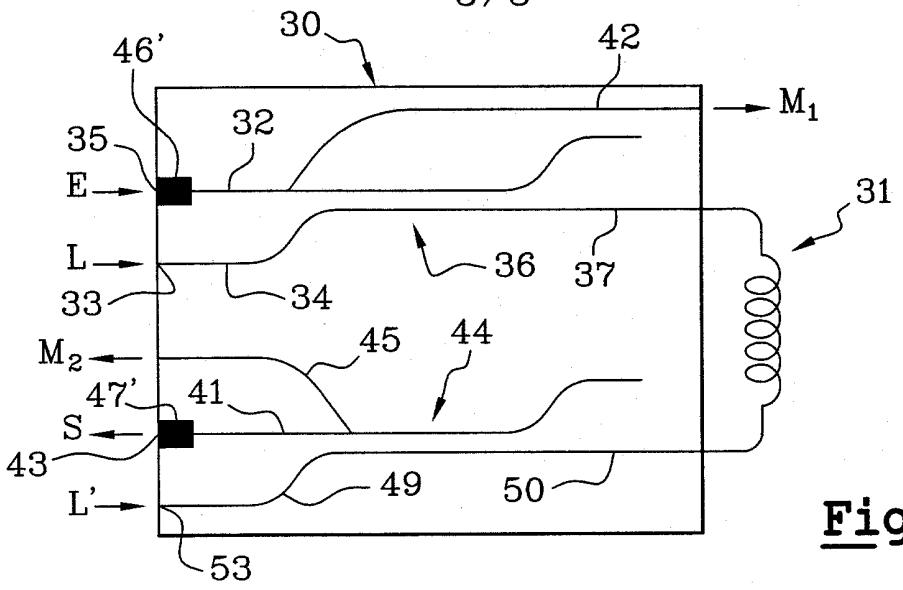

30
46'
42
M_1
35
32
E
31
L
36
37
33
34
M_2
45
44
47'
41
S
43
L'
49
50
53

Fig. 5

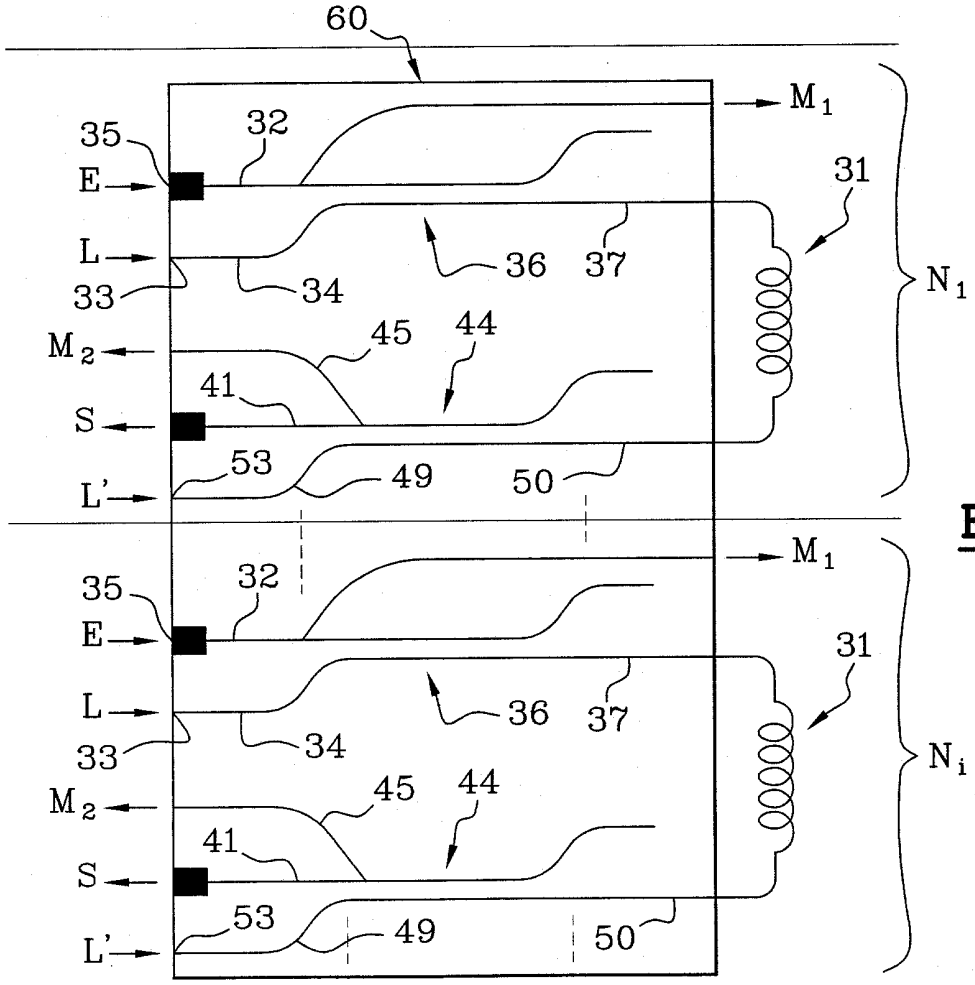

60
M_1
35
32
E
31
L
36
37
33
34
N_1
M_2
45
44
41
S
53
49
50
L'
M_1
35
32
E
31
L
36
37
33
34
N_i
M_2
45
44
41
S
53
49
50
L'

Fig. 6

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

2830376

N° d'enregistrement national

FA 608628
FR 0112589

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 579 154 A (SCHWADERER BERNHARD ET AL) 26 novembre 1996 (1996-11-26) * le document en entier *	1-5	H01S3/063
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 10, 17 novembre 2000 (2000-11-17) & JP 2000 208853 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 28 juillet 2000 (2000-07-28) * abrégé * & US 6 313 938 B1 6 novembre 2001 (2001-11-06)	1,2	
X	US 5 508 842 A (INAGAKI SINYA ET AL) 16 avril 1996 (1996-04-16) * colonne 7, ligne 1 - ligne 5; figures 6,10 *	1	
A	GB 2 267 779 A (ANDO ELECTRIC) 15 décembre 1993 (1993-12-15) * abrégé *	1,6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 036 (E-1027), 29 janvier 1991 (1991-01-29) & JP 02 273976 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 8 novembre 1990 (1990-11-08) * abrégé *	1,9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H01S G02B
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 502 (E-1147), 18 décembre 1991 (1991-12-18) & JP 03 219686 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 27 septembre 1991 (1991-09-27) * abrégé *	1,9,10	

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
1 juillet 2002	Hervé, D

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0112589 FA 608628

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 01-07-2002
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 5579154	A	26-11-1996	EP	0707361 A1	17-04-1996
			DE	59406688 D1	17-09-1998
			ES	2122123 T3	16-12-1998
JP 2000208853	A	28-07-2000	US	6313938 B1	06-11-2001
US 5508842	A	16-04-1996	DE	69026815 D1	05-06-1996
			DE	69026815 T2	19-09-1996
			EP	0454865 A1	06-11-1991
			CA	2042578 C	04-04-1995
			WO	9107690 A1	30-05-1991
			JP	2842481 B2	06-01-1999
GB 2267779	A	15-12-1993	JP	5347449 A	27-12-1993
			US	5455710 A	03-10-1995
JP 02273976 3	A		AUCUN		
JP 03219686 3	A		AUCUN		

EPO FORM P0465