

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
15 mai 2003 (15.05.2003)

PCT

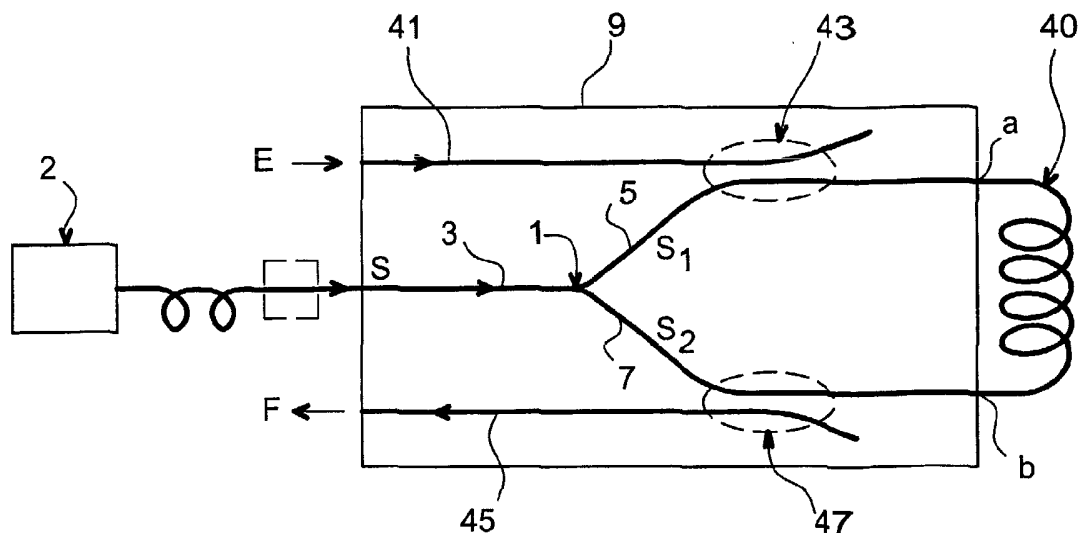
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/040765 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B (72) Inventeurs; et
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/03767 (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BARBIER, Denis [FR/FR]; 26, rue Gabriel Péri, F-38000 Grenoble (FR). JACQUIN, Olivier [FR/FR]; 71, rue Nicolas Chorier, F-38000 Grenoble (FR). MOLVA, Engin [FR/FR]; 4, place Jean Moulin, F-38000 Grenoble (FR).
(22) Date de dépôt international : 4 novembre 2002 (04.11.2002)
(25) Langue de dépôt : français (74) Mandataires : DU BOISBAUDRY, Dominique etc.; c/o Brevalex, 3, rue Du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
(26) Langue de publication : français
(30) Données relatives à la priorité : 01/14260 5 novembre 2001 (05.11.2001) FR (81) États désignés (national) : CA, JP, US.
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : TEEM PHOTONICS [FR/FR]; 61, chemin du Vieux Chêne, Zirst, F-38240 Meylan (FR). (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL PUMP DEVICE WITH SEVERAL OUTPUT PATHS AND USE OF SAME IN AN AMPLIFIER DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF DE POMPE OPTIQUE A PLUSIEURS VOIES DE SORTIE ET UTILISATION DU DISPOSITIF DE POMPE DANS UN DISPOSITIF D'AMPLIFICATION



(57) Abstract: The invention concerns an optical pump device comprising a pump source optically connected to an optical divider including an input path and n output paths, the input path being designed to receive a pump wave derived from the source and the n output paths being designed to supply n pump waves S_1, \dots, S_n , n being an integer greater than 1. The invention also concerns the use of said pump device in an optical amplification device. The invention is applicable in all fields requiring several optical pumps and more particularly in the field of optical telecommunications and for example for optical amplifiers.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de sortie, la voie d'entrée étant apte à recevoir une onde de pompe S issue de la source et les n voies de sortie étant aptes à fournir n ondes de pompe S_1, \dots, S_n , avec n entier supérieur à 1

[Suite sur la page suivante]



WO 03/040765 A2



Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

1. Elle concerne également l'utilisation du dispositif de pompe dans un dispositif d'amplification optique. L'invention trouve des applications dans tous les domaines nécessitant plusieurs pompes optiques et plus particulièrement dans le domaine des télécommunications optiques et par exemple pour les amplificateurs optiques.

DISPOSITIF DE POMPE OPTIQUE A PLUSIEURS VOIES DE SORTIE
ET UTILISATION DU DISPOSITIF DE POMPE DANS UN
DISPOSITIF D'AMPLIFICATION

Domaine technique :

5 La présente invention concerne un dispositif de pompe optique à plusieurs voies de sortie et l'utilisation du dispositif de pompe dans un dispositif d'amplification optique.

10 L'invention trouve des applications dans tous les domaines nécessitant plusieurs pompes optiques et plus particulièrement dans le domaine des télécommunications optiques et par exemple pour les amplificateurs optiques.

15 Etat de la technique antérieure

 Actuellement, les systèmes optiques nécessitant plusieurs pompes optiques, utilisent des sources de pompes indépendantes reliées optiquement, de façon indépendantes à des éléments du système optique.

20 Le coût d'un tel système est d'autant plus important que le nombre de sources de pompe indépendantes est important, par ailleurs, la compacité et la fiabilité de l'ensemble sont d'autant moins bonnes que le nombre de sources indépendantes est
25 important.

Exposé de l'invention

 La présente invention a pour but de proposer un
30 dispositif de pompe optique à plusieurs voies de sortie utilisant une seule source de pompe.

D'autres buts de l'invention sont encore de proposer un dispositif de pompe optique à plusieurs voies de sortie qui soit compacte, fiable et de coût faible.

5 Un autre but de l'invention est encore de proposer l'utilisation d'un tel dispositif de pompe optique à plusieurs voies de sortie, dans un dispositif d'amplification optique.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un
10 dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de sortie.

Les n voies de sortie du diviseur forment les n
voies de sortie du dispositif de pompe et sont aptes à
15 fournir n ondes de pompe.

Le diviseur optique étant réalisé en optique
intégrée dans un substrat, la voie d'entrée est un
guide d'entrée, les n voies de sortie sont formées par
n guides de sortie, le guide d'entrée étant relié aux n
20 guides de sortie, par au moins un élément optique
choisi parmi un coupleur optique ou une jonction Y.

Le dispositif de pompe de l'invention est apte
à être relié à au moins un amplificateur optique. Un
amplificateur optique selon l'invention correspond à
25 tout élément actif apte à être pompé optiquement par
les ondes de pompe.

Quel que soit le type de diviseur utilisé,
lorsque $n > 2$, alors le diviseur comporte plus de deux
éléments optiques tels des coupleurs ou jonctions Y qui
30 sont cascades afin d'obtenir les n voies de sortie.

Les n voies de sortie sont soit identiques afin de permettre la réalisation d'un diviseur à n voies symétriques soit différentes afin de réaliser un diviseur à n voies dissymétriques.

5 La source de pompe émet une onde de pompe S qui est introduite dans la voie d'entrée du dispositif de pompe. Cette onde de pompe peut présenter une ou plusieurs longueurs d'onde (généralement égale(s) lorsqu'elle est utilisée dans un amplificateur optique
10 dopé à l'erbium à environ par exemple 980 nm et/ou 1480 nm).

Cette onde de pompe S est divisée en plusieurs ondes de pompe $S_1, S_2 \dots S_n$ par le diviseur, ces ondes de pompe véhiculées respectivement par les n voies de
15 sortie présentent toutes la même puissance dans le cas d'utilisation d'un diviseur symétrique ou des puissances différentes dans le cas d'utilisation d'un diviseur dissymétrique. Dans le cas d'un diviseur dissymétrique, certaines des voies de sortie peuvent
20 cependant véhiculer la même puissance.

Un diviseur dissymétrique peut être obtenu dans le cas de l'utilisation d'un ou de plusieurs coupleurs, en jouant sur la longueur d'interaction d'au moins un coupleur et/ou sur la section des différentes voies de
25 sortie d'au moins un coupleur.

Un diviseur dissymétrique peut être obtenu dans le cas de l'utilisation d'une ou plusieurs jonctions Y en jouant sur la section des voies de sortie d'au moins une jonction et/ou sur l'angle entre les voies de
30 sortie d'au moins une jonction et l'axe optique de la voie d'entrée de la jonction.

Selon un mode de réalisation préféré, le diviseur est réalisé en optique intégrée et notamment par les techniques d'échange d'ions dans le verre.

La source de pompe du dispositif de pompe est, soit reliée par une fibre optique à la voie d'entrée du diviseur, soit, lorsque le diviseur est réalisé en optique intégrée, reportée directement sur le substrat du diviseur, ou encore réalisée en partie dans celui-ci.

La source de pompe est apte à émettre une onde de pompe à une seule longueur d'onde ou à plusieurs longueurs d'onde.

Lorsque la source de pompe émet une onde à plusieurs longueurs d'onde, elle comporte par exemple plusieurs sous-sources aptes à émettre respectivement une des longueurs d'onde de la source, les différentes sous-sources étant reliées optiquement à un dispositif de multiplexage, apte à transmettre à la voie d'entrée du dispositif de pompe de l'invention une onde de pompe comportant lesdites longueurs d'onde.

Ainsi les différentes sous-sources et le dispositif de multiplexage associé forment une source unique. Lorsque la source comprend m sous-sources, le dispositif de multiplexage délivre une onde de pompe à m longueurs d'onde.

Le dispositif de multiplexage comporte au moins un élément optique tel qu'un coupleur ou une jonction Y ; si $m > 2$ alors les éléments sont cascades.

Selon un mode de réalisation avantageux, le dispositif de multiplexage de la source de pompe est intégré dans le même substrat que le diviseur, les

sous-sources étant reportées sur ledit substrat ou reliées au dispositif de multiplexage par des fibres optiques.

L'invention a également pour objet, l'utilisation du dispositif de pompe dans un dispositif d'amplification optique, ce dernier comprenant :

- un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de sortie,
- au moins un amplificateur optique relié d'une part au dispositif de pompe et d'autre part à un dispositif d'introduction d'un signal E à amplifier et à un dispositif de récupération du signal amplifié F.

L'amplificateur optique est soit un amplificateur à fibre, soit un amplificateur en optique intégrée. Dans ce dernier cas, il peut être réalisé dans le même substrat (qui est dans la partie amplificatrice généralement dopée) que le dispositif de pompe ou sur un autre substrat éventuellement reporté, par exemple par collage sur le substrat du dispositif de pompe.

Selon un premier mode de réalisation du dispositif d'amplification optique celui-ci comprend :

- un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et deux voies de sortie,
- un amplificateur optique comportant une entrée reliée d'une part à une des voies de sortie du

dispositif de pompe et d'autre part au dispositif
d'introduction du signal E à amplifier et une
sortie reliée d'une part à l'autre voie de sortie
du dispositif de pompe et d'autre part au
5 dispositif de récupération du signal amplifié F.

Le dispositif d'introduction et le dispositif
de récupération comportent respectivement un guide
et/ou une fibre et un multiplexeur tel qu'un coupleur.

Lorsque le diviseur du dispositif de pompe est
10 réalisé en optique intégrée, le dispositif
d'introduction du signal E à amplifier, comprend
avantageusement un premier guide optique et un premier
coupleur formés dans le même substrat que le dispositif
de pompe, ledit coupleur étant formé par le
15 rapprochement du premier guide optique et d'une des
voies de sortie du dispositif de pompe, le premier
guide optique étant apte à recevoir le signal E à
amplifier qui est transmis par le coupleur à ladite
voie de sortie du dispositif de pompe, ladite voie
20 véhiculant alors le signal E et une partie de l'onde de
pompe S vers l'entrée de l'amplificateur. Dans ce mode
de réalisation, l'entrée de l'amplificateur est donc
reliée au dispositif d'introduction du signal E à
amplifier par une des voies de sortie de l'onde de
25 pompe.

De même, lorsque le diviseur du dispositif de
pompe est réalisé en optique intégrée, le dispositif de
récupération du signal amplifié F, comprend
avantageusement un deuxième guide optique et un
30 deuxième coupleur formés dans le même substrat que le
dispositif de pompe, ledit coupleur étant formé par le

rapprochement du deuxième guide optique et d'une des voies de sortie du dispositif de pompe. Dans ce mode de réalisation, le signal F amplifié dans l'amplificateur est transmis via la voie de sortie d'une partie de
5 l'onde de pompe et le deuxième coupleur, au deuxième guide optique, ce dernier est apte à émettre en sortie le signal F amplifié. Ainsi, dans ce mode, le signal F est véhiculé à contresens de l'onde de pompe sur la voie de sortie du dispositif de pompe, la sortie de
10 l'amplificateur étant reliée au dispositif de récupération du signal amplifié F par une des voies de sortie du dispositif de pompe.

Le dispositif de pompe de l'invention est utilisable également dans un dispositif d'amplification
15 comportant une matrice d'amplificateurs optiques, ce dispositif d'amplification comportant :

- un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de
20 sortie,
- au moins $n/2$ amplificateurs optiques, chaque amplificateur comportant deux extrémités, au moins une de ses extrémités étant reliée optiquement à une des voies de sortie du dispositif de pompe, une des extrémités de l'amplificateur étant reliée
25 en outre à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à un dispositif de récupération du signal amplifié.

30 Selon un premier mode de réalisation du dispositif d'amplification, ce dernier comporte un

dispositif de pompe à n voies de sortie et n amplificateurs optiques, une des extrémités de chaque amplificateur étant reliée à une des voies de sortie du dispositif de pompe et à un dispositif d'introduction
5 d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à un dispositif de récupération du signal amplifié.

Dans ce mode de réalisation, pour chaque amplificateur, le signal amplifié est récupéré
10 directement en sortie de l'amplificateur, le dispositif de récupération ne comporte pas de coupleur ou de façon plus générale de multiplexeur pour récupérer le signal amplifié de la voie de sortie du dispositif de pompe.

Par contre, le dispositif d'introduction
15 comporte un guide et/ou une fibre et un multiplexeur tel qu'un coupleur, comme décrit précédemment.

Selon un deuxième mode de réalisation du dispositif d'amplification, ce dernier comporte un dispositif de pompe à n voies de sortie et $n/2$
20 amplificateurs optiques, une des extrémités de chaque amplificateur étant reliée à une des voies de sortie du dispositif de pompe et à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à une autre voie de sortie
25 du dispositif de pompe et à un dispositif de récupération du signal amplifié.

Dans ce mode de réalisation, pour chaque amplificateur, les dispositifs d'introduction et de récupération comportent respectivement un guide et/ou
30 une fibre et un multiplexeur.

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
5 illustratif et non limitatif.

Brève description des figures

- La figure 1, représente schématiquement un dispositif de pompe selon l'invention à deux voies de
10 sortie utilisant un diviseur réalisé en optique intégrée,

- La figure 2, représente une première variante de réalisation d'un diviseur utilisable dans l'invention,

15 - La figure 3, représente une deuxième variante de réalisation d'un diviseur utilisable dans l'invention,

- La figure 4, représente schématiquement un dispositif de pompe selon l'invention utilisé dans un
20 dispositif d'amplification à un amplificateur,

- La figure 5 illustre schématiquement, un exemple de source de pompe utilisable dans un dispositif de pompe selon l'invention,

25 - La figure 6, illustre schématiquement un dispositif de pompe selon l'invention utilisé dans un dispositif d'amplification comportant une matrice d'amplificateurs optiques, et

30 - La figure 7, représente schématiquement un autre exemple de dispositif de pompe selon l'invention utilisé avec une matrice d'amplificateurs optiques.

Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

Ainsi, la figure 1 représente schématiquement un premier exemple de réalisation d'un dispositif de pompe optique selon l'invention.

Ce dispositif comporte une source de pompe 2 reliée optiquement à un diviseur optique 1 comportant une voie 3 d'entrée et deux voies de sortie référencées respectivement 5, 7. Les voies 3, 5 et 7 sont réalisées dans cet exemple par des guides optiques, le diviseur étant réalisé en optique intégrée dans un substrat 9.

D'une façon générale, 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.

Dans l'invention, les guides sont en général des guides aptes à confiner la lumière dans les deux directions transverses à la direction de propagation de la lumière.

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, 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
5 des profondeurs variables. Ceci est particulièrement vrai dans la technologie d'échange d'ions dans du verre.

Sur la figure 1, la source de pompe 2 du
10 dispositif de pompe, est reliée directement à l'entrée de la voie 3 du diviseur, par report de la source 2 sur le substrat 9 par exemple par collage.

Dans le cas d'une source de pompe fibrée, la source est alors reliée, comme on le verra sur la
15 figure 4, à la voie d'entrée 3 du diviseur par une fibre maintenue au substrat 9 soit par une fêrule soit par un bloc de « V ».

Le diviseur représenté figure 1 est une jonction Y référencée 1.

20 L'onde de pompe S émise par la source 2 est véhiculée par la voie d'entrée 3, elle est ensuite divisée en deux ondes S_1 et S_2 par le diviseur 1 ; ces deux ondes sont alors transportées respectivement par les voies 5 et 7. Ces deux ondes S_1 et S_2 peuvent avoir
25 la même puissance si le diviseur est symétrique ou une puissance différente si le diviseur est dissymétrique.

Lorsque le diviseur doit comporter plus de deux sorties alors il faut cascader les coupleurs ou les jonctions Y afin d'obtenir n voies de sortie aptes à
30 véhiculer n ondes de pompe S_i avec i allant de 1 à n .

La figure 2 représente justement un diviseur utilisable dans le dispositif de pompe de l'invention à quatre voies de sortie pour 1 voie d'entrée.

Dans un souci de simplification, le diviseur a
5 été représenté seul, sans substrat.

Ce diviseur comporte trois jonctions Y : une première jonction Y référencée 1 reliée d'une part à la voie d'entrée 3 et d'autre part aux deux voies 5 et 7.

Chacune des voies 5 et 7 forme respectivement
10 l'entrée d'une nouvelle jonction Y référencée 10 (respectivement 12). La jonction 10 présente deux nouvelles voies de sortie 11 et 13 et la jonction 12 présente également deux nouvelles voies de sortie 15 et 17. En cascasant trois jonctions Y, on peut obtenir
15 ainsi quatre voies de sortie.

L'onde de pompe S introduite dans la voie d'entrée 3 est divisée une première fois par la jonction 1 puis à nouveau dans les jonctions 10 et 12. Le dispositif de pompe de la figure 2 permet d'obtenir
20 en sortie des quatre voies 11, 13, 15 et 17 respectivement les ondes de pompe S_1 , S_2 , S_3 et S_4 .

La figure 3 représente une variante de réalisation d'un diviseur à quatre voies de sortie utilisables dans le dispositif de pompe de l'invention.

25 Ce diviseur utilise des coupleurs cascades, il peut être aussi bien réalisé en optique intégrée par des guides dans un substrat (non représenté) que par des fibres optiques (chaque coupleur étant alors réalisé par la fusion locale de deux fibres).

30 De façon plus précise, le diviseur représenté dans cet exemple, comporte trois coupleurs cascades.

Un premier coupleur référencé 30 est formé par les voies 5 et 7 qui sont séparées, sur une longueur d'interaction donnée, d'une distance telle qu'une partie de l'onde lumineuse S, véhiculée par la voie d'entrée 3, passe dans la voie de sortie 5 tandis que le reste de l'onde est véhiculé par la voie 7 qui est une prolongation de la voie 3. En sortie du premier coupleur 30, il y a donc deux voies 5 et 7. La voie 5 devient alors la voie d'entrée du deuxième coupleur 31 et la voie 7 devient la voie d'entrée du troisième coupleur 32. Ces coupleurs sont réalisés respectivement comme précédemment par le rapprochement de deux voies : 11 et 13 pour le coupleur 31 et 15 et 17 pour le coupleur 32. La voie 13 est le prolongement de la voie 5 et la voie 15 est le prolongement de la voie 7.

La partie de l'onde véhiculée par la voie 5 est divisée par le coupleur 31, ce qui permet d'obtenir en sortie du coupleur 31, respectivement sur les voies 11 et 13, les ondes de pompe S_1 et S_2 . De même, la partie de l'onde véhiculée par la voie 7 est divisée par le coupleur 32, ce qui permet d'obtenir en sortie du coupleur 32, respectivement sur les voies 15 et 17, les ondes de pompe S_3 et S_4 .

La figure 4 illustre un dispositif de pompe selon l'invention, utilisé dans un dispositif d'amplification à un amplificateur optique.

Ce dispositif d'amplification optique comporte :

- un dispositif de pompe comprenant par exemple une source 2 de pompe fibrée, reliée optiquement à un diviseur optique réalisé en optique intégrée dans

un substrat 9, et comportant une voie d'entrée 3 apte à véhiculer l'onde de pompe S issue de la source 2 et deux voies de sortie 5 et 7 aptes à véhiculer chacune une partie de l'onde de pompe (la voie 5 véhicule une partie de l'onde référencée S_1 et la voie 7 véhicule l'autre partie de l'onde référencée S_2),

un amplificateur optique du type fibre amplificatrice 40, cet amplificateur comprenant une première extrémité a reliée optiquement à la voie 5 et une deuxième extrémité b reliée optiquement à la voie 7 ; la première extrémité de la fibre amplificatrice étant reliée en outre à un dispositif d'introduction d'un signal E à amplifier et la deuxième extrémité de l'amplificateur étant reliée en outre à un dispositif de récupération du signal amplifié F.

Le dispositif d'introduction du signal E à amplifier, est réalisé dans cet exemple dans le même substrat que le dispositif de pompe et comprend un premier guide optique 41 et un premier coupleur 43. Ce coupleur est formé par le rapprochement du premier guide optique et de la voie 5 de sortie du dispositif de pompe, la sortie du coupleur est réalisée par une prolongation de la voie 5 qui véhicule alors le signal E et l'onde de pompe S_1 vers l'entrée a de l'amplificateur.

Ainsi, dans ce mode de réalisation, l'entrée de l'amplificateur est reliée au dispositif d'introduction du signal E à amplifier par une des voies de sortie de l'onde de pompe.

Le dispositif de récupération du signal F, comprend avantageusement un deuxième guide optique 45 et un deuxième coupleur 47 formés également dans cet exemple, dans le même substrat que le dispositif de pompe, ledit coupleur étant formé par le rapprochement du deuxième guide optique et d'une des voies 7 de sortie du dispositif de pompe ; l'entrée du coupleur pour le signal F amplifié est réalisée par la voie 7 qui véhicule alors l'onde F à contresens de l'onde de pompe S_2 (la voie 7 étant reliée à l'extrémité b de l'amplificateur qui délivre le signal F).

Dans ce mode de réalisation, le signal F amplifié sort de l'amplificateur et il est transmis via la voie de sortie 7 de l'onde de pompe S_2 au deuxième coupleur. Ce dernier est apte à transmettre au guide 45 ce signal F amplifié. Ainsi, dans ce mode, la sortie b de l'amplificateur est reliée au dispositif de récupération du signal amplifié F par la voie 7 de sortie du dispositif de pompe.

Le signal E est introduit dans le guide 41 par tout moyen connu et par exemple dans le domaine des télécommunications optiques, par une fibre standard d'un réseau de télécommunication.

Le signal F est récupéré en sortie du guide 45 par tout moyen connu et par exemple dans le domaine des télécommunications optiques, également par une fibre standard d'un réseau de télécommunication.

De façon plus générale, ces moyens d'introduction du signal E et de récupération du signal F sont reliés optiquement aux guides 41 ou 45 soit par des fibres optiques via des moyens de connexion tels

que des blocs de « v » ou des férules soit directement par report desdits moyens sur le substrat, soit encore par un espace libre.

A titre d'exemple, on peut choisir pour l'onde
5 S une onde de puissance 120mW et de longueur d'onde 980nm, un diviseur 1 symétrique apte à fournir d'une part une onde de pompe S_1 d'environ 60mW et de 980nm de longueur d'onde et d'autre part, une onde de pompe S_2 également d'environ 60mW et de 980nm de longueur
10 d'onde.

L'onde E introduite présente par exemple une puissance de -15dBm et une longueur d'onde de 1550 nm et l'onde F récupérée présente une puissance de 15dBm et une longueur d'onde de 1550 nm pour une fibre
15 amplificatrice 40 dopée à l'erbium d'environ 5 à 10m.

La figure 5, représente un exemple de source de pompe 2 comportant deux sous-sources, dans un dispositif d'amplification du même type que celui de la figure 4.

20 Dans cet exemple, la source de pompe 2 est apte à émettre une onde de pompe S à deux longueurs d'onde. Pour cela, elle comporte une sous-source apte à émettre une onde S_a à une longueur d'onde donnée λ_a , par exemple 980nm et une autre sous-source apte à émettre une onde
25 S_b à une autre longueur d'onde λ_b , par exemple 1480nm, les différentes sous-sources étant reliées optiquement par tout moyen connu à un dispositif de multiplexage 50 (par exemple un coupleur), apte à transmettre à la voie d'entrée 3 du dispositif de pompe de l'invention une
30 onde de pompe S comportant lesdites longueurs d'onde λ_a et λ_b .

Ainsi les différentes sous-sources et le dispositif de multiplexage associé forment une source unique.

5 Dans cet exemple de réalisation, le dispositif de multiplexage de la source de pompe et ses voies d'entrées sont intégrés dans le même substrat que le diviseur, les sous-sources étant reportées sur ledit substrat ou reliées au dispositif de multiplexage par des fibres optiques.

10 La figure 6, illustre schématiquement à titre d'exemple, un dispositif de pompe selon l'invention utilisé dans un dispositif matriciel d'amplification à deux amplificateurs optiques.

15 Dans cet exemple de réalisation, chaque amplificateur utilise deux ondes de pompe à contresens, de ce fait pour deux amplificateurs référencés 51 et 52, le dispositif de pompe doit comporter quatre sorties.

20 Ce dispositif de pompe est du même type que celui représenté figure 2. Il comporte trois jonctions Y référencées 1, 10, 12 en cascade, une voie d'entrée 3 apte à recevoir l'onde de pompe S et quatre voies de sortie 11, 13, 15 et 17 véhiculant respectivement les ondes de pompe S_1 , S_2 , S_3 et S_4 .

25 Chaque amplificateur est associé à un dispositif d'introduction du signal à amplifier et à un dispositif de récupération du signal amplifié qui sont par exemple du même type que ceux représentés sur la figure 4 et qui portent les mêmes références indicées 1
30 pour l'amplificateur 51 et indicées 2 pour l'amplificateur 52.

Ainsi, le guide $(41)_1$ véhiculant le signal E_1 à amplifier est couplé par le coupleur $(43)_1$ à la voie de sortie 11 véhiculant l'onde de pompe S_1 ; la voie de sortie 13 véhiculant l'onde de pompe S_2 et le signal F_1 amplifié à contresens de S_2 , est couplée par le coupleur $(47)_1$ au guide $(45)_1$ afin que ce dernier reçoive le signal F_1 ; le guide $(41)_2$ véhiculant le signal E_2 à amplifier est couplé par le coupleur $(43)_2$ à la voie de sortie 15 véhiculant l'onde de pompe S_3 ; et enfin, la voie de sortie 17 véhiculant l'onde de pompe S_4 et le signal F_2 amplifié à contresens de S_4 , est couplée par le coupleur $(47)_2$ au guide $(45)_2$ afin que ce dernier reçoive le signal F_2 .

La figure 7, représente schématiquement un autre exemple de dispositif de pompe selon l'invention utilisé dans un dispositif d'amplification matriciel également à deux amplificateurs optiques.

Dans cet exemple, sont représentés deux amplificateurs 61, 62, par exemple également du type fibre amplificatrice, n'utilisant respectivement qu'une onde de pompe. Le dispositif de pompe utilisé dans cet exemple, ne comporte donc pour cette application, que deux voies de sortie aptes à délivrer respectivement les ondes de pompe S_1 , S_2 , à partir de l'onde S introduite en entrée du dispositif et cela grâce à l'utilisation d'un seul diviseur 1.

Comme dans les exemples précédents, chaque amplificateur 61 (respectivement 62) est associé à un dispositif d'introduction du signal E_1 (respectivement E_2) à amplifier et à un dispositif de récupération du signal amplifié F_1 (respectivement F_2). Dans cet exemple

seuls les dispositifs d'introduction sont réalisés dans le même substrat que le dispositif de pompe et sont du même type que ceux décrits précédemment : les dispositifs de récupération sont non intégrés, ils sont
5 formés par l'extrémité des fibres amplificatrices qui délivrent les signaux F_1 , F_2 .

Les figures précédentes illustrent l'utilisation d'un dispositif de pompe réalisé en optique intégrée avec un ou des amplificateurs non
10 intégrés mais bien entendu l'invention s'applique à l'utilisation d'un dispositif de pompe réalisé ou non en optique intégrée avec un amplificateur ou une matrice d'amplificateurs réalisé ou non en optique
15 intégrée. Dans le cas où le dispositif de pompe et le ou les amplificateurs sont réalisés en optique intégrée, ils peuvent être réalisés sur des supports indépendants et éventuellement reportés ensemble ou sur un même support.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de sortie, la voie d'entrée étant apte à recevoir une onde de pompe S issue de la source et les n voies de sortie étant apte à fournir n ondes de pompe S_1, \dots, S_n , avec n entier supérieur à 1, le diviseur optique étant intégré dans un substrat, la voie d'entrée étant un guide d'entrée, les n voies de sortie étant formées par n guides de sortie, le guide d'entrée étant relié aux n guides de sortie par au moins un élément optique, le dispositif de pompe étant apte à être relié à au moins un amplificateur optique.

15

2. Dispositif de pompe optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément optique est choisi parmi un coupleur optique ou une jonction Y.

20

3. Dispositif de pompe optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lorsque n est supérieur à 2 alors le diviseur comporte plus de deux éléments optiques qui sont cascades afin d'obtenir les n voies de sortie.

25

4. Dispositif de pompe optique selon l'une quelconques des revendications précédentes, caractérisé en ce que la source de pompe émet une onde de pompe S à au moins une longueur d'onde.

30

5 5. Dispositif de pompe optique selon la revendication 4, caractérisé en ce que la source de pompe comprend m sous-sources reliées à un dispositif de multiplexage apte à délivrer une onde de pompe S à m longueurs d'onde.

10 6. Dispositif d'amplification optique utilisant un dispositif de pompe selon l'une quelconque des revendications précédentes et au moins un amplificateur optique relié au dispositif de pompe, à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et à un dispositif de récupération du signal amplifié.

15 7. Dispositif d'amplification optique selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'amplificateur optique est choisi parmi un amplificateur à fibre ou un amplificateur en optique intégrée.

20 8. Dispositif d'amplification optique selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 25 • un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et deux voies de sortie,
- 30 • un amplificateur optique comportant une entrée reliée d'une part à une des voies de sortie du dispositif de pompe et d'autre part au dispositif d'introduction du signal à amplifier et une sortie reliée d'une part à l'autre voie de sortie du dispositif de pompe

et d'autre part au dispositif de récupération du signal amplifié.

9. Dispositif d'amplification optique selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un dispositif de pompe optique comportant une source de pompe reliée optiquement à un diviseur optique comportant une voie d'entrée et n voies de sortie,
- une matrice d'amplificateurs à au moins $n/2$ amplificateurs optiques, chaque amplificateur comportant deux extrémités, au moins une de ces extrémités étant reliée optiquement à une des voies de sortie du dispositif de pompe, une des extrémités de l'amplificateur étant reliée en outre à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à un dispositif de récupération du signal amplifié.

10. Dispositif d'amplification optique selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de pompe à n voies de sortie et n amplificateurs optiques, une des extrémités de chaque amplificateur étant reliée à une des voies de sortie du dispositif de pompe et à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à un dispositif de récupération d'un signal amplifié.

11. Dispositif d'amplification optique selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de pompe à n voies de sortie et $n/2$ amplificateurs optiques, une des extrémités de chaque amplificateur étant reliée à une des voies de sortie du dispositif de pompe et à un dispositif d'introduction d'un signal à amplifier et l'autre extrémité de l'amplificateur étant reliée à une autre voie de sortie du dispositif de pompe et à un dispositif de récupération d'un signal amplifié.

12. Dispositif d'amplification optique selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que le dispositif de pompe étant intégré dans un substrat, le dispositif d'introduction du signal à amplifier est au moins en partie intégré dans ledit substrat et comprend un premier guide optique et un premier coupleur, ledit coupleur étant formé par le rapprochement du premier guide optique et d'une des voies de sortie du dispositif de pompe.

13. Dispositif d'amplification optique selon l'une quelconque des revendications 6 à 9 et 11 et 12, caractérisé en ce que le dispositif de pompe étant intégré dans un substrat, le dispositif de récupération du signal amplifié est au moins en partie intégré dans ledit substrat et comprend un deuxième guide optique et un deuxième coupleur, ledit coupleur étant formé par le rapprochement du deuxième guide optique et d'une des voies de sortie du dispositif de pompe.

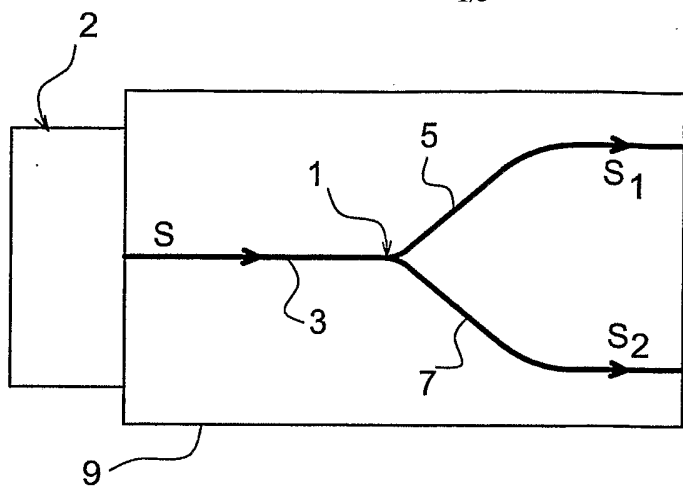


FIG. 1

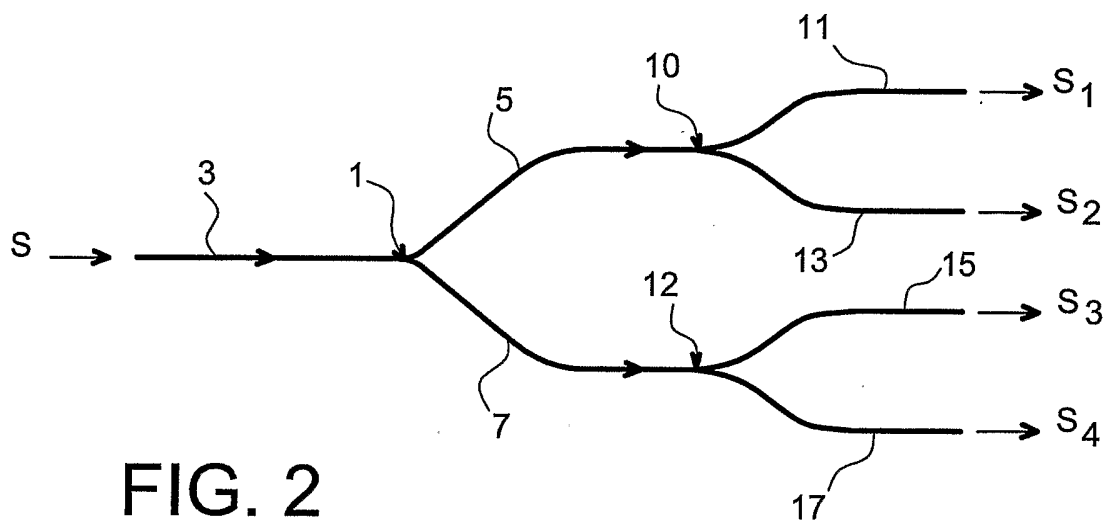


FIG. 2

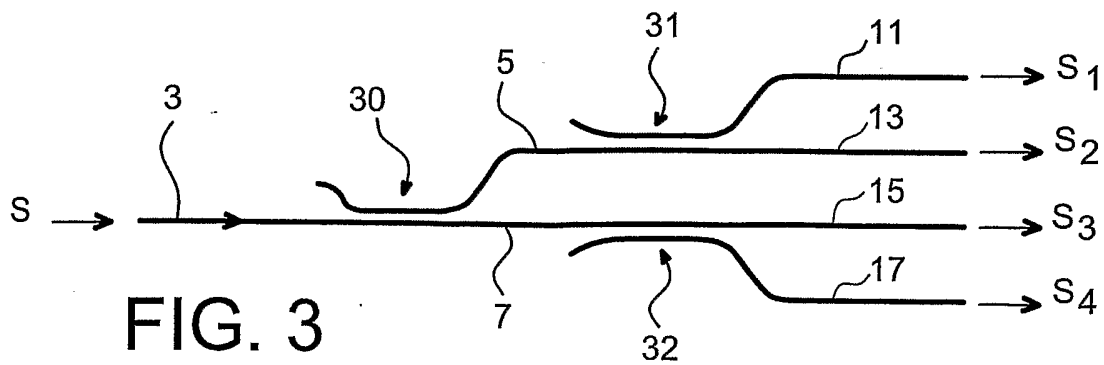


FIG. 3

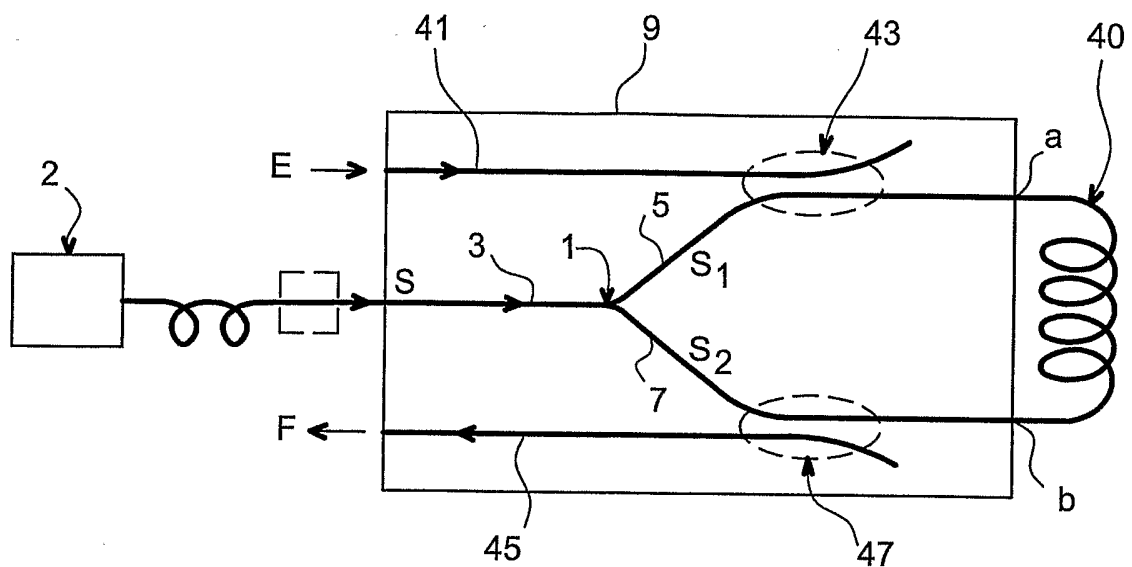


FIG. 4

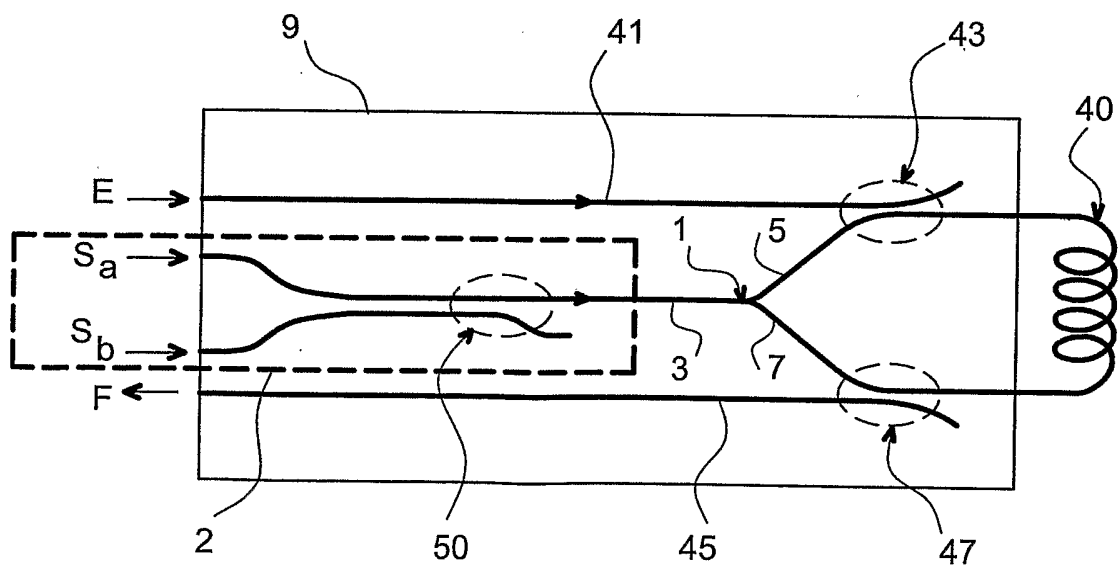


FIG. 5

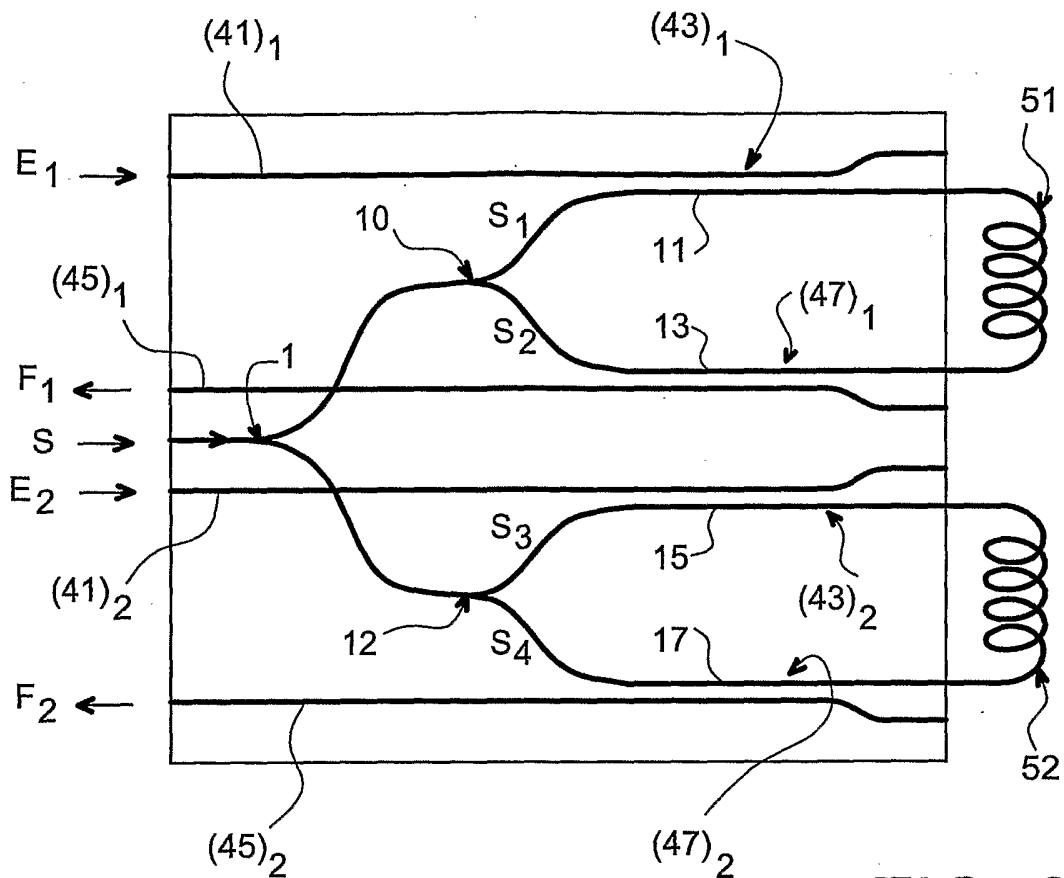


FIG. 6

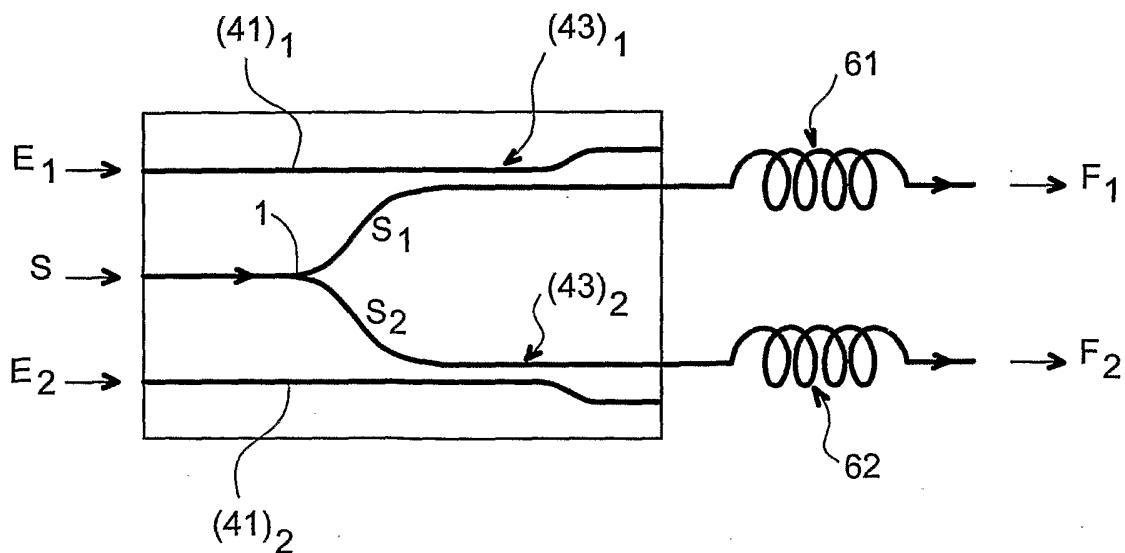


FIG. 7