(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 810 176**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **00 07436**

(51) Int Cl[7] : **H 04 B 10/17,** H 04 B 10/18, H 01 S 5/026, 5/065, G 02 B 6/12

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 09.06.00.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 14.12.01 Bulletin 01/50.

(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) :** *ALCATEL Société anonyme* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BRINDEL PATRICK et JANZ CHRISTOPHER.

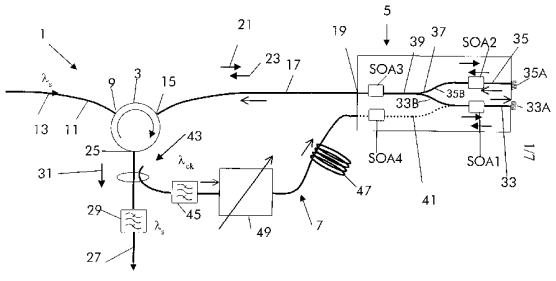
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL.

(54) DISPOSITIF DE REGENERATION DE SIGNAUX OPTIQUES.

(57) L'invention concerne un dispositif (1) de régénération de signaux optiques par une modulation d'intensité et de phase de ces signaux optiques, ledit dispositif comprenant:

- un laser à blocage de modes permettant de récupérer un signal d'horloge représentant le rythme d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer, et
- une structure interférométrique de modulation (5) ayant un premier (33) et un second (35) bras interférométriques et permettant de moduler l'amplitude et la phase des signaux optiques par ledit signal d'horloge et comportant au moins un amplificateur optique à semi-conducteur (SOA1) disposé dans le premier bras interférométrique (33). Le laser à blocage de modes est couplé audit premier bras interférométrique (33) de manière que ledit amplificateur du premier bras interférométrique (SOA1) est un composant en commun du laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique (5).



FR 2 810 176 - A1

Dispositif de régénération de signaux optiques

L'invention concerne le domaine des télécommunications sur fibre optique, et plus particulièrement des télécommunications sur des longues distances.

Lors de leur propagation dans des fibres, des signaux optiques subissent divers phénomènes physiques dégradant la qualité des signaux. Comme phénomènes principaux, on peut par exemple nommer les pertes en ligne, l'accumulation de bruit ou encore la gigue de Gordon-Haus.

Les pertes en ligne peuvent être compensées par une amplification optique en ligne, par exemple à l'aide d'un amplificateur à fibre dopée Erbium, également connu sous le sigle « EDFA ».

Toutefois, cette amplification en ligne ne permet pas de prévenir la gigue de Gordon-Haus qui cause une incertitude temporelle de l'arrivée des bits du signal.

De plus, l'amplification en ligne engendre une accumulation de bruit provenant de l'émission spontanée dans les amplificateurs optiques.

Par ailleurs, des effets non linéaires comme par exemple l'effet Kerr, l'effet Raman ou la modulation de phase croisée (XPM) pour des systèmes de transmission à multiplexage en longueur d'onde, appelés systèmes WDM (pour « Wavelength Division Multiplexing » en anglais) limitent dans certains cas la longueur maximale de transmission des signaux optiques.

C'est pourquoi il est nécessaire de disposer, à des intervalles réguliers, dans les lignes de transmission à fibre optique des régénérateurs, de préférence des régénérateurs « 3R », ayant pour action de recaler les signaux optiques dans le temps (« **R**etiming » en anglais), de les remettre dans leurs enveloppes d'origine (« **R**eshaping » en anglais), et de les amplifier (« **R**eamplifying » en anglais) à leurs niveaux d'amplitude d'origine.

Un tel régénérateur est par exemple connu de la demande française FR 9809410 au nom de la Demanderesse, du document « 40 Gbit/s polarisation-insensitive and wavelength-independent InP Mach-Zehnder modulator for all optical regeneration », Electronics Letters, Vol. 35, n° 9, p. 730, 29 avril 1999, et de « Contribution à l'étude de la régénération optique dans les systèmes de transmission par solitons », par O. Leclerc, thèse soutenu le 1er octobre 1998, Université de Nice-Sophia-Antipolis, incorporés par référence dans la présente description.

Le régénérateur décrit dans ces documents dispose d'un modulateur MACH-Zehnder pour la modulation synchrone phase/amplitude des signaux optiques à régénérer. Dans chacun des bras du modulateur Mach-Zehnder est disposé un amplificateur optique à semi-conducteur dont le gain est modulé sur la base d'un signal d'horloge récupéré.

A cet effet, pour une des configurations possibles, ce régénérateur dispose d'un circuit tout optique ou optoélectronique de récupération du signal d'horloge à partir des signaux optiques à régénérer.

Toutefois, dans ce régénérateur connu, la structure interférométrique et le circuit de récupération du signal d'horloge constituent des entités séparées et indépendantes, ce qui est un frein à l'intégration de ce composant.

La présente invention vise à perfectionner un régénérateur du type connu des documents précités en proposant un régénérateur ayant une plus grande aptitude à l'intégration.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de régénération de signaux optiques par une modulation d'intensité et de phase de ces signaux optiques, ledit dispositif comprenant :

- un laser à blocage de modes permettant de récupérer un signal d'horloge représentant le rythme d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer, et

- une structure interférométrique de modulation ayant un premier et un second bras interférométriques et permettant de moduler l'amplitude et la phase des signaux optiques par ledit signal d'horloge et comportant au moins un amplificateur optique à semi-conducteur disposé dans le premier bras interférométrique,

caractérisé en ce que le laser à blocage de modes est couplé audit premier bras interférométrique de manière que ledit amplificateur du premier bras interférométrique est un composant en commun du laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique.

Le dispositif selon l'invention peut en outre comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- ledit amplificateur du premier bras est choisi de telle sorte que la modulation de son gain, provoquée via des effets de saturation par le signal optique à régénérer, déclenche un blocage de modes dudit laser à blocage de modes à une longueur d'onde située à l'intérieur de la bande d'émission de l'amplificateur du premier bras interférométrique,

- un second amplificateur optique à semi-conducteur est disposé dans le second bras interférométrique, et il comprend un second laser à blocage de modes permettant de récupérer un second signal optique d'horloge, ce second signal d'horloge représentant également le rythme d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer et possédant une seconde longueur d'onde différente de la longueur d'onde du signal d'horloge du premier laser à blocage de modes, le second laser à blocage de modes étant couplé audit second bras interférométrique de manière que ledit amplificateur du second bras interférométrique est un composant en commun du second laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique,

- ledit second amplificateur optique à semi-conducteur du second bras interférométrique est sensiblement identique au premier amplificateur optique à semi-conducteur du premier bras interférométrique,

- ladite structure interférométrique est une structure du type Michelson et il comporte en outre un circulateur optique ayant un premier port recevant le signal optique à régénérer, un second port raccordé au port entrée/sortie interférométrique de la structure du type Michelson et un troisième port de sortie du signal optique régénéré,

- le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

  - une fibre de récupération du signal d'horloge dont l'entrée est couplée à une fibre de sortie raccordée au troisième port dudit circulateur optique et dont la sortie est raccordée à des premiers moyens de couplage des signaux optiques d'horloge dans le premier bras de ladite structure interférométrique,
  - ledit premier bras interférométrique avec ledit premier amplificateur optique,
  - une fibre de raccordement de l'entrée/sortie interférométrique de la structure interférométrique au second port du circulateur optique, et
  - un filtre de sélection centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite fibre de récupération ou dans lesdits moyens de couplage,

- le premier bras de ladite structure interférométrique présente une extrémité terminale qui est réfléchissante pour les signaux optiques à régénérer et au moins partiellement transmissible pour des signaux optiques à la longueur d'onde des signaux d'horloge récupérés, le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

  - une fibre de récupération du signal d'horloge dont une extrémité est couplée à ladite extrémité terminale du premier bras et dont l'autre extrémité est raccordée à des premiers moyens de couplage des signaux optiques d'horloge dans le premier bras de ladite structure interférométrique,

- ledit premier bras interférométrique avec ledit premier amplificateur optique et
- un filtre de sélection centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite fibre de récupération ou dans lesdits moyens de couplage,

- il comporte en outre des seconds moyens de couplage des signaux optiques d'horloge récupérés dans le second bras de la structure interférométrique,

- un isolateur optique est disposé dans ladite fibre de récupération pour imposer le sens de circulation des signaux d'horloge récupérés,

- un moyen de stockage temporel de signaux d'horloge est disposé dans ladite fibre de récupération pour lisser les différentes contributions spectrales des signaux optiques d'horloge récupérés,

- lesdits moyens de stockage comprennent une fibre optique de longueur prédéfinie,

- un amplificateur optique à semi-conducteur supplémentaire est disposé dans lesdits premiers moyens couplage,

- le laser à blocage de modes est un oscillateur laser à cavité résonante comprenant :

- le premier bras de ladite structure interférométrique et son extrémité réfléchissante aussi bien pour les signaux optiques à régénérer que pour les signaux optiques d'horloge récupérés,
- une branche latérale de ladite structure interférométrique dont une extrémité est couplée audit premier bras et dont l'autre extrémité est réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge, et
- un filtre de sélection centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite branche latérale,

- ledit filtre de sélection est un réflecteur de Bragg,

- une zone de phase permettant d'ajuster la longueur optique de la cavité est prévue dans ladite branche latérale,

- un amplificateur optique à semi-conducteur supplémentaire est disposé dans ladite branche latérale,

- la structure interférométrique et le laser à blocage de modes sont intégrés sur un même substrat,

- ladite structure interférométrique est une structure du type MACH-ZEHNDER,

- le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

- une fibre de récupération du signal d'horloge dont l'entrée est couplée à des premiers moyens de couplage permettant de prélever le signal d'horloge dudit premier bras et dont la sortie est raccordée à des seconds moyens de couplage pour introduire des signaux optiques d'horloge circulant dans la fibre de récupération dans le premier bras,
- un isolateur optique pour imposer le sens de propagation des signaux d'horloge récupérés, et
- un filtre de sélection centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge,

- le sens de propagation des signaux d'horloge imposé par l'isolateur optique est un sens contre-propagatif par rapport aux signaux à régénérer,

- le laser à blocage de modes est un oscillateur laser à cavité résonante comprenant :

- une première branche latérale de ladite structure interférométrique dont une extrémité est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge et dont l'autre extrémité est couplée audit premier bras,

- ledit premier bras de ladite structure interférométrique définissant la partie centrale de la cavité, et
- une seconde branche latérale dont une extrémité est couplée audit premier bras et dont l'autre extrémité est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge.

- ladite structure interférométrique et le laser à blocage de modes sont réalisés sur un même substrat comme composants intégrés,

- il comporte une fibre couplant une partie de la puissance des signaux optiques d'horloge régénérés dans le second bras de ladite structure interférométrique,

- ladite structure interférométrique est un composant intégré.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple, sans caractère limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique d'un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention,
- la figure 2 est un schéma synoptique d'une première variante du mode de réalisation de la figure 1,
- la figure 3 est un schéma synoptique d'une seconde variante du mode de réalisation de la figure 1,
- la figure 4 est un schéma synoptique d'une troisième variante du mode de réalisation de la figure 1,
- la figure 5 est un schéma synoptique d'un second mode de réalisation du dispositif selon l'invention,
- la figure 6 est un schéma synoptique d'une variante du second mode de réalisation de la figure 5, et
- la figure 7 est un schéma synoptique d'un développement du dispositif de la figure 6.

De manière générale pour toute la description, les éléments identiques sur les diverses figures portent les mêmes numéros de référence.

En outre, on a signalé sur les figures le sens de propagation des signaux optiques à régénérer et régénérés par des flèches pleines (« ➡ »), alors que le sens de propagation des signaux d'horloge récupérés est indiqué par des flèches simples « → »).

La figure 1 montre un schéma synoptique d'un premier mode de réalisation d'un dispositif 1 de régénération de signaux optiques par une modulation d'intensité et de phase.

Ce dispositif 1 comprend un circulateur optique 3, une structure interférométrique 5 et une ligne 7 de récupération d'un signal d'horloge.

Pour le présent mode de réalisation, le circulateur optique 3 est pour ce mode de réalisation un circulateur à trois ports. Le premier port 9 est raccordée à une fibre d'entrée 11 et reçoit de cette fibre 11 un signal optique à régénérer de longueur d'onde λ_s. Ceci est aussi indiqué par la flèche 13 montrant le sens de propagation des signaux optiques à régénérer dans la fibre d'entrée 11.

Le second port 15 du circulateur optique 3 est raccordé par une fibre 17 au port 19 d'entrée/ sortie de la structure interférométrique 5.

La flèche 21 située au-dessus de la fibre 17 indique le sens de propagation des signaux à régénérer qui ont été transférés dans le circulateur 3 depuis le port 9 de celui-ci au port 15. La flèche 23 indique le sens de propagation des signaux régénérés en sortie de la structure interférométrique 5. Ces signaux régénérés sont ensuite transférés depuis le port 15 au port 25 du circulateur 3. Ce port 25 est raccordé à une fibre 27 de sortie dans laquelle est disposé un filtre 29 centré autour de la longueur d'onde λ_s des signaux régénérés, le sens de propagation des signaux régénérés étant indiqué par la flèche 31.

La structure interférométrique 5 de la figure 1 est une structure du type Michelson. Il s'agit de préférence d'un composant optique intégré avec des guides d'onde de lumière intégré sur un même substrat semi-conducteur.

Cette structure interférométrique 5 comprend un premier 33 et un second 35 bras interférométrique. Chacun des deux bras 33 et 35 possède une extrémité terminale réfléchissante, respectivement numérotées 33A et 35A, et une extrémité, respectivement numérotées 33B et 35B, couplée à une branche associée d'un diviseur 37 en « Y », le tronc 39 du diviseur 37 étant raccordée au port d'entrée/sortie 19 de la structure interférométrique 5.

Un premier amplificateur optique à semi-conducteur SOA1 est disposé dans le premier bras 33 et, de préférence, un second amplificateur optique à semi-conducteur SOA2, avantageusement identique à l'amplificateur SOA1, est disposé dans le second bras 35.

Par ailleurs, un amplificateur optique à semi-conducteur auxiliaire SOA3 est disposé dans le tronc 39 du diviseur 37.

De plus, pour la récupération de signaux d'horloge, le dispositif de régénération 1 comprend un laser à blocage de modes permettant de récupérer un signal d'horloge représentant le rythme d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer.

Sur la figure 1, ce laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant la ligne 7 de récupération formée par une fibre optique, des premiers moyens 41 de couplage pour coupler le signal d'horloge récupéré dans le premier bras 33 de la structure interférométrique 5 (les moyens 41 de couplage sont également réalisés sous forme d'un guide d'onde), du tronc 39 du diviseur 37, de la fibre 17 de raccordement du port entrée/sortie 19 de la structure interférométrique au port 15 du circulateur optique 3, la partie du circulateur optique faisant transférer les signaux optiques du port 15 au port 25 et la partie de la fibre 27 entre le port 25 du circulateur et le point de couplage avec la ligne 7 de récupération.

On comprend donc qu'une extrémité 43 de la ligne 7 de récupération est couplée à la fibre 27 de sortie afin que les signaux d'horloge transférés depuis le port 15 vers le port 25 soient récupérés dans cette ligne 7.

Par ailleurs, un filtre 45 centré autour de la longueur d'onde des signaux d'horloge est disposé dans la ligne 7 de récupération. Ce filtre 45 a pour fonction d'imposer la longueur d'onde λ_{ck} à laquelle le laser en anneau doit fonctionner. Judicieusement comme on va le voir ci-après, cette longueur d'onde de filtrage λ_{ck} est choisie de manière qu'elle se trouve à l'intérieur de la bande d'émission (également appelée bande d 'amplification) du premier amplificateur optique à semi-conducteur SOA1, de sorte que ce dernier amplifie non seulement des signaux à régénérer à la longueur d'onde λ_s, mais aussi ceux à la longueur d'onde λ_{ck}. De plus, on choisit l'amplificateur SOA1 de manière que la modulation de son gain, provoquée via des effets de saturation par le signal optique à régénérer déclenche un blocage de modes du laser à blocage de modes à la longueur d'onde λ_{ck}.

On comprend donc que l'amplificateur SOA1 est un composant en commun du laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique remplissant plusieurs fonctions : pour la partie interférométrique, le SOA1 est impliquée dans la régénération des signaux optiques et pour la partie laser en anneau, le SOA1 est un élément amplificateur assurant en même temps le blocage des modes du laser.

L'amplificateur auxiliaire SOA3 qui agit également sur les signaux optiques à régénérer et sur les signaux optiques d'horloge ne joue que le rôle d'un simple amplificateur d'une part pour des signaux à régénérer et d'autre part pour des signaux optiques d'horloge.

De façon optionnelle et pour permettre d'ajuster le gain d'amplification des signaux optiques d'horloge dans le laser en anneau, on prévoit de plus un amplificateur optique à semi-conducteur SOA4 supplémentaire disposé dans les moyens 41 de couplage. Bien entendu, un tel

amplificateur supplémentaire peut également être prévu dans la ligne 7 de récupération.

En outre, on prévoit dans la ligne 7 un moyen 47 de stockage temporel de signaux d'horloge. Ce moyen 47 de stockage comprend de préférence une fibre optique de longueur prédéfinie et permet de lisser les différentes contributions spectrales des signaux optiques d'horloge récupérés. A titre d'exemple, pour des signaux avec un débit de 40Gbit/s, on choisit une longueur de fibre de 5m enroulé par exemple sur une bobine stabilisée en température pour stocker ainsi des signaux optiques correspondant à environ 1000 bits.

Enfin, une ligne optique à retard ajustable 49 disposée dans la ligne de récupération 7 entre le filtre 45 et les moyens 47 de stockage sert à ajuster la longueur optique du laser en anneau.

Le dispositif de régénération selon l'invention fonctionne de la manière suivante.

Les signaux à régénérer de longueur d'onde λ_s sont introduits dans le dispositif 1 selon l'invention par la fibre 11, admis au port 9 du circulateur 3 et transférés vers le port 15. De là, ils sont acheminés par la fibre 17 au port entrée/ sortie 19 de la structure interférométrique 5. Puis, dans la structure interférométrique 5, les signaux à régénérer sont divisés dans le diviseur 37 pour être couplés dans le premier 33 et le second 35 bras interférométriques.

Dans le premier bras interférométrique 35, la modulation amplitude / phase des signaux à régénérer est pilotée par les signaux d'horloge récupérés qui circulent dans le laser en anneau décrit ci-dessus, ce qui va induire après réflexion, via des effets interférométriques avec les signaux réfléchis provenant du second bras 35 dans le tronc du diviseur en « Y » 37, la régénération « 3R » des signaux en entrée de la structure interférométrique.

Ensuite, les signaux ainsi régénérés circulent dans la fibre 17 vers le port 15 du circulateur 3, sont transférés vers le port 25, et sortent, après un ultime filtrage dans le filtre 29 par la fibre 27 de sortie.

Pendant ce temps, les signaux d'horloge récupérés circulent dans le laser en anneau et pilotent la régénération des signaux optique à la longueur d'onde λ_s comme décrit ci-dessus.

La figure 2 montre un schéma synoptique d'une première variante du régénérateur de la figure 1.

Le régénérateur de la figure 2 se distingue de celui de la figure 1 essentiellement par le fait que le laser à blocage de modes est un oscillateur laser à cavité résonante ou laser linéaire.

Cet oscillateur à cavité résonante comprend le premier bras 33 de ladite structure interférométrique et son extrémité réfléchissante 33A et une branche latérale 60 de ladite structure interférométrique 5 dont une extrémité 61 est couplée au premier bras 33 et dont l'autre extrémité 63 se termine en une surface réfléchissante 63 A pour les signaux optiques d'horloge.

Dans la branche latérale sont disposés un filtre 65 de sélection centré autour la longueur d'onde λ_{cl} des signaux optiques d'horloge à récupérer et réalisé de préférence sous la forme d'un filtre de Bragg, et, de façon optionnelle, un amplificateur optique à semi-conducteur SOA5 supplémentaire et une zone de phase 67 permettant d'ajuster la longueur optique de la cavité laser.

Comme cela est indiqué schématiquement sur la figure 2, la structure interférométrique et le laser à blocage de modes sont intégrés sur un même substrat, ce qui présente un grand avantage non seulement pour la fabrication des régénérateurs selon l'invention, mais aussi pour sa stabilité en régime de fonctionnement. De plus, ce composant intégré est moins sensible à l'altération avec le temps.

A part les différences propres à la structure de leur laser à blocage de modes, les régénérateurs des figures 1 et 2 fonctionnent de façon similaire.

La figure 3 est un schéma synoptique d'une seconde variante du régénérateur de la figure 1.

Cette variante est structurellement très proche du régénérateur de la figure 1 et se distingue notamment par une autre configuration du laser en anneau ainsi que par le fait que les signaux d'horloge récupérés sont utilisés pour la modulation des signaux optiques dans les deux bras 33 et 35 de la structure interférométrique 5.

Comme pour le mode de réalisation de la figure 1, le laser à blocage de modes est un laser en anneau.

Selon un premier aspect relatif à la configuration du laser en anneau, celui-ci comprend la fibre de récupération 7 du signal d'horloge dont une extrémité est couplée à l'extrémité terminale 33C du premier bras 33 et dont l'autre extrémité est raccordée aux moyens 41 de couplage des signaux optiques d'horloge dans le premier bras 33.

Pour assurer le couplage des signaux optiques d'horloge dans premier bras 33 de la structure interférométrique 5 sans pour autant dégrader les performances interférométriques du Michelson, l'extrémité terminale 33C est réfléchissante pour les signaux optiques à régénérer à la longueur d'onde $\lambda_{s,}$ mais au moins partiellement, de préférence presque totalement transmissible pour des signaux optiques à la longueur d'onde λ_{cl} des signaux d'horloge récupérés.

Comme pour le mode de réalisation de la figure 1, un filtre 45, des moyens 47 de stockage et une ligne optique à retard ajustable 49 sont disposés dans la ligne 7 de récupération. Ces éléments assurent bien entendu la même fonction que dans la mode de réalisation de la figure 1.

De plus, un isolateur optique 70 est disposé dans la ligne 7 de récupération pour imposer le sens de circulation des signaux d'horloge récupérés.

Par ailleurs, on note sur la figure 3 la présence, bien sûr optionnelle, d'un amplificateur optique à semi-conducteur supplémentaire SOA4 disposé dans les moyens couplage 41 réalisés sous la forme d'un guide d'onde.

Le laser en anneau de la figure 3 fonctionne et interagit avec l'interféromètre du type Michelson pour la régénération « 3R » de manière similaire que le laser en anneau de la figure 1.

Avantageusement, le filtre 29 de sortie est, pour cette variante, placé dans la fibre 17 de raccordement du circulateur 3 à la structure interférométrique 5 et non dans la fibre de sortie 27.

Selon le second aspect de cette variante de l'invention visant à soumettre de plus les signaux à régénérer dans le second bras 35 à l'action des signaux d'horloge, le régénérateur 1 selon l'invention comprend en outre des seconds moyens de couplage 72 des signaux optiques d'horloge récupérés dans le second bras 35 de la structure interférométrique 5.

Comme on le voit sur la figure 3, ces seconds moyens de couplage 72 comprennent d'une part une fibre 74 dont une extrémité est couplée à la fibre 7 de récupération pour prélever une partie des signaux d'horloge récupérés, et d'autre part une seconde branche latérale 76 de la structure interférométrique 5, réalisée sous la forme d'un guide d'onde, à laquelle est couplée l'autre extrémité de la fibre 74 et qui introduit par couplage, des signaux optiques d'horloge dans le second bras 35.

Avantageusement, une ligne à retard ajustable 78 est située dans la fibre 74 et un amplificateur optique à semi-conducteur SOA6 optionnel est disposé dans la branche latérale 76.

Grâce à cette configuration dans laquelle les signaux d'horloge récupérés agissent dans les deux bras 33 et 35 de la structure interférométrique 5, la fonction de trille (également appelé « chirp » en anglais) des signaux à régénérés peut être ajustée.

Sinon, le fonctionnement de la variante de la figure 3 est analogue à celle représentée à la figure 1.

La troisième variante représentée sur un schéma synoptique sur la figure 4 permet également d'ajuster le « chirp » des signaux optiques à régénérer et se distingue de la seconde variante de la figure 3 notamment par

l'utilisation de deux lasers à blocage de mode indépendants, chacun fonctionnant à sa propre longueur d'onde et apte à fonctionner avec un bras associé de la structure interférométrique.

Sur la figure 4, les deux lasers à blocage de modes sont des lasers en anneau. Pour pouvoir réaliser ces deux lasers en anneau pour la récupération des signaux d'horloge, on utilise un circulateur optique 100 à quatre ports, dont les premier 102, second 104 et dernier 106 ports ont la même fonction que les ports 9, 15 et 25 respectifs du circulateur 3 de la figure 1.

Le port supplémentaire 108 situé entre le port 104 et le port 106 est relié directement par une fibre 110 aux moyens de couplage 41 de la structure interférométrique 5 et indirectement, par une fibre 112 couplée à la fibre 110 à des seconds moyens de couplage 113 de la structure interférométrique 5.

A proximité du port 108 est disposé dans la fibre 110 un réflecteur de Bragg 114 (RIFBG-filter pour « reflector integrated Bragg filter » en anglais). Il s'agit d'un réseau de Bragg inscrit dans la fibre 110 et dont la constante du réseau est choisie de manière que des signaux optiques à la longueur d'onde λ_S du signal à régénérer sont réfléchis, alors que les signaux optiques à la longueur d'onde des signaux d'horloge passent ce filtre sensiblement sans atténuation. Ceci est nécessaire pour que les signaux régénérés venant du port 104 et transférés vers le port 108 sont renvoyés directement vers ce même port 108 pour être finalement transférés vers le port 106 de sortie.

Par ailleurs, dans chaque fibre 110, 112 sont respectivement disposés un filtre 116 et 120 ainsi qu'une ligne à retard réglable 118 et 122. Les filtres 116 et 120 ont pour leur laser en anneau respectif la même fonction que le filtre 45 du régénérateur de la figure 1. C'est-à-dire, il s'agit de filtres centrés autour de la longueur d'onde des signaux d'horloge respectifs λ_{CK1} et λ_{CK2} pour imposer la longueur d'onde de fonctionnement du laser en anneau.

Les signaux optiques d'horloge récupérés à la longueur d'onde λ_{ck1} circulent dans le premier laser en anneau depuis le port 108 du circulateur 100, dans la fibre 110 en passant par le filtre de Bragg 114 et le filtre 116 ainsi que la ligne à retard réglable 118 pour être introduit dans les premiers moyens de couplage 41 avec son amplificateur optique supplémentaire à semi-conducteur SOA4, puis dans le premier bras 33 de la structure interférométrique 5 avec son amplificateur optique à semi-conducteur SOA1. Ces signaux d'horloge à la longueur d'onde λ_{ck1} sont ensuite réfléchis à l'extrémité terminale 33A, repassent par l'amplificateur SOA1, sont couplés dans le tronc 39 du coupleur 37 en « Y » pour revenir finalement par la fibre 17 au port 104, puis au port 108 du circulateur 100.

Les signaux optiques d'horloge récupérés à la longueur d'onde λ_{ck2} circulent dans le second laser en anneau depuis le port 108 du circulateur 100, dans la fibre 110 en passant par le filtre de Bragg 114. Ils sont couplés dans la fibre 112 avec son filtre 120 ainsi que sa ligne à retard réglable 122 pour être introduit dans les seconds moyens de couplage 76 avec son amplificateur optique supplémentaire à semi-conducteur SOA6, puis dans le second bras 35 de la structure interférométrique 5 avec son amplificateur optique à semi-conducteur SOA2. Ces signaux d'horloge à la longueur d'onde λ_{ck2} sont ensuite réfléchis à l'extrémité terminale 35A. Bien entendu, le pouvoir réfléchissant des extrémités terminales 33A et 35 A est adapté aux longueurs d'onde respectives λ_{ck1} et λ_{ck2} qui sont différentes. Les signaux d'horloge à λ_{CK2} ainsi récupérés repassent ensuite par l'amplificateur SOA2, sont couplés dans le tronc 39 du coupleur 37 en « Y » pour revenir finalement par la fibre 17 au port 104, puis au port 108 du circulateur 100.

On comprend donc que dans la fibre 17 circulent des signaux optiques de trois longueurs d'ondes différentes : les signaux à régénérer et les signaux régénérés à la longueur d'onde λ_S, ainsi que les signaux optiques d'horloge récupérés aux longueurs d'ondes λ_{ck1} et λ_{ck2} respectives.

Selon les mêmes principes que ceux appliqués au régénérateur de la figure 1, les longueurs d'onde de filtrage λ_{ck1} et λ_{ck2} sont choisies de manière qu'elles se trouvent à l'intérieur de la bande d'émission des amplificateurs optiques à semi-conducteur SOA1 et SOA2.

Pour ce mode de réalisation, on voit donc que les amplificateurs SOA1 et SOA2 sont des composants en commun d'une part de la structure interférométrique et d'autre part des deux lasers à blocage de modes respectifs.

De façon optionnelle, une ligne à retard réglable 124 est disposée dans la fibre d'entrée 11.

On se réfère maintenant à la figure 5 qui représente un second mode de réalisation du régénérateur selon l'invention.

Ce mode de réalisation diffère de celui représenté en plusieurs variantes sur les figures 1 à 4 essentiellement par le fait que la structure interférométrique est une structure 130 du type MACH-Zehnder.

Plus en détail, la structure interférométrique 130 du type Mach-Zehnder comprend un premier 132 et un second 134 bras interférométrique ayant respectivement un amplificateur optique à semi-conducteur SOA1 et SOA2. Les bras 132 et 134 sont raccordés d'une part par un premier coupleur en « Y » 136 à une fibre d'entrée 138 des signaux optiques à régénérer, et d'autre part par un second coupleur 140 à une fibre 142 de sortie des signaux optiques régénérés.

Pour assurer une régénération « 3R » conforme aux principes de fonctionnement du premier mode de réalisation des figures 1 à 4, le régénérateur de la figure 5 présente un laser à blocage de mode formé par un laser en anneau comprenant une fibre 144 de récupération du signal d'horloge dont l'entrée 146 est couplée à des premiers moyens de couplage 148 permettant de prélever le signal d'horloge du premier bras 132 et dont la sortie 150 est raccordée à des seconds moyens de couplage 152 pour

introduire des signaux optiques d'horloge circulant dans la fibre de récupération 144 dans le premier bras 132.

Dans la fibre 144 sont disposés un isolateur optique 154 pour imposer le sens de propagation des signaux d'horloge récupérés, le filtre 45 de sélection centré autour de la longueur d'onde λ_{CK} des signaux optiques d'horloge et les moyens 47 de stockage temporel de signaux d'horloge.

De façon optionnelle, des amplificateurs optiques à semi-conducteur SOA3 et SOA8 sont disposés respectivement dans les moyens 148 et 152 de couplage.

De même, des amplificateurs optiques à semi-conducteur auxiliaires SOA4 et SOA9 sont respectivement disposés dans le tronc des coupleurs en « Y » 136 et 140.

Bien entendu, les divers bras 132, 134, les coupleurs 136, 140 et les moyens de couplage 148, 152 de la structure interférométrique 130 sont de préférence réalisés sous la forme de guide d'ondes sur un substrat commun.

En fonctionnement, les signaux à régénérer de longueur d'onde λ_s sont introduits dans le dispositif 1 selon l'invention par la fibre 138 et admis par la structure interférométrique 130 dans le tronc du coupleur 138. Puis, par le coupleur 136 en « Y », les signaux à régénérer sont divisés pour être couplés dans le premier 132 et le second 134 bras interférométriques.

Dans le premier bras interférométrique 132, la modulation amplitude / phase des signaux à régénérer est pilotée par les signaux d'horloge récupérés qui circulent dans le laser en anneau décrit ci-dessus, ce qui va induire, via des effets interférométriques avec les signaux provenant du second bras 134 dans le tronc du coupleur en « Y » 140, la régénération « 3R » des signaux en sortie de la structure interférométrique.

Ensuite, les signaux ainsi régénérés circulent dans la fibre de sortie 142.

Par précaution, on peut prévoir un filtre centré autour de la longueur d'onde des signaux à régénérer dans la fibre 142 afin d'éliminer d'éventuels signaux optiques parasites à la longueur d'onde λ_{ck}.

Pendant ce temps, les signaux d'horloge récupérés circulent dans le laser en anneau décrit ci-dessus et pilotent la régénération des signaux optique à la longueur d'onde λ_s comme cela a été décrit en relation avec le premier mode de réalisation présenté sur les figures 1 à 4.

Avantageusement, le sens de propagation des signaux d'horloge imposé par l'isolateur optique 154 est un sens contre-propagatif par rapport aux signaux à régénérer.

Toutefois, on peut envisager un sens co-propagatif, et dans ce cas, un filtre centré autour de λ_s dans la fibre de sortie 142 devient obligatoire.

La figure 6 présente une variante du mode de réalisation de la figure 5.

Cette variante se distingue par le fait que le laser à blocage de modes est un oscillateur à cavité résonante et non un laser en anneau.

Ce laser à blocage de modes comprend une première branche latérale 160 réalisée sous forme d'un guide d'onde dont une extrémité 162 est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge et dont l'autre extrémité 164 est couplée au premier bras interférométrique 132, ce premier bras 132 définissant la partie centrale de la cavité résonante, et une seconde branche latérale 166 réalisée sous forme de guide d'onde dont une extrémité 168 est couplée au premier bras 132 et dont l'autre extrémité 170 est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge.

L'amplification des signaux d'horloge dans le laser est non seulement faite par l'amplificateur en commun SOA1, mais aussi par les amplificateurs supplémentaires SOA3 et SOA8 disposés respectivement dans la première branche 160 et dans la seconde branche 166.

Pour régler la longueur de la cavité, des zones de phase 172 et 174 sont respectivement disposées dans la première 160 et dans la seconde 166 branches latérales.

Comme le laser à cavité résonante de la 2, celui de la figure 6 dispose également d'un filtre 176 de sélection centré autour la longueur d'onde λ_{cl} des signaux optiques d'horloge à récupérer et réalisé de préférence sous la forme d'un filtre de Bragg inscrit dans le guide d'onde.

En outre, un filtre 29 centré autour de la longueur d'onde λ_s des signaux régénérés est disposé dans la fibre de sortie 142.

A part pour la structure du laser pour la récupération des signaux d'horloge, cette variante fonctionne de la même façon que le régénérateur représenté sur la figure 5.

On conçoit donc aisément que ladite structure interférométrique et le laser à blocage de modes sont réalisés sur un même substrat comme composants intégrés, ce qui confère au régénérateur une grande compacité et aussi une bonne fiabilité de fonctionnement.

Enfin la figure 7 présente un développement avantageux du régénérateur de la figure 6, dans lequel l'extrémité 162 de la branche latérale 160 est partiellement transmissible pour les signaux d'horloge récupérés afin de permettre de coupler ces signaux d'horloge via une fibre 177, disposant de préférence de moyens de stockage 47 de signaux d'horloge, et des moyens de couplage 178 réalisés sous la forme d'un guide d'onde dans le second bras 134 de la structure interférométrique.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de régénération de signaux optiques par une modulation d'intensité et de phase de ces signaux optiques, ledit dispositif comprenant :

- un laser à blocage de modes permettant de récupérer un signal d'horloge représentant le rythme d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer, et
- une structure interférométrique (5 ; 130) de modulation ayant un premier (33 ; 132) et un second (35 ; 134) bras interférométriques et permettant de moduler l'amplitude et la phase des signaux optiques par ledit signal d'horloge et comportant au moins un amplificateur optique à semi-conducteur (SOA1) disposé dans le premier bras interférométrique (33 ; 132),

caractérisé en ce que le laser à blocage de modes est couplé audit premier bras interférométrique (33 ; 132) de manière que ledit amplificateur (SOA1) du premier bras interférométrique (33 ; 132) est un composant en commun du laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique (5 ; 130).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit amplificateur (SOA1) du premier bras (33 ; 132) est choisi de telle sorte que la modulation de son gain, provoquée via des effets de saturation par le signal optique à régénérer, déclenche un blocage de modes dudit laser à blocage de modes à une longueur d'onde située à l'intérieur de la bande d'émission de l'amplificateur (SOA1) du premier bras interférométrique (33 ; 132).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un second amplificateur optique à semi-conducteur (SOA2) est disposé dans le second bras interférométrique (35 ; 134), et en ce qu'il comprend un second laser à blocage de modes permettant de récupérer un second signal optique d'horloge, ce second signal d'horloge représentant également le rythme

d'horloge des bits des signaux optiques à régénérer et possédant une seconde longueur d'onde différente de la longueur d'onde du signal d'horloge du premier laser à blocage de modes, le second laser à blocage de modes étant couplé audit second bras interférométrique (35 ; 134) de manière que ledit amplificateur (SOA2) du second bras interférométrique (35 ; 134) est un composant en commun du second laser à blocage de modes et de ladite structure interférométrique (5 ; 130).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit second amplificateur optique à semi-conducteur (SOA2) du second bras interférométrique (35 ; 134) est sensiblement identique au premier amplificateur optique à semi-conducteur (SOA1) du premier bras interférométrique (33 ; 132).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite structure interférométrique (5) est une structure du type Michelson et en ce qu'il comporte en outre un circulateur optique (3 ; 100) ayant un premier port (9 ; 102) recevant le signal optique à régénérer, un second port (15 ; 104) raccordé au port entrée/sortie interférométrique de la structure du type Michelson et un troisième port (25 ; 106) de sortie du signal optique régénéré.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

- une fibre de récupération (7) du signal d'horloge dont l'entrée est couplée à une fibre de sortie (27) raccordée au troisième port (35) dudit circulateur optique (3) et dont la sortie est raccordée à des premiers moyens de couplage (41) des signaux optiques d'horloge dans le premier bras (33) de ladite structure interférométrique (5),
- ledit premier bras interférométrique (33) avec ledit premier amplificateur optique (SOA1),

- une fibre de raccordement (17) de l'entrée/sortie interférométrique de la structure interférométrique (5) au second port (15) du circulateur optique (3), et
- un filtre de sélection (45) centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite fibre de récupération (7) ou dans lesdits premiers moyens de couplage (41).

7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le premier bras (33) de ladite structure interférométrique (5) présente une extrémité terminale (33C) qui est réfléchissante pour les signaux optiques à régénérer et au moins partiellement transmissible pour des signaux optiques à la longueur d'onde des signaux d'horloge récupérés, le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

- une fibre de récupération (7) du signal d'horloge dont une extrémité est couplée à ladite extrémité terminale (33C) du premier bras (33) et dont l'autre extrémité est raccordée à des premiers moyens de couplage (41) des signaux optiques d'horloge dans le premier bras (33) de ladite structure interférométrique (5),
- ledit premier bras interférométrique (33) avec ledit premier amplificateur optique (SOA1) et
- un filtre de sélection (45) centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite fibre de récupération (7) ou dans lesdits premiers moyens de couplage (41).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des seconds moyens de couplage (72) des signaux optiques d'horloge récupérés dans le second bras (35) de la structure interférométrique (5).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'un isolateur optique (70) est disposé dans ladite fibre de récupération (7) pour imposer le sens de circulation des signaux d'horloge récupérés.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce qu'un moyen de stockage temporel (47) des signaux d'horloge est disposé dans ladite fibre de récupération (7) pour lisser les différentes contributions spectrales des signaux optiques d'horloge récupérés.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de stockage (47) comprennent une fibre optique de longueur prédéfinie.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé en ce qu'un amplificateur optique à semi-conducteur supplémentaire (SOA4) est disposé dans lesdits premiers moyens couplage (41).

13. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le laser à blocage de modes est un oscillateur laser à cavité résonante comprenant :

- le premier bras (33) de ladite structure interférométrique (5) et son extrémité (33A) réfléchissante aussi bien pour les signaux optiques à régénérer que pour les signaux optiques d'horloge récupérés,
- une branche latérale (60) de ladite structure interférométrique dont une extrémité (61) est couplée audit premier bras (33) et dont l'autre extrémité (63) est réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge, et
- un filtre de sélection (65) centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge et disposé dans ladite branche latérale (60).

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit filtre de sélection (65) est un réflecteur de Bragg.

15. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'une zone de phase (67) permettant d'ajuster la longueur optique de la cavité est prévue dans ladite branche latérale (60).

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce qu'un amplificateur optique à semi-conducteur supplémentaire (SOA5) est disposé dans ladite branche latérale (60).

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que la structure interférométrique (5) et le laser à blocage de modes sont intégrés sur le même substrat.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite structure interférométrique est une structure du type MACH-ZEHNDER.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce que le laser à blocage de modes est un laser en anneau comprenant :

- une fibre de récupération (144) du signal d'horloge dont l'entrée est couplée à des premiers moyens de couplage (148) permettant de prélever le signal d'horloge dudit premier bras (132) et dont la sortie est raccordée à des seconds moyens de couplage (152) pour introduire des signaux optiques d'horloge circulant dans la fibre de récupération (144) dans le premier bras (132),
- un isolateur optique (154) pour imposer le sens de propagation des signaux d'horloge récupérés, et
- un filtre de sélection (45) centré autour de la longueur d'onde des signaux optiques d'horloge.

20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que le sens de propagation des signaux d'horloge imposé par l'isolateur optique est un sens contre-propagatif par rapport aux signaux à régénérer.

21. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce le laser à blocage de modes est un oscillateur laser à cavité résonante comprenant :

- une première branche latérale (160) de ladite structure interférométrique (130) dont une extrémité (162) est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge et dont l'autre extrémité (164) est couplée audit premier bras (132),
- ledit premier bras (132) de ladite structure interférométrique (130) définissant la partie centrale de la cavité, et
- une seconde branche latérale (166) dont une extrémité (168) est couplée audit premier bras (132) et dont l'autre extrémité (170) est totalement réfléchissante pour les signaux optiques d'horloge.

22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que ladite structure interférométrique (130) et le laser à blocage de modes sont réalisés sur un même substrat comme composants intégrés.

23. Dispositif selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce qu'il comporte une fibre (176) couplant une partie de la puissance des signaux optiques d'horloge régénérés dans le second bras (134) de ladite structure interférométrique (130).

24. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite structure interférométrique (5 ; 130) est un composant intégré.

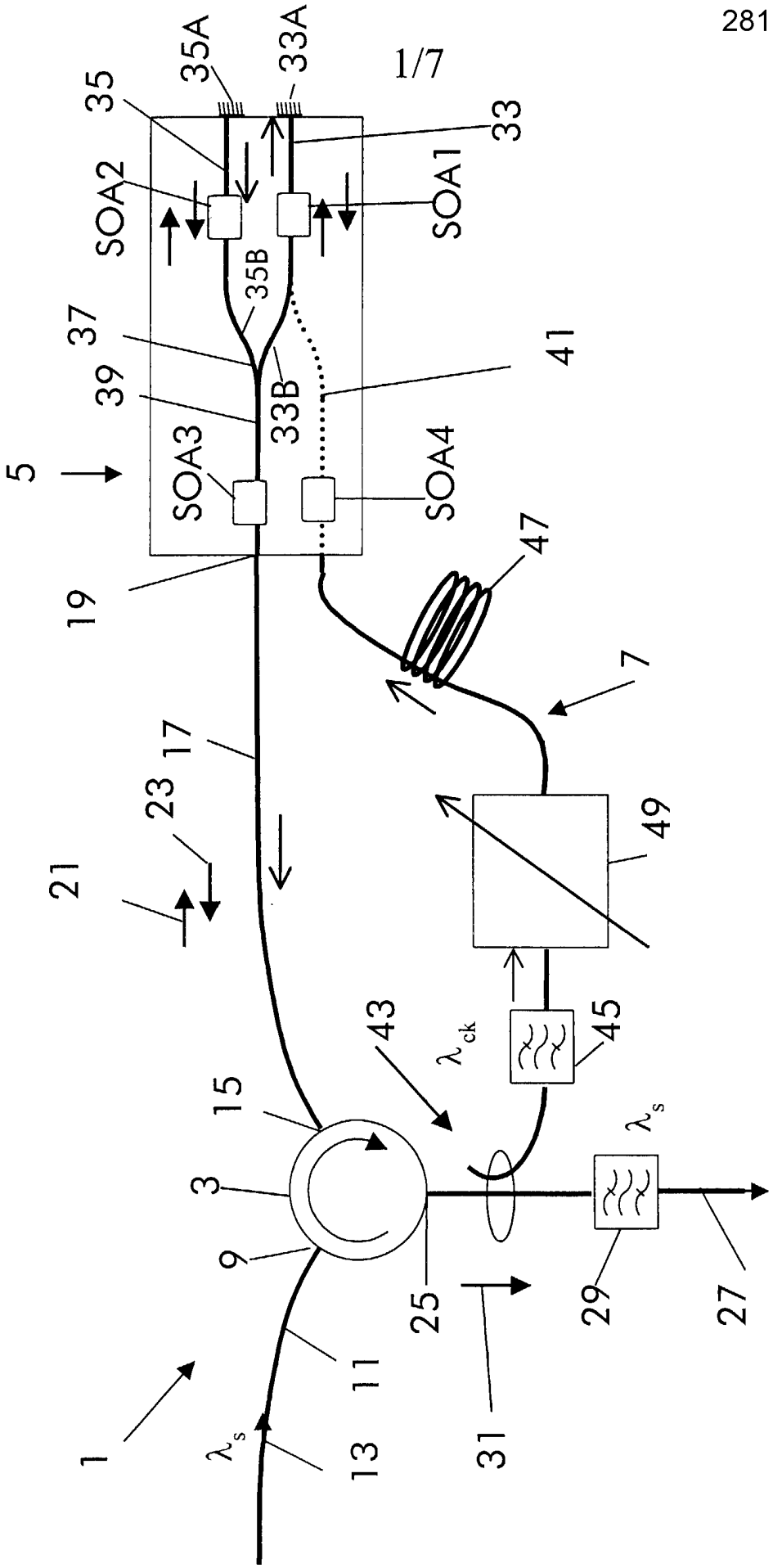

35A
33A
35
33
SOA2
SOA1
35B
37
39
33B
41
5
SOA3
SOA4
19
47
7
17
23
21
49
43
λ_{ck}
45
15
λ_s
3
9
25
29
27
1
11
λ_s
13
31

Fig. 1

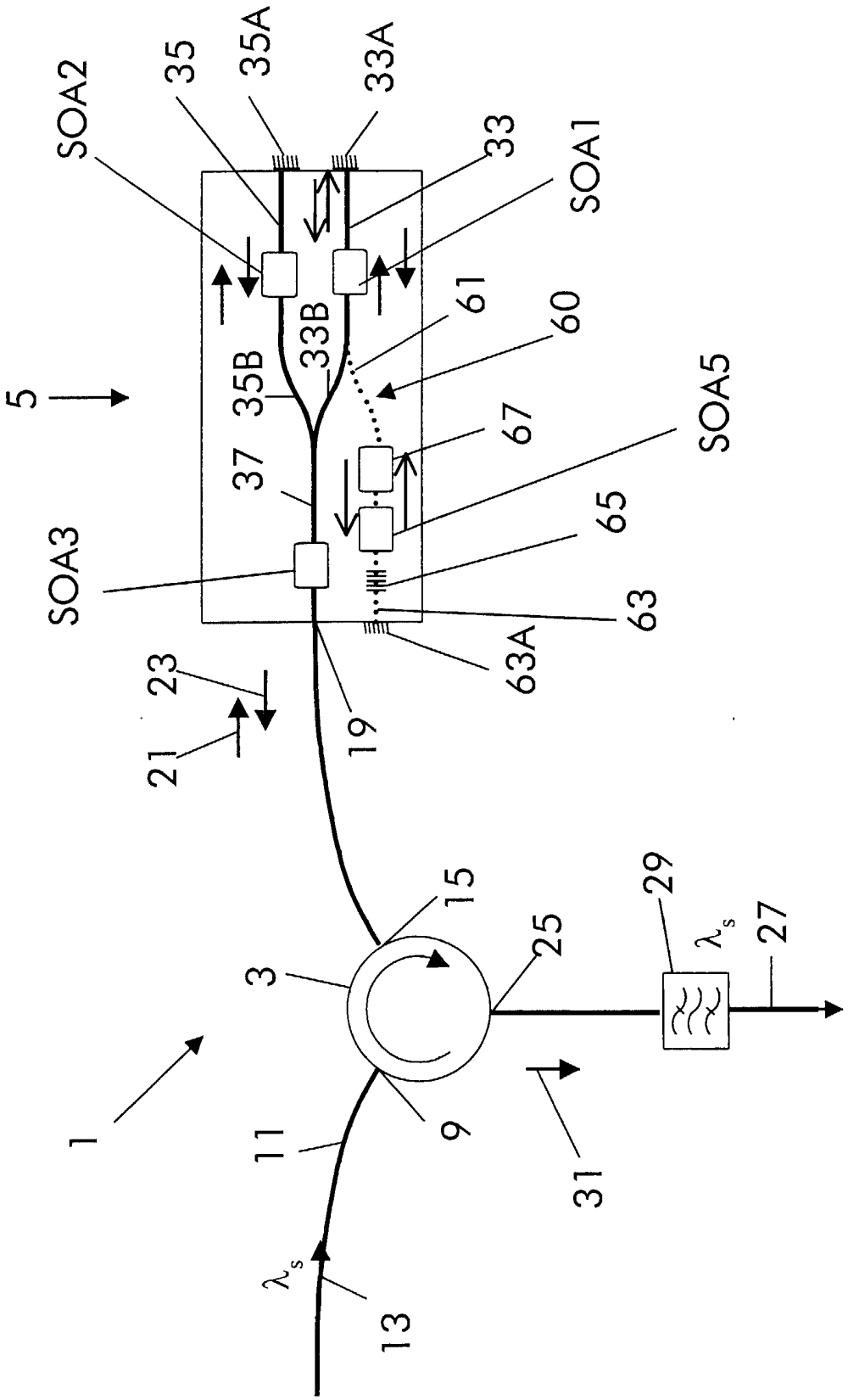

SOA2
35
35A
33A
33
SOA1
5
61
60
33B
35B
37
67
SOA5
SOA3
65
63
63A
23
21
19
15
29
25
27
3
1
11
9
31
13

Fig. 2

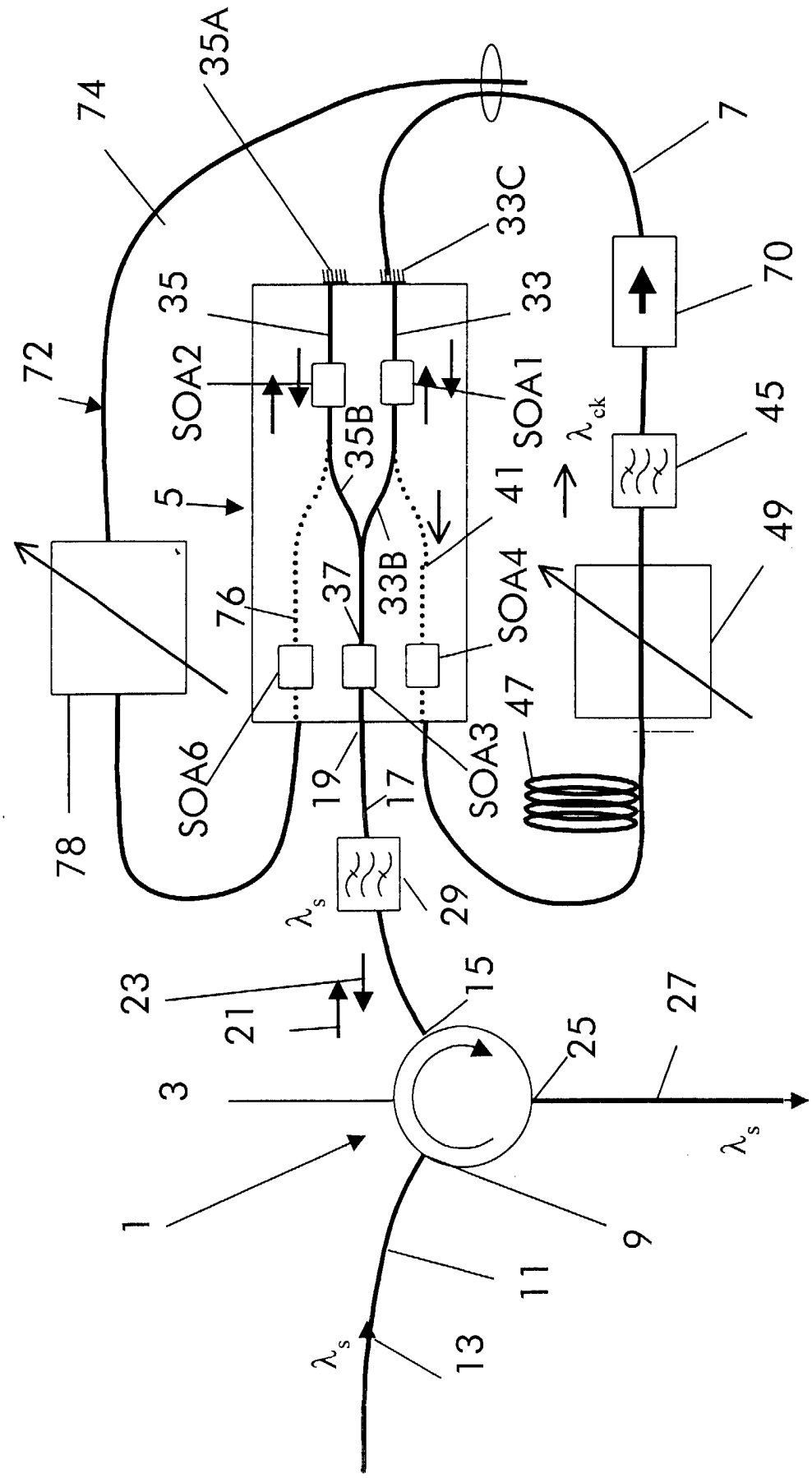

35A
74
7
33C
35
33
70
72
SOA2
SOA1
35B
45
λ_{ck}
5
41
49
33B
37
76
SOA4
47
SOA6
SOA3
19
17
78
29
λ_s
23
15
21
27
25
3
λ_s
1
9
11
13
λ_s

Fig. 3

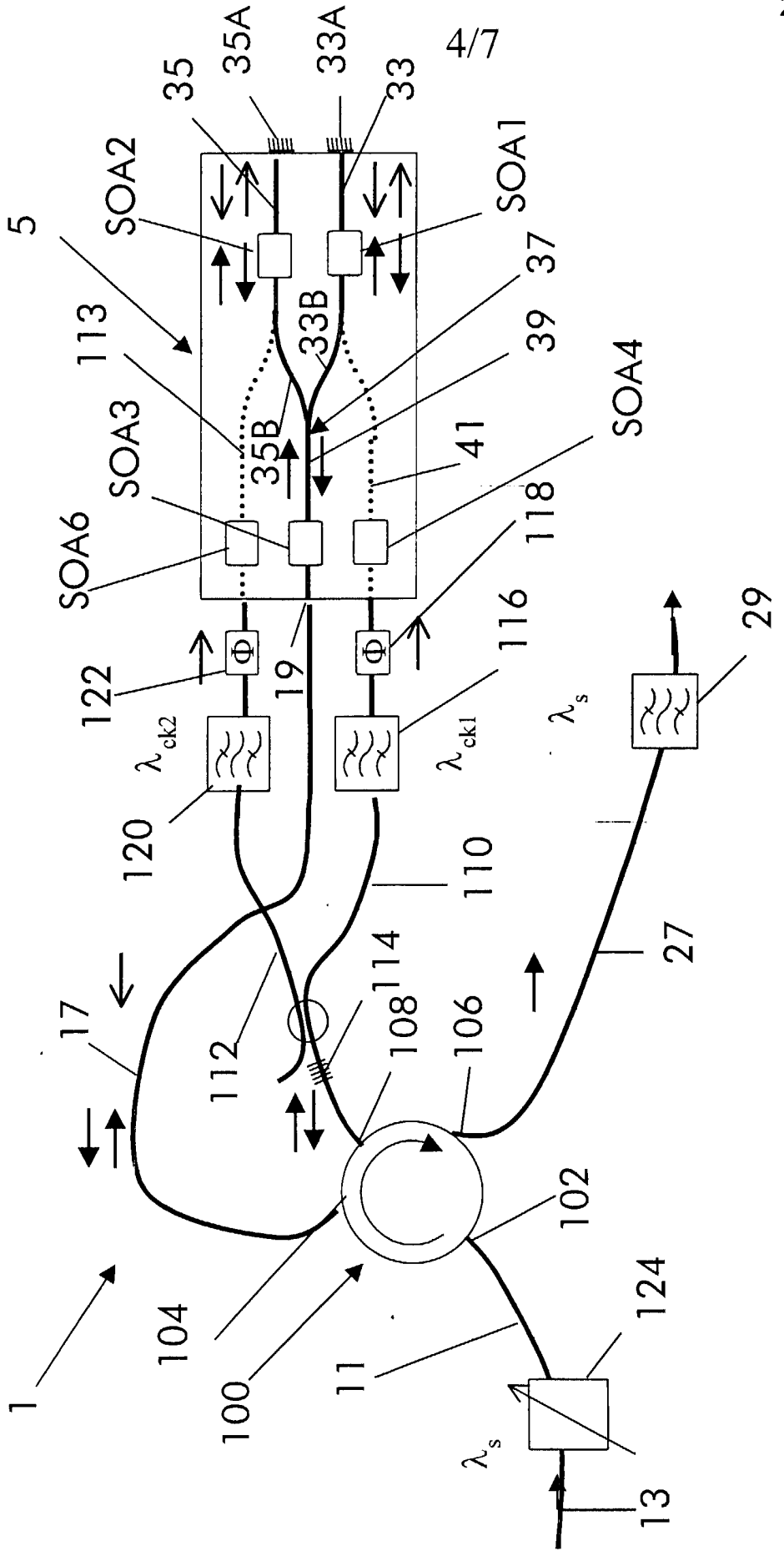

1
5
11
13
17
19
27
29
33
33A
33B
35
35A
35B
37
39
41
100
102
104
106
108
110
112
113
114
116
118
120
122
124
SOA1
SOA2
SOA3
SOA4
SOA6
Φ
Φ
λ_{ck2}
λ_{ck1}
λ_s
λ_s

Fig. 4

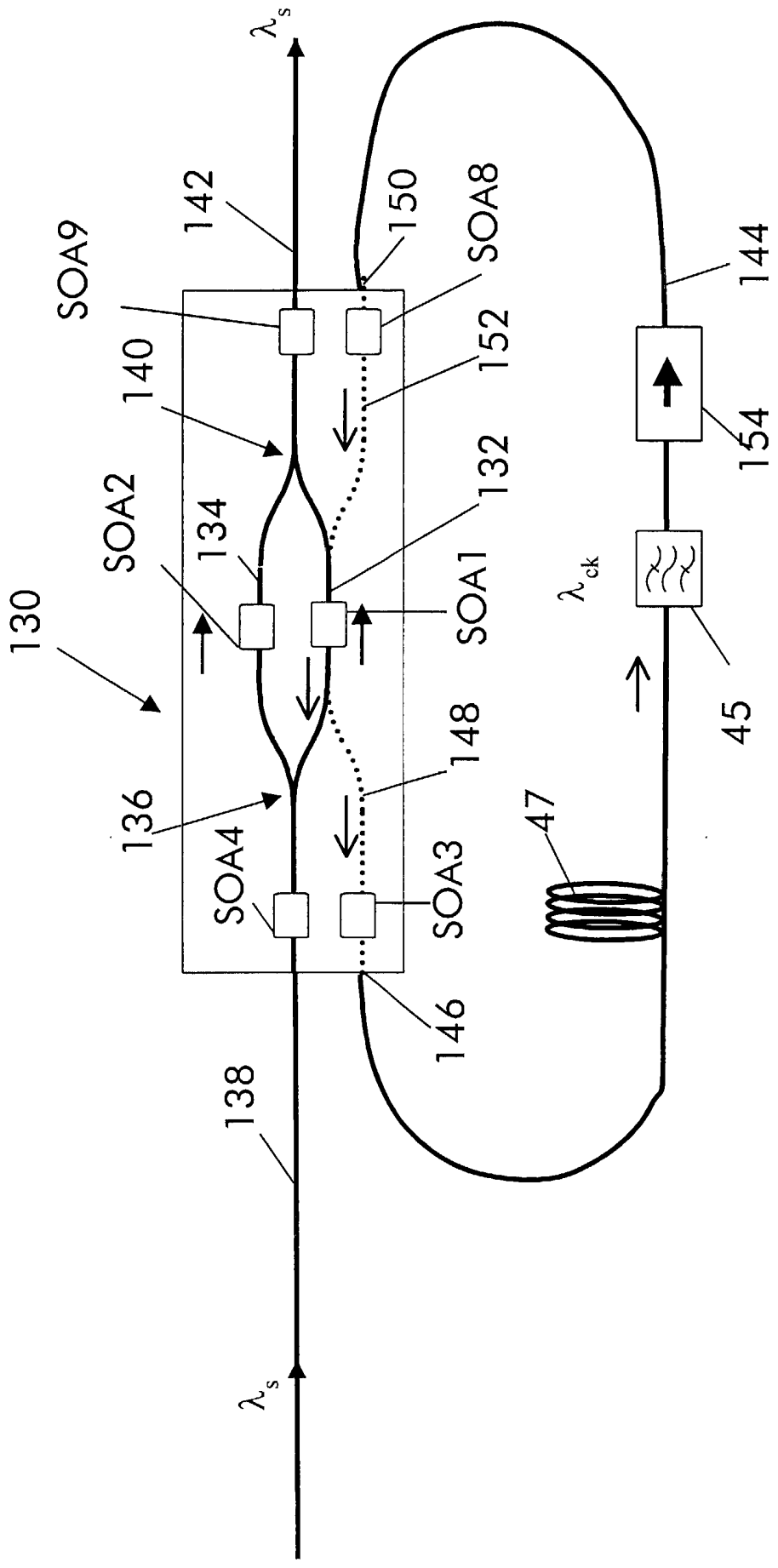

λ_s
142
150
SOA8
144
SOA9
140
152
154
SOA2
134
132
λ_{ck}
130
SOA1
148
45
136
47
SOA4
SOA3
146
138
λ_s

Fig. 5

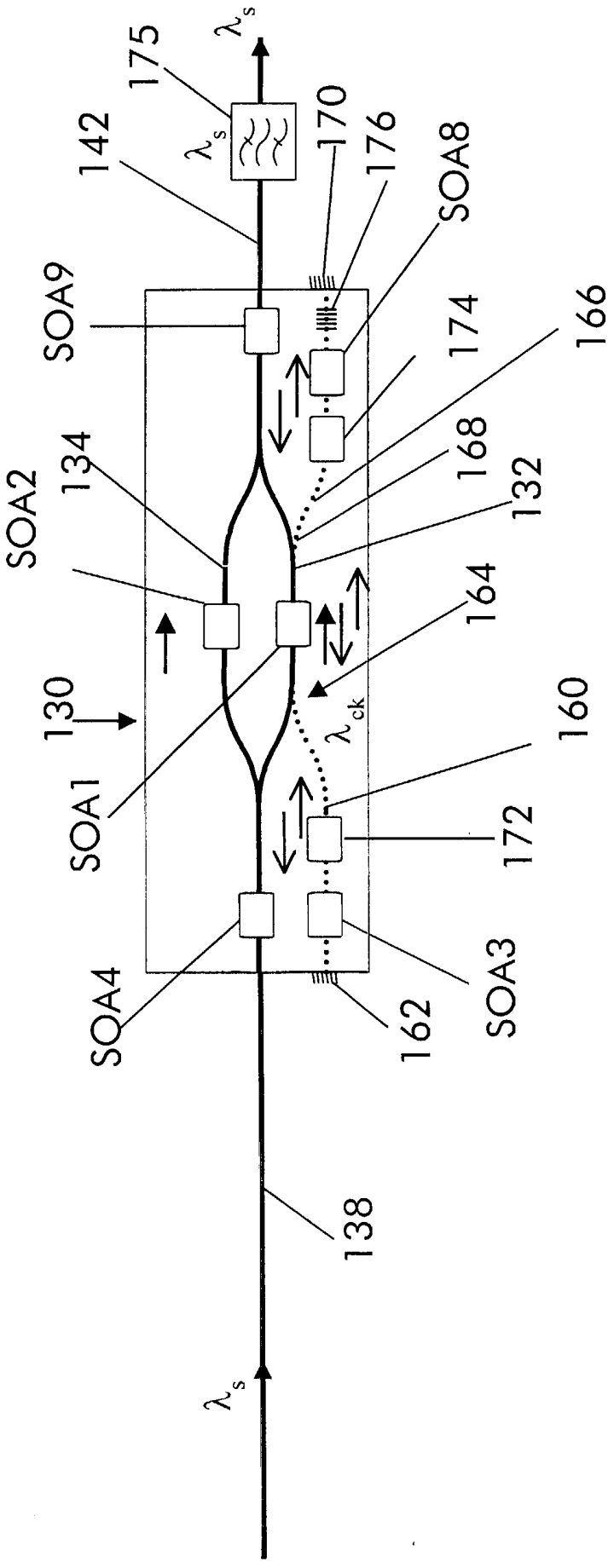

λ_s
175
λ_s
142
170
176
SOA8
SOA9
174
166
134
168
SOA2
132
164
130
λ_{ck}
160
SOA1
172
SOA4
SOA3
162
138
λ_s

Fig. 6

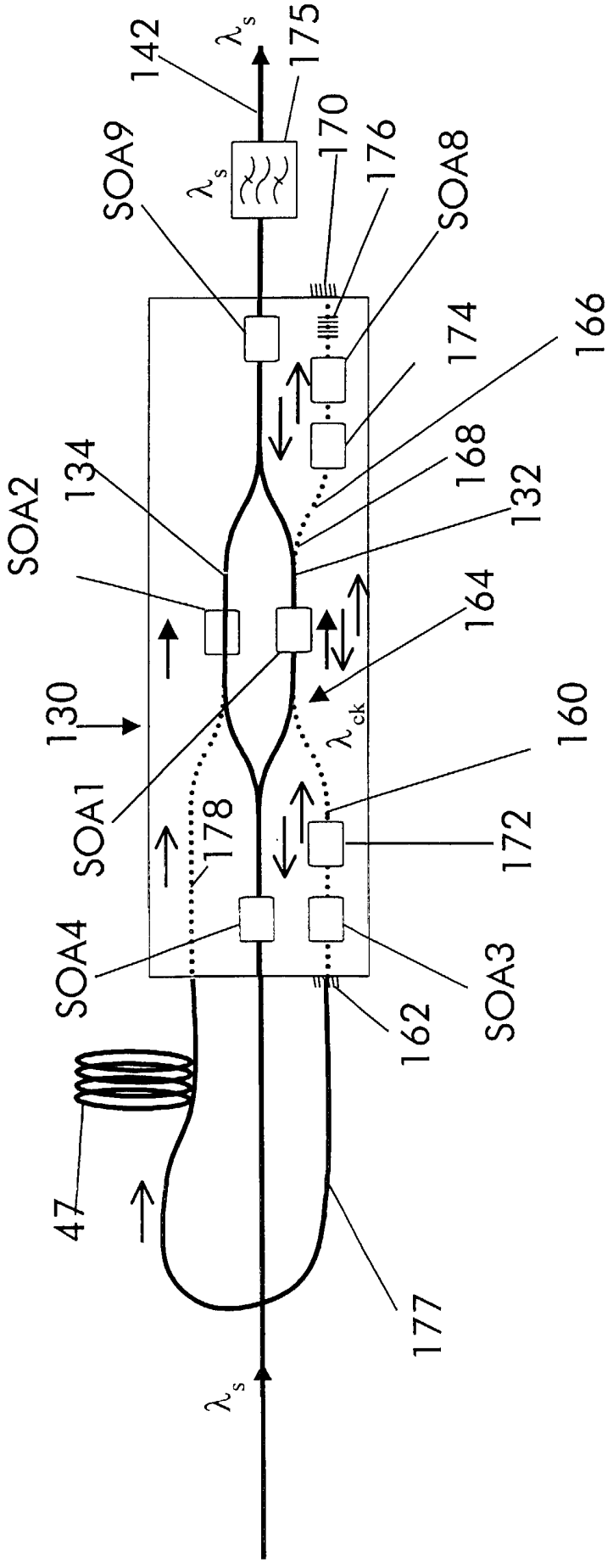

142
λ_s
175
λ_s
170
176
SOA9
SOA8
174
166
134
168
SOA2
132
164
130
λ_{ck}
160
SOA1
178
172
SOA4
SOA3
162
47
177
λ_s

Fig. 7

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

2810176

N° d'enregistrement national

FA 590067
FR 0007436

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		
A,D	EP 0 975 106 A (CIT ALCATEL) 26 janvier 2000 (2000-01-26) * abrégé; revendication 1; figure 3 * * page 4, ligne 27 - page 5, ligne 20 * ---	1-4,18, 20	H04B10/17 H04B10/18 H01S5/026 H01S5/065 G02B6/12
A	EP 0 901 245 A (IMEC INTER UNI MICRO ELECTR ;UNIV GENT (BE)) 10 mars 1999 (1999-03-10) * abrégé; revendications 1,3,4; figures 4,11 * * colonne 7, ligne 19 - colonne 9, ligne 16 * ---	1-4,14, 18,20, 22-24	
A	EP 0 854 379 A (NORTHERN TELECOM LTD) 22 juillet 1998 (1998-07-22) * abrégé; figures 10,12,17,18,21 * * colonne 6, ligne 30 - ligne 34 * * colonne 9, ligne 42 - colonne 10, ligne 3 * -----	1-5,8, 12,16,18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H04B H04L

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
23 février 2001	Goudelis, M

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)