

(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
26 septembre 2002 (26.09.2002)

PCT

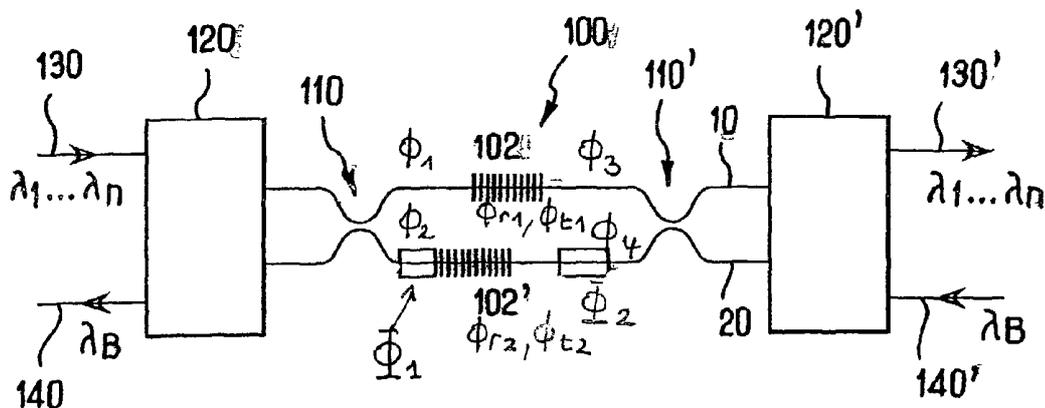
(10) Numéro de publication internationale
WO 02/075990 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **H04J** Lannion (FR). **BRILLAND, Laurent** [FR/FR]; 14, rue de Pont Hélé, F-22700 Perros-Guirec (FR). **PUREUR, David** [FR/FR]; 17 bis, rue des Frères le Montréer, F-22700 Perros-Guirec (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/00931
- (22) Date de dépôt international : 15 mars 2002 (15.03.2002) (74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques** etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (30) Données relatives à la priorité : 01/03717 19 mars 2001 (19.03.2001) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **HIGH-WAVE OPTICAL TECHNOLOGIES** [FR/FR]; Espace Pegase, 11, rue de Broglie, F-22300 Lannion (FR).
- (72) Inventeurs; et (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **YVERNAULT, Philippe** [FR/FR]; Appartement 15, Résidence Ker Lann, 3, rue Jeanne d'arc, F-22300 Lannion (FR). **GOYAT, Erwan** [FR/FR]; Croas ar Baladen, F-22300

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ADD/DROP MULTIPLEXER BASED ON A DUAL CORE FIBER COMPRISING MEANS FOR OPTIMIZING A CONNECTION

(54) Titre : MULTIPLEXEUR A INSERTION-EXTRACTION A BASE D'UNE FIBRE BI-COEUR COMPORTANT DES MOYENS D'OPTIMISATION DE RACCORDEMENT



(57) Abstract: The invention relates to an add/drop multiplexer comprising an interferometer produced on a section of dual-core fiber (100) connected to mono-core fibers, characterized in that it comprises means (Φ_1, Φ_2) producing a difference in phase between the two arms (10, 20) of the interferometer equal to Π modulo 2Π .

(57) Abrégé : La présente invention concerne un Multiplexeur à Insertion-Extraction comprenant un interféromètre réalisé sur un tronçon de fibre bi-coeur (100) raccordé à des fibres mono-coeur, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens (Φ_1, Φ_2) produisant une différence de phase entre les deux bras (10, 20) de l'interféromètre égale à Π modulo 2Π .

WO 02/075990 A2



CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

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.

Publiée :

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

MULTIPLEXEUR A INSERTION-EXTRACTION A BASE D'UNE
FIBRE BI-COEUR COMPORTANT DES MOYENS D'OPTIMISATION DE
RACCORDEMENT

5 La présente invention concerne le domaine des multiplexeurs à Insertion-Extraction (MIE) réalisés à l'aide de fibres optiques.

De tels multiplexeurs permettent par exemple l'aiguillage de signaux entre différentes boucles de réseaux de télécommunications, sans apport d'énergie extérieure et sans avoir recours à l'électronique.

10 Plus précisément l'invention concerne un Multiplexeur à Insertion-Extraction réalisé à partir de Réseaux de Bragg sur un interféromètre de Mach-Zehnder à fibre bi-cœur.

La réalisation de Multiplexeurs à Insertion-Extraction à fibre et à partir de réseaux de Bragg a déjà fait l'objet de nombreuses publications.

15 On a illustré schématiquement sur la figure 1 annexée la fonction d'un multiplexeur à insertion extraction classique MIE.

Comme illustré sur la figure 1, ce multiplexeur MIE comprend une voie d'entrée 1, un port d'extraction 2, un port d'insertion 3 et une voie de sortie 4.

20 Dans un tel multiplexeur les longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_i \dots, \lambda_n$ introduites sur la voie d'entrée 1, sortent par la voie de sortie 4, exceptée la longueur d'onde λ_i extraite sur le port d'extraction 2. Par ailleurs, la longueur d'onde λ_i injectée sur le port d'insertion 3 se retrouve sur la voie de sortie 4.

Les Multiplexeurs connus peuvent être classés en deux catégories : ceux à fibres mono-cœurs et ceux à fibres multi-cœurs (généralement deux).

25 On a illustré schématiquement sur la figure 2 annexée, un multiplexeur à insertion extraction réalisé à partir d'une seule fibre mono-cœur 5. Cette fibre 5 comporte au moins un réseau de Bragg 6.

L'utilisation d'une seule fibre et d'un ou plusieurs réseau(x) de Bragg 6 nécessite l'emploi de circulateurs optiques 2', 3' pour coupler les voies d'Insertion 2 et d'Extraction 3 à la voie de propagation des signaux. (voir doct [1]). Ces
30 dispositifs présentent généralement de fortes pertes et sont de plus onéreux.

La réalisation de Multiplexeurs à Insertion-Extraction bas-coût a donc imposé que l'on se passe de circulateurs optiques.

Le moyen le moins onéreux et à faible perte consiste à utiliser des interféromètres à fibres. On obtient ainsi des réalisations à partir de deux fibres
5 mono-cœurs :

- les documents [2] et [3] décrivent deux exemples de réalisation de coupleurs directifs
- les documents [4] et [5] décrivent des exemples d'interféromètres .

On a illustré schématiquement sur la figure 3 annexée un multiplexeur à
10 insertion extraction classique réalisé à partir de deux fibres mono-cœurs 7, 8.

Chacune de ces deux fibres 7, 8 possède au moins un réseau de Bragg 6. Les fibres 7, 8 sont couplées respectivement de part et d'autre des réseaux de Bragg 6. Sur la figure 3, les coupleurs diviseurs ainsi formés sont référencés 9.

Les premières extrémités adjacentes des deux fibres 7, 8 forment
15 respectivement la voie d'entrée 1 et le port d'extraction 2.

Les secondes extrémités adjacentes des deux fibres 7, 8 forment respectivement la voie d'insertion 3 et la voie de sortie 4.

Ainsi les longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_i \dots \lambda_n$ introduites sur la première extrémité 1 de la fibre 7 sortent par la seconde extrémité 4 de la fibre 8, exceptée la
20 longueur d'onde λ_B extraite par la première extrémité 2 de la fibre 8. Par ailleurs, la longueur d'onde λ_B injectée sur la seconde extrémité 3 de la fibre 7, se retrouve sur la seconde extrémité 4 de la fibre 8.

L'idéal est de réaliser les coupleurs diviseurs 9 à l'aide des fibres 7, 8 qui servent à inscrire les réseaux de Bragg 6, et qui par conséquent sont photosensibles.

25 Dans le document [6] il a été montré que l'utilisation d'une fibre à gaine photosensible permet de réduire considérablement le couplage aux modes de gaine, irrémédiablement présent dans les fibres classiques. La photosensibilité de la gaine est obtenue en co-dopant celle-ci.

Cependant la réalisation de coupleurs à base de fibres photo-sensibles, pose
30 des difficultés.

En effet, les cœurs de fibres mono-cœurs 7, 8 placées côte à côte, sont généralement écartés d'environ 125 μm (i.e. le diamètre extérieur des fibres). Pour réaliser un coupleur 9 (et qu'il y ait échange d'énergie entre les deux cœurs) il faut donc rapprocher les cœurs, généralement par fusion-étirage, pour qu'ils soient
5 typiquement à moins de $\sim 20 \mu\text{m}$.

Or le dopage qui rend la gaine photosensible la rend également plus fusible que le cœur de la fibre ce qui rend la fusion-étirage d'une telle fibre extrêmement délicate. En effet, les différents dopants contenus dans la gaine ne diffusent pas de la même façon. De plus, la gaine risque d'être fragilisée au niveau du couplage
10 lorsqu'elle est soumise à une étape de fusion-étirage.

De là émerge l'idée d'utiliser une fibre multi-cœur, généralement bi-cœur. Une fibre bi-cœur possède en effet deux cœurs entourés d'une gaine. La gaine est photosensible pour permettre l'inscription de réseaux de Bragg. Les cœurs sont initialement espacés de quelques dizaines de microns : l'entre-axe. La valeur de
15 l'entre-axe est le minimum qu'autorise une diaphotie limitée sur la longueur du composant. Les deux cœurs étant plus rapprochés (30-100 μm) que lors de l'utilisation de fibres mono-cœurs (125 μm), on a moins besoin de fusionner la fibre multicoeur pour réaliser le couplage. Il s'en suit que la diffusion des dopants de la gaine photosensible est négligeable.

20 Un exemple d'utilisation d'une telle fibre bi-cœur est exposé dans le document [7]. D'autres exemples de réalisation existent bien que cela soit pour d'autres raisons que celles évoquées. Voir documents [8] et [9].

Cependant, si certaines performances optiques sont excellentes avec de tels composants, il n'en reste pas moins que l'utilisation d'une fibre bi-cœur pose certains
25 problèmes spécifiques. En particulier :

- les cœurs ne sont pas parfaitement identiques (en indice de réfraction, en taille...);
- un déphasage intrinsèque en transmission comme en réflexion apparaît généralement ;
- le raccordement à des fibres monomodes du réseau n'est pas identique sur les
30 4 ports d'entrée/sortie et occasionne des pertes d'insertion ;

- les réseaux de Bragg photo-inscrits sur chaque bras de l'interféromètre ne sont pas parfaitement identiques (notamment en longueur d'onde ou taux de réflexion...).

Des solutions de raccordement ont déjà été proposées. Cependant, aucune ne donne totalement satisfaction.

5 Il en résulte que jusqu'ici, lorsqu'une fibre bi-cœur est utilisée, un seul des deux cœurs a un rendement optimal de couplage avec le connecteur utilisé.

La présente invention a ainsi pour but de proposer un Multiplexeur à Insertion-Extraction à base de fibre bi-cœur dont les signaux injectés et transmis sont véhiculés par le même cœur afin de minimiser les pertes d'insertion pour ces
10 signaux.

Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un interféromètre réalisé sur un tronçon de fibre bi-cœur, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens introduisant une différence de phase égale à π modulo 2π entre les deux bras de l'interféromètre.

15 L'interféromètre est avantageusement de type Mach-Zehnder.

La réalisation d'un Multiplexeur à Insertion-Extraction à partir d'un Mach-Zehnder sur fibre bi-cœur présente notamment l'avantage suivant : les cœurs étant contenus dans la même gaine, la différence de chemin optique entre les bras de l'interféromètre dépend essentiellement de la faible différence d'indice entre les
20 deux cœurs. La stabilité d'un interféromètre à fibre bi-cœur est donc grandement supérieure à celle de son homologue à fibres mono-cœurs.

Les performances sur les voies de sortie et d'extraction peuvent être optimisées par un équilibrage judicieux du déphasage optique entre les bras de l'interféromètre aussi bien en transmission qu'en réflexion.

25 D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- les figures 1 à 3 précédemment décrites illustrent schématiquement des multiplexeurs à Insertion-Extraction, conformes à l'état de la technique,
- 30 - les figures 4 et 5 représentent des vues schématiques en coupe transversale, de deux exemples de fibres bi-cœur connues,

- la figure 6 représente un Mutliplexeur à Insertion-Extraction à base de fibre bi-cœur conforme à l'état de la technique,
- les figures 7 et 8 représentent schématiquement deux variantes de Mutliplexeurs à Insertion-Extraction à base de fibre bi-cœur selon l'invention,
- 5 - la figure 9 représente la différence de phase entre les signaux réfléchis et transmis à travers deux réseaux de Bragg de caractéristiques spectrales légèrement différentes,
- la figure 10 représente la structure générale d'un multiplexeur obtenu dans le cadre de la présente invention, et
- 10 - la figure 11 représente la structure générale d'un multiplexeur conforme à une variante de la présente invention comportant trois ports.

Les fibres bi-cœur sont bien connues en soi de l'homme de l'art. Elles ne seront donc pas décrites dans le détail par la suite.

Néanmoins, on rappellera ci-dessous quelques données de base relatives
15 aux fibres bi-cœur, en relation avec les figures 4 et 5.

La figure 4 représente une fibre bi-cœur dans sa forme la plus générale qui soit.

La fibre bi-cœur possède généralement deux cœurs 10, 20 délimités par les surfaces S4 et S4', le plus souvent circulaires mais pas nécessairement, par où se
20 propagent les signaux lumineux. Selon la figure 4, le cœur 10 est circulaire de révolution tandis que le cœur 20 est elliptique. Ces cœurs peuvent être dopés par des ions de terre rare pour des applications ayant trait à l'amplification. d caractérise la distance entre les deux cœurs 10, 20.

Les cœurs 10, 20 peuvent être entourés d'une zone 30,40 de propriétés
25 différentes, délimitées par les surfaces S3 et S3' (remarque : S3 (S3') n'est pas nécessairement en contact avec S4 (S4')). Ces zones 30, 40 peuvent être photosensibles pour des applications nécessitant une photo-inscription de réseaux de Bragg. S3 et S3' peuvent avoir n'importe quelle forme géométrique et accepter n'importe qu'elle dopant usuel pour des applications tels que maintien de
30 polarisation, amplificateur etc ...

La zone délimitée par la surface S2, généralement appelée gaine optique 50, est souvent non dopée. Elle peut prendre des formes géométriques diverses et variées.

La gaine optique 50 est à son tour entourée par un revêtement de protection 5 60 délimité par la surface S1, généralement circulaire.

La figure 5 correspond au cas simplifié où les surfaces S3 et S3', S4 et S4' sont identiques. S1 est circulaire et possède un diamètre de plusieurs centaines de microns. Soit d la distance entre les cœurs et d_2 la largeur du rectangle circonscrivant la surface S2, la longueur de ce rectangle est d_2+d .

10 On a illustré sur la figure 6, un Multiplexeur à Insertion-Extraction (MIE) classique comprenant :

- un tronçon de fibre bi-cœur 100 présentant sur chacun de ses deux cœurs élémentaires 10, 20, un réseau de Bragg 102, 102' accordé sur une longueur d'onde λ_B ,
- 15 - deux fibres 130, 140 servant respectivement d'entrée et de port d'extraction,
- un premier dispositif de raccordement 120 assurant le raccordement des fibres 130, 140, avec une première extrémité des cœurs 10, 20 de la fibre 100,
- deux fibres 130', 140' servant respectivement de port d'insertion et de sortie, et
- un second dispositif de raccordement 120' qui assure le raccordement des fibres
- 20 130', 140' avec la seconde extrémité des cœurs 10, 20 de la fibre 100.

Des coupleurs 110, 110' sont définis par fusion étirage de la fibre bi-cœur 100, respectivement de part et d'autre des réseaux de Bragg 102, 102'.

Dans cette conception classique il y a croisement des signaux entre le cœur d'entrée et le cœur de sortie. Ainsi les signaux λ_1 à λ_n entrant en 130 (premier cœur) sortent en 140' (second cœur), exceptée la longueur d'onde de Bragg λ_B qui est extraite en 140. De même la longueur d'onde λ_B insérée en 130' sort en 140'.

Dans la pratique, les cœurs 10, 20 ne sont jamais strictement identiques. La différence de propriétés opto-géométriques des cœurs est soit déterminée à dessein pour une meilleure adaptation des modes, soit préjudiciable et inhérente au procédé de fabrication. Dans les deux cas, il est nécessaire de favoriser la transmission des signaux (ceux qui ne "voient" pas la longueur d'onde de Bragg).

30

Pour tenir compte de ces contraintes, comme illustré sur les figures 7 et suivantes, il est prévu selon la présente invention des moyens aptes à ajouter une différence de phase entre les bras 10 et 20 de l'interféromètre, supplémentaire au déphasage inhérent à la structure, telle que le déphasage total soit égal à π modulo 2

5 π .

Cette différence de phase peut résulter à la fois d'une différence de positionnement des réseaux 102, 102', tout comme d'une différence d'indice entre les deux cœurs 10, 20 (soit naturelle, soit induite par insolation UV ...), ou bien encore d'une légère différence de caractéristique des réseaux de Bragg 102, 102'

10 (voire de toutes combinaisons de tels moyens). En d'autres termes, dans le cadre de la présente invention, les moyens de correction de phase adaptés pour générer un déphasage de π modulo 2π entre les bras 10 et 20 de l'interféromètre, peuvent être formés de l'un quelconque des moyens précités ou d'une combinaison quelconque de tels moyens (différence de positionnement des réseaux 102, 102', différence d'indice

15 entre les deux cœurs 10, 20, différence de caractéristique des réseaux 102, 102'). Par ailleurs de préférence dans le cadre de la présente invention, les moyens de correction de phase doivent prendre en compte tout déphasage inhérent à la réalisation de l'interféromètre, quelle que soit l'origine de ce déphasage inhérent à la réalisation (différence de positionnement des réseaux 102, 102', différence d'indice

20 entre les deux cœurs 10, 20, différence de caractéristique des réseaux 102, 102').

D'autres moyens peuvent également être utilisés pour définir le déphasage recherché, et notamment : un échauffement local (qui modifie l'indice optique de la fibre localement), une contrainte mécanique, par exemple par traction ou torsion, ou encore une application d'un champ électrique. Ces moyens alternatifs peuvent être

25 utilisés séparément ou en combinaison avec ceux mentionnés précédemment.

Ainsi, selon la présente invention, les signaux entrant en 130, sur la première extrémité d'un premier cœur 10, sortent sur la seconde extrémité 130' de ce même cœur 10, à l'exception de la longueur d'onde de Bragg λ_B qui est extraite en 140 sur la première extrémité du second cœur 20. Par ailleurs la longueur d'onde λ_B

30 injectée sur la seconde extrémité 140' du second cœur 20 sort également en 130', soit sur la seconde extrémité du premier cœur 10.

On trouve sur les figures 7 et 8 un Multiplexeur à Insertion-Extraction (MIE) comprenant :

- un tronçon de fibre bi-cœur 100 présentant sur chacun de ses deux cœurs élémentaires 10, 20, un réseau de Bragg 102, 102' photo-inscrit et accordé sur une
- 5 longueur d'onde λ_B ,
- deux fibres 130, 140 servant respectivement d'entrée et de port d'extraction,
- un premier dispositif de raccordement 120 assurant le raccordement des fibres 130,140 avec une première extrémité des cœurs 10, 20 de la fibre 100,
- deux fibres 130', 140' servant respectivement de port d'insertion et de sortie, et
- 10 - un second dispositif de raccordement 120' qui assure le raccordement des fibres 130', 140' avec la seconde extrémité des cœurs 10, 20 de la fibre 100.

Deux coupleurs (à 3dB) 110 et 110' sont réalisés par fusion étirage de la fibre bi-cœur de part et d'autre des réseaux de Bragg 102, 102' pour former l'interféromètre de Mach-Zehnder.

- 15 Les paramètres de la fusion sont ajustés de manière à obtenir des coupleurs 50/50 à la même longueur d'onde que celle réfléchi par les réseaux photo-inscrits tout en ayant une réponse la plus achromatique possible.

Les fonctions d'insertion et d'extraction ne sont pas affectées par le déphasage π ainsi introduit puisque le déphasage cumulé avant recombinaison dans

20 les coupleurs est égal à 0 [2π]. Dans ce cas, la connexion au dispositif de raccordement est optimal.

Comme indiqué précédemment, le déphasage introduit selon la présente invention (à l'aide d'au moins l'un quelconque des moyens précédemment définis), en supplément du déphasage de départ, est adapté pour obtenir un déphasage total

25 de π . Dans la pratique, la phase peut être accordée pour prendre en compte le déphasage occasionné par un léger désaccord des réseaux en longueur d'onde et largeur spectrale, ainsi que par une légère différence d'indice entre les deux cœurs.

Dans la pratique, les réseaux de Bragg ne sont jamais identiques ce qui occasionne un déphasage en réflexion et en transmission comme illustré sur la

30 figure 9.

Sur les figures 7 et 8, $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ représentent les déphasages directement liés au chemin optique (ce qui prend en compte la longueur séparant les réseaux de Bragg 102, 102' des coupleurs 110, 110', ainsi que la différence d'indice). ϕ_{r1}, ϕ_{r2} sont les déphasages subis par les signaux à la longueur de Bragg réfléchis par les réseaux 102 et 102'. ϕ_{t1}, ϕ_{t2} sont les déphasages subis par les signaux transmis (en dehors de la longueur d'onde de Bragg) après la traversée des réseaux de Bragg 102, 102'.

Dans ce cas si $\Phi = \phi_1 - \phi_2 + (\phi_{r1} - \phi_{r2})/2$ est positif, l'invention consiste à produire un déphasage photoinduit tel que $\Phi_1 = \Phi + 2k\pi$ dans le cœur du bas (cas de la figure 7) ou $\Phi_1 = 2\pi - \Phi + 2k\pi$ dans le cœur du haut (non représenté) (le plus faible des deux). Si Φ est négatif, alors on produit un déphasage $\Phi_1 = 2\pi + \Phi + 2k\pi$ sur le cœur du bas (cas de la figure 7) ou $\Phi_1 = \Phi + 2k\pi$ sur le cœur du haut (non représenté) (le plus faible des deux).

Une fois Φ_1 , déterminé, il reste à figer $\Phi_2 = \pi - (\phi_1 - \phi_2 + \phi_3 - \phi_4 + \phi_{t1} - \phi_{t2}) + \Phi_1 + 2k\pi$. Selon le signe de $(\phi_1 - \phi_2 + \phi_3 - \phi_4 + \phi_{t1} - \phi_{t2} - \Phi_1)$, le déphasage sera appliqué sur le cœur du haut (figure 8) ou du bas (figure 7).

On notera que $\phi_{r1} - \phi_{r2} = \phi_r$, $\phi_{t1} - \phi_{t2} = \phi_t$ (défini figure 9).

L'homme de l'art comprendra que la présente invention permet de faire transiter les signaux transmis en dehors du Mach-Zehnder par un seul cœur, celui dont la taille de mode est le plus adaptée aux guides du dispositif de raccordement.

Dans le descriptif qui précède, on suppose les dispositifs de raccordement symétriques, avec notamment des guides optiques similaires. Dans le cas de guides optiques différents, dont la différence prend en compte celle entre les cœurs de la fibre bi-cœur, on peut utiliser une paire "guide-du-dispositif-de-raccordement/un-des-cœurs-de-la-fibre-bi-cœur" dont le couplage sera optimisé. La description ci-dessus reste valable.

On a illustré sur la figure 10, un multiplexeur à insertion extraction conforme à la présente invention. On retrouve sur cette figure 10, un tronçon de fibres bi-cœur 100. Chacun des deux cœurs 10, 20 (schématisé dissymétrique) possède un réseau de Bragg 102, 102' entre deux zones de couplage 110, 110' formées par fusion-étirage, pour former un multiplexeur à interféromètre de type

Mach-Zehnder. La fibre bi-cœur 100 est raccordée en entrée et sortie à des moyens de raccordement standard (éventuellement à base de guide planaire) ou des fibres standards 130, 140, 130', 140'. Les fibres 130, 140 servent de voie d'entrée et d'extraction. Les fibres 130', 140' servent de voie de sortie et d'insertion.

5 Le raccordement de la voie d'entrée 130 et de la voie de sortie 130' est optimisé sur le même cœur 10.

On a illustré sur la figure 11 une variante de réalisation conforme à la présente invention, comportant 3 ports.

Les éléments illustré sur la figure 11, comparables à des éléments
10 représentés sur des figures antérieures et précédemment décrits portent des références identiques à ces derniers.

Les trois ports peuvent avoir des fonctions d'entrée, de sortie et d'insertion, ou encore, d'entrée, de sortie et d'extraction.

Lorsqu'il n'y a que trois ports, il n'est pas nécessaire d'optimiser le
15 raccordement sur les deux extrémités de la fibre bi-cœur. Il suffit d'optimiser le raccordement sur l'extrémité de la fibre bi-cœur pour laquelle les deux coeurs sont utilisés. On optimise alors le raccordement de la voie d'entrée dans un cas et de la voie de sortie dans l'autre. Le raccordement du troisième port s'effectue sans difficulté : à l'extrémité de la fibre bi-cœur où il n'y a qu'un port on peut raccorder
20 directement le cœur de la fibre bi-cœur à une fibre mono-cœur sans dispositif de raccordement intermédiaire.

Bien entendu la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation particulier qui vient d'être décrit, mais s'étend à toute variante conforme à son esprit.

BIBLIOGRAPHIE

- 25 [1] EP 0730172
[2] Electron Lett. Vol. 33, n° 9 (1997)
[3] US 9927932
[4] Electron Lett, Vol. 23, n° 13 (1987)
[5] Photonics Technology Letters, Vol 5, n° 2 (1993)
30 [6] OFC95, San Diego, PostDeadline papers, page 343-346 (1995)
[7] Electron. Letter, Vol 34, n° 12, 1250-1251 (1998)

[8] J. Ligth Wave Tech., Vol 18, n5, May 2000

[9] J. Electrical Engineering and information science, vol4, n°4, 1999

REVENDICATIONS

1. Multiplexeur à Insertion-Extraction comprenant un interféromètre réalisé
5 sur un tronçon de fibre bi-cœur (100) raccordé à des fibres mono-cœur, caractérisé
par le fait qu'il comprend des moyens (Φ_1 , Φ_2) produisant une différence de phase
entre les deux bras (10, 20) de l'interféromètre égale à π modulo 2π .

2. Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que
l'interféromètre est de type Mach-Zehnder.

10 3. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait
que les moyens de correction de phase permettant d'ajuster la différence de phase
entre les deux bras de l'interféromètre à π , prennent en compte les déphasages
inhérents à la réalisation de l'interféromètre choisis dans le groupe suivant :
différence de positionnement des réseaux (102, 102'), différence d'indice entre les
15 deux cœurs (10, 20), différence de caractéristique des réseaux (102, 102') .

4. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait
qu'il comprend :

- un tronçon de fibre bi-cœur (100) présentant sur chacun de ses deux cœurs
élémentaires (10, 20), au moins un réseau de Bragg (102, 102') photo-inscrit sur une
20 longueur d'onde (λ_B),
- deux fibres monocœurs (130, 140) servant respectivement d'entrée et de port
d'extraction,
- un premier dispositif de raccordement (120) assurant le couplage des fibres
monocœurs (130, 140) avec une première extrémité des cœurs (10, 20) de la fibre
25 bi-cœur (100),
- deux fibres monocœurs (130', 140') servant respectivement de port d'insertion et
de sortie,
- un second dispositif de raccordement (120') qui assure le couplage des fibres
monocœurs (130', 140') avec la seconde extrémité des cœurs (10, 20) de la fibre bi-
30 cœur (100) et

- des moyens de couplage (110, 110') réalisés entre les cœurs (10, 20) de la fibre bi-cœur (100).

5. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- 5 - un tronçon de fibre bi-cœur (100) présentant sur chacun de ses deux cœurs élémentaires (10, 20), au moins un réseau de Bragg (102, 102') photo-inscrit sur une longueur d'onde (λ_B),
- une fibre monocoeur (130) servant d'entrée,
- une fibre monocoeur (130') servant de port de sortie,
- 10 - une fibre additionnelle monocoeur (140, 140') servant alternativement de port d'insertion ou de port d'extraction,
- des moyens qui assurent le raccordement des fibres monocoeurs avec les extrémités des cœurs (10, 20) de la fibre bi-cœur (100) et
- des moyens de couplage (110, 110') réalisés entre les cœurs (10, 20) de la fibre bi-
- 15 cœur (100).

6. Multiplexeur selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé par le fait que les moyens de couplage (110, 100') sont réalisés par fusion-étirage de la fibre bi-cœur.

7. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait
20 que la voie d'entrée et la voie de sortie passent par les extrémités d'un seul et même cœur de la fibre bi-cœur (100).

8. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que l'interféromètre comprend deux réseaux (102, 102') réalisés respectivement sur chacun des cœurs (10, 20) de la fibre bi-cœur (100).

25 9. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 7 prise en combinaison avec la revendication 8, caractérisé par le fait que les moyens produisant une différence de phase comprennent deux modules de correction de phase (12, 22) disposés respectivement sur des extrémités opposées de la fibre (100), par rapport aux réseaux.

10. Multiplexeur selon la revendication 9, caractérisé par le fait que les deux modules de correction de phase sont formés sur le même cœur de la fibre bi-cœur (100).

11. Multiplexeur selon la revendication 9, caractérisé par le fait que les
5 deux modules de correction de phase sont formés respectivement sur les deux cœurs de la fibre bi-cœur (100).

12. Multiplexeur selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait qu'il comprend un module de correction de phase situé d'un côté d'un réseau et qui définit une correction de phase égale à $\Phi_1 = \Phi + 2k\pi$ ou $\Phi_1 = 2\pi - \Phi + 2k\pi$,
10 avec

$$\Phi = \phi_1 - \phi_2 + (\phi_{r1} - \phi_{r2})/2,$$

ϕ_1 et ϕ_2 représentant les déphasages directement liés au chemin optique dépendant du décalage de positionnement des réseaux et de la différence d'indice des cœurs qui portent ceux-ci,

15 ϕ_{r1} et ϕ_{r2} représentant les déphasages subis en réflexion par les signaux à la longueur d'onde spécifique des réseaux.

13. Multiplexeur selon la revendication 12, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre un module de correction de phase situé de l'autre côté d'un réseau et qui définit une correction de phase égale à

20 $\Phi_2 = \pi - (\phi_1 - \phi_2 + \phi_3 - \phi_4 + \phi_{t1} - \phi_{t2}) + \Phi_1 + 2k\pi$ avec

ϕ_3 et ϕ_4 , homologue de ϕ_1 et ϕ_2 , tandis que

ϕ_{t1} et ϕ_{t2} représente le déphasage subi par les signaux transmis.

FIG.1

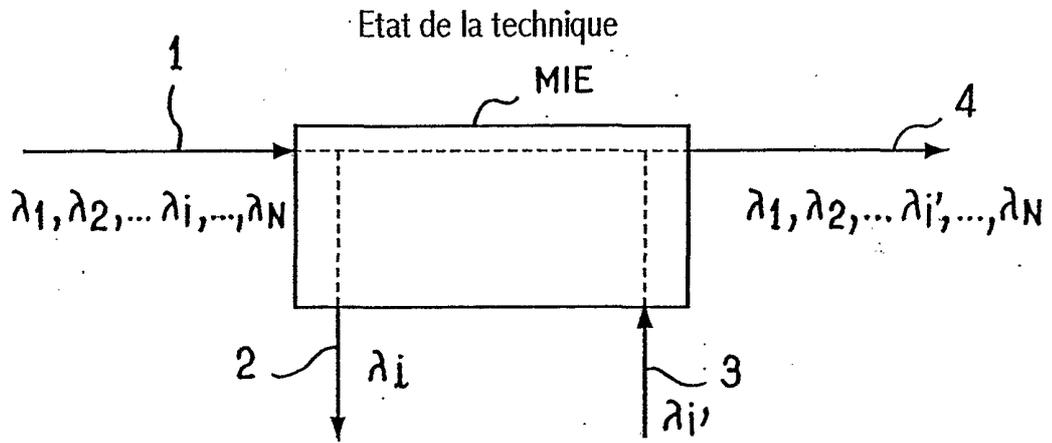


FIG.2

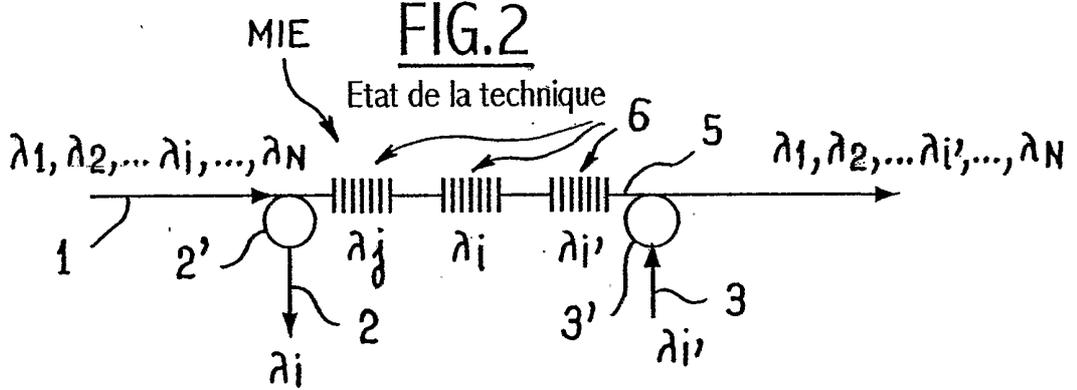


FIG.3

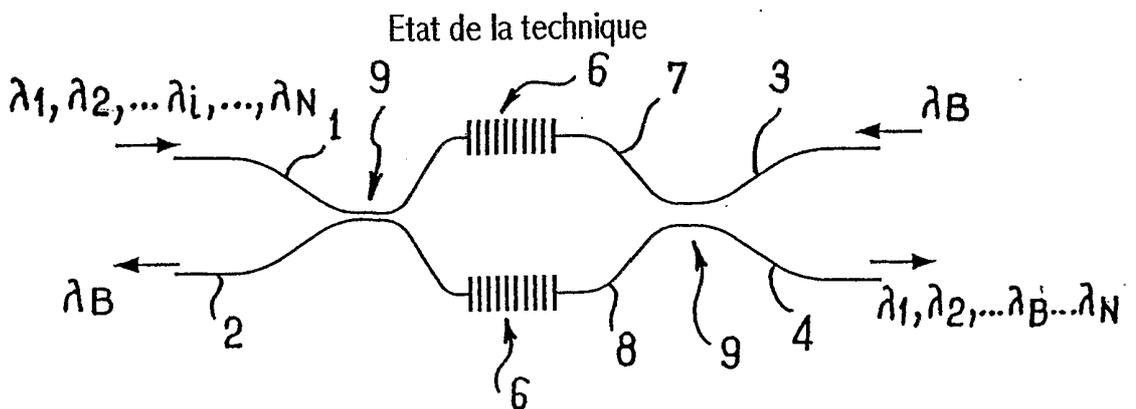


FIG.4

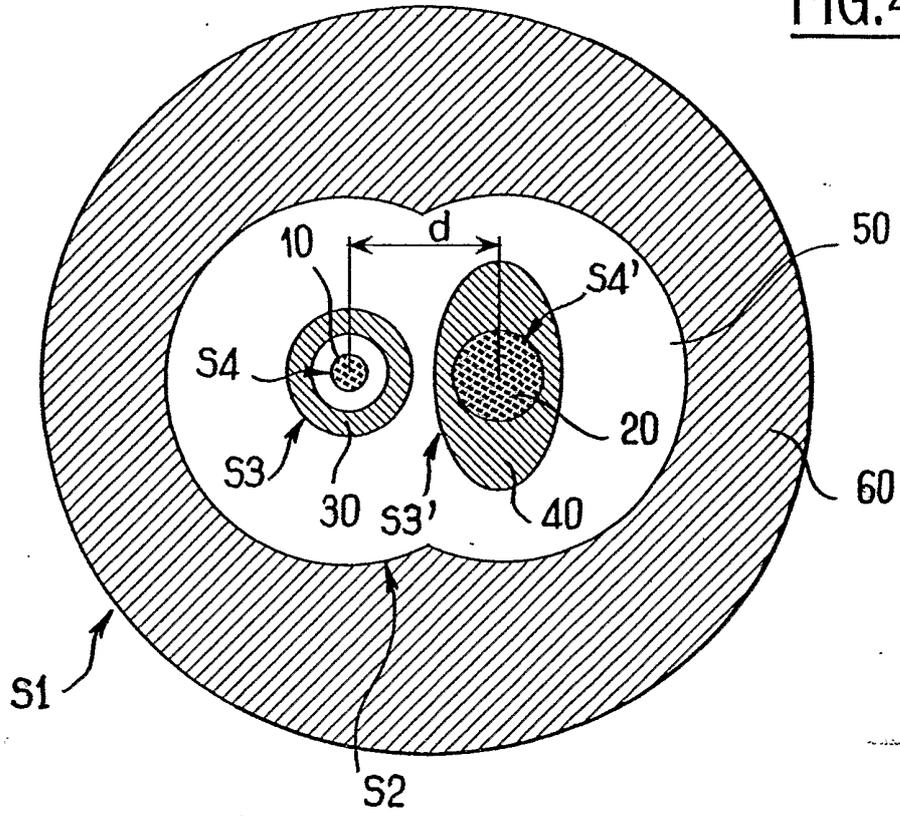


FIG.5

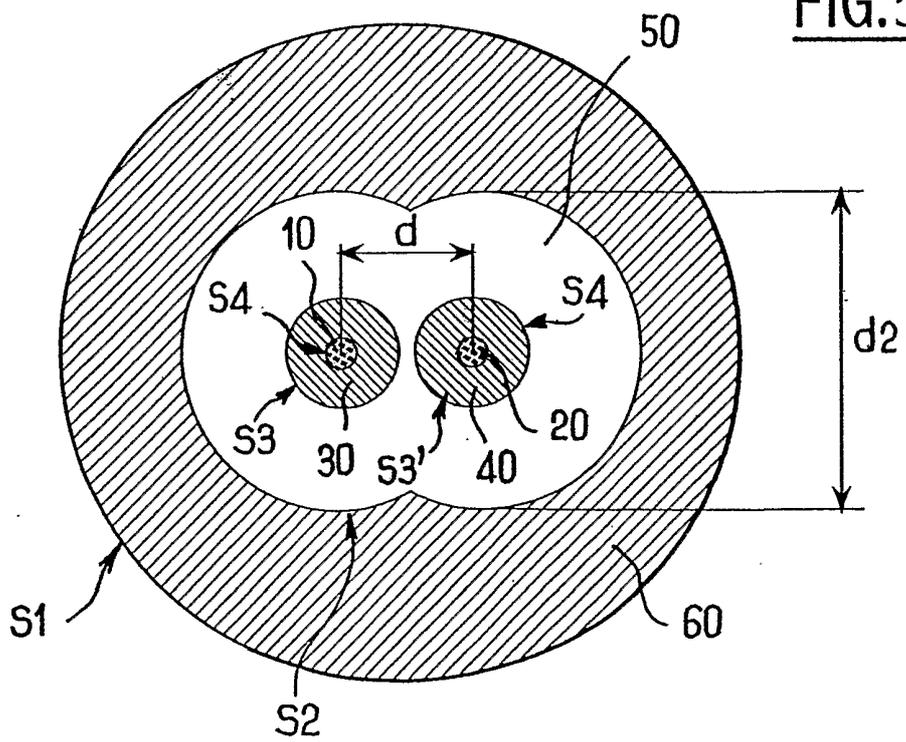


FIG.6

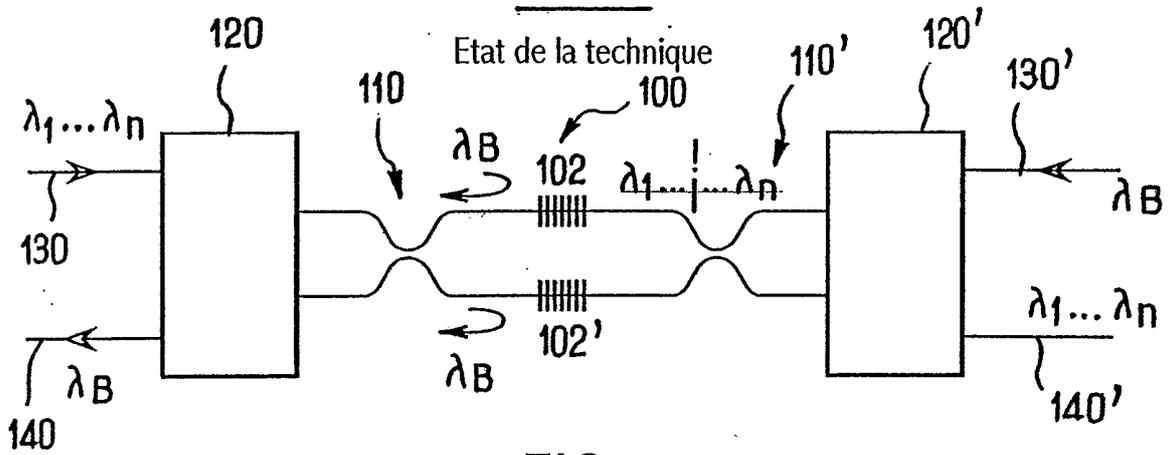


FIG.7

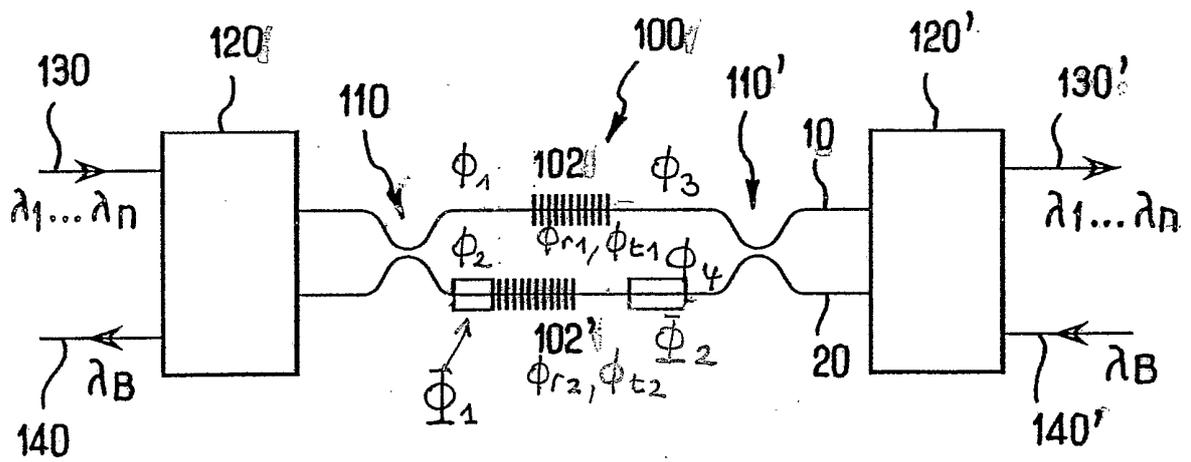


FIG.8

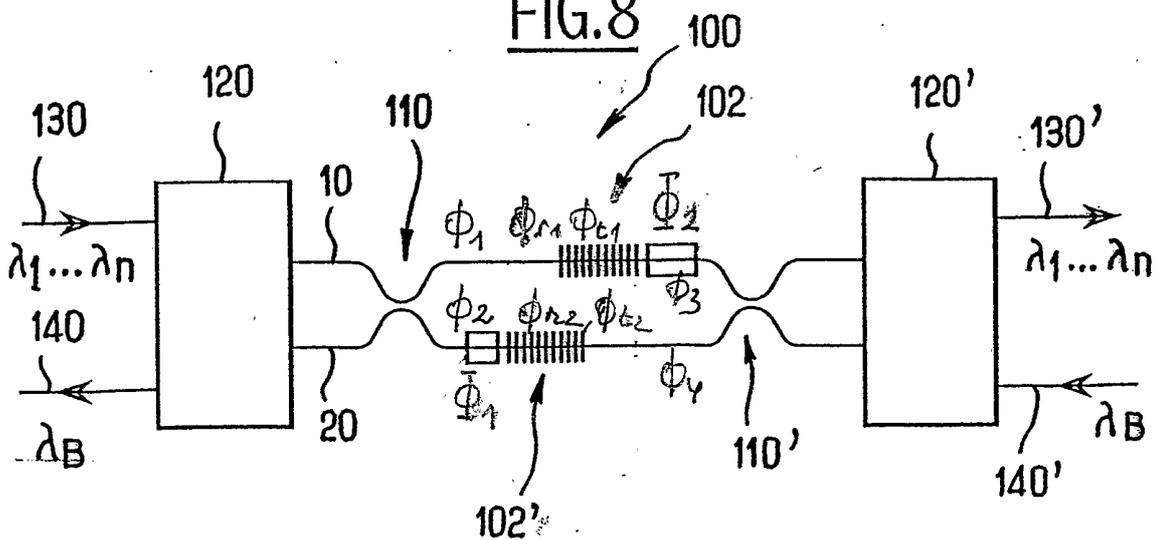


FIG. 9

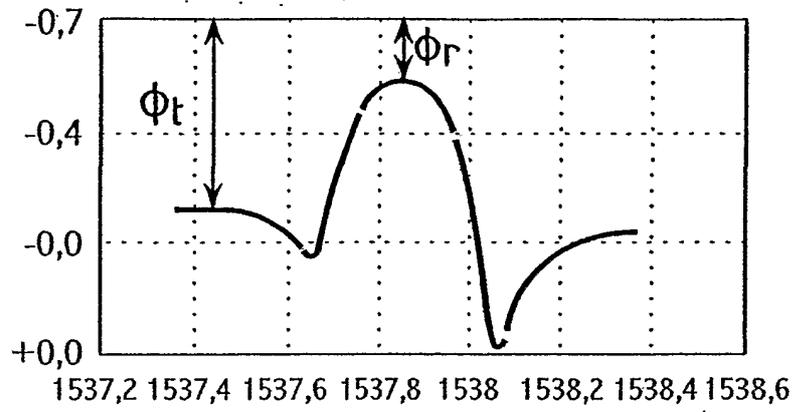


FIG. 10

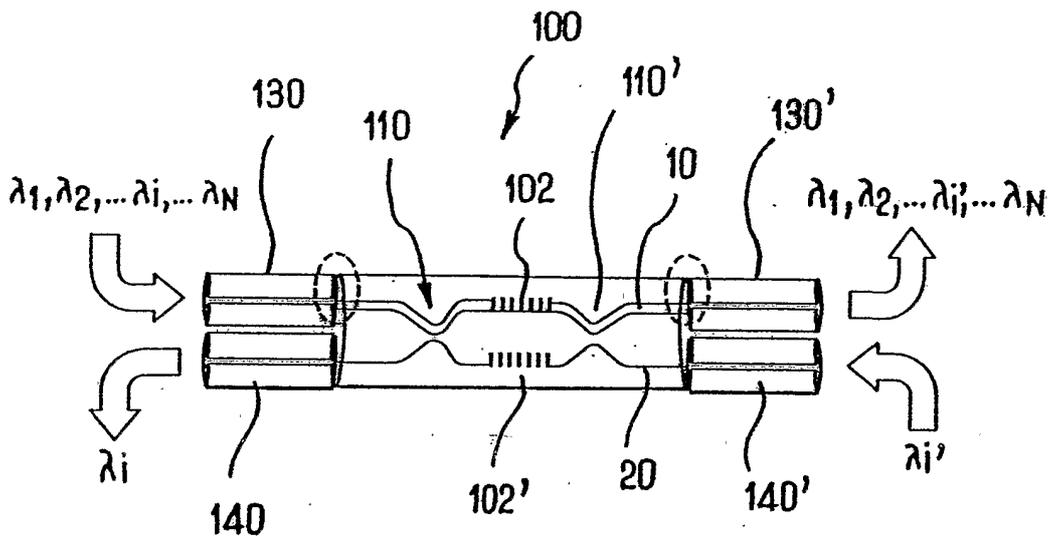


FIG. 11

