

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 680 418

②1 N° d'enregistrement national :

91 10271

⑤1 Int Cl⁵ : G 02 B 6/28, 6/12//H 04 B 10/20

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 13.08.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 19.02.93 Bulletin 93/07.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : CORNING
INCORPORATED — US.

⑦2 Inventeur(s) : Lermينياux Christian.

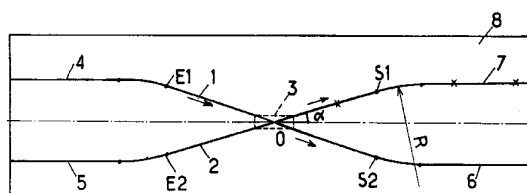
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet de Boisse L.A. de Boisse - J.P.
Colas.

⑤4 Diviseur achromatique en optique intégrée et coupleur de M entrées vers N sorties incorporant un tel diviseur.

⑤7 Le diviseur est réalisé par diffusion d'ions dans un substrat en verre et il est conçu pour assurer la transmission d'un signal optique vers deux sorties avec un rapport prédéterminé des puissances des signaux apparaissant à ces 2 sorties. Suivant l'invention il comprend une jonction en X de deux guides d'onde rectilignes définissant à leur intersection un demi-angle (α) compris entre 0,7° et quelques degrés, l'angle étant choisi de manière à établir le rapport de puissance prédéterminé.

Application à des coupleurs M vers N.



FR 2 680 418 - A1



La présente invention est relative à un diviseur achromatique à deux entrées en optique intégrée et à un coupleur de M entrées vers N sorties incorporant de tels diviseurs. Plus particulièrement, la présente invention est relative à un tel diviseur conçu pour assurer une division de puissance lumineuse conforme à un rapport de puissance prédéterminé. Plus particulièrement encore, la présente invention est relative à un tel diviseur utilisable dans des réseaux de télécommunications à fibres optiques monomodes.

10 Pour diviser une puissance lumineuse transmise par un guide d'onde, on connaît dans la technique de l'optique intégrée des coupleurs de proximité constitués par deux guides d'onde intégrés à un même substrat, ces deux guides d'onde présentant deux portions de guide identiques voisines et généralement parallèles par lesquelles une fraction de la puissance lumineuse transmise par un des guides est injecté dans l'autre guide.

Un tel coupleur de proximité n'est cependant pas achromatique, c'est-à-dire que le rapport des puissances de sortie des deux guides varie avec la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Cette chromaticité des coupleurs de proximité rend ceux-ci peu utilisables dans des réseaux de télécommunications par fibres optiques comprenant de tels diviseurs. En effet il est souhaitable que ceux-ci puissent être associés à des sources d'énergie lumineuse de plusieurs longueurs d'ondes différentes, situées par exemple dans la bande 1260-1550 nm, sans que le rapport de division de puissance en soit affecté.

30 Pour résoudre cette difficulté on connaît des coupleurs dits " $\Delta\beta$ " à deux guides d'onde parallèles présentant des constantes de propagation différentes. On peut, en ajustant correctement la différence, obtenir une dépendance chromatique réduite par rapport à celle observée dans les coupleurs de proximité. Malheureusement ces coupleurs $\Delta\beta$ sont de fabrication difficile et de caractéristiques peu reproductibles, inconvénients rédhibitoires pour des

applications à grand volume de production du type "télécommunications".

Pour obtenir une achromatopsies satisfaisante on connaît encore un coupleur constitué de deux jonctions en Y
5 disposées tête-bêche. Un tel coupleur est malheureusement affecté de pertes importantes. La jonction en Y d'entrée est en effet affectée d'une perte de 3 dB qui s'ajoute à la chute de puissance normale de 3 dB dans chaque guide de sortie, due à la division par 2 opérée par la jonction en Y
10 de sortie.

On peut s'affranchir de cette perte en utilisant un diviseur en "X" à deux guides d'ondes rectilignes croisés. On décrit un tel diviseur dans l'article intitulé " Low crosstalk passive polarization splitters using Ti :LiNbO₃
15 Waveguide Crossings" par A Neyer, publié dans la revue des U.S.A. "Applied Physic Letter" du 4 septembre 1989, pages 927 à 929. Le substrat utilisé est en niobate de lithium. La variation d'indice est obtenue par diffusion d'ions Ti⁺. Le diviseur, ainsi que l'indique cette publication, est très
20 sensible à la polarisation. De plus il n'est pas achromatique puisque la publication mentionne une variation de $\pm 0,3$ dB de la puissance de sortie sur la plage restreinte de longueur d'onde située entre 1500 et 1600 nm. Or ces caractéristiques sont rédhibitoires pour
25 l'application "télécommunications" envisagée plus haut. En effet, les fibres utilisées ne sont pas à maintien de la polarisation et celle-ci peut être aléatoire à l'entrée d'un composant. De plus, les composants du type "diviseur de puissance" doivent avoir un comportement achromatique dans
30 les deux fenêtres utilisées : 1310 ± 50 nm et 1550 ± 50 nm.

La publication de Nakajima et al intitulé "Crosstalk characteristics of Ti - LiNbO₃" publiée dans la revue américaine "Journal of Quantum Electronics" volume QE - 18, N° 4, avril 1982, étudie les jonctions en X et le rapport de
35 division des puissances lumineuses transmises dans les deux branches de sortie de la jonction. Là encore le substrat utilisé est un cristal de niobate de lithium qui implique

une variation du rapport de division de la jonction en fonction de la polarisation de la lumière utilisée. La jonction décrite est d'ailleurs appliquée seulement à la réalisation d'un séparateur de polarisation et non à un
5 diviseur ou à un coupleur tel que visé par la présente invention. De plus, cette publication n'envisage que des guides multimodes, qui ne peuvent être envisageables pour des composants destinés aux télécommunications sur longue distance.

10 La publication de Hussel et al intitulée "Single mode cross-couplers 3 dB power dividers by ion exchange" dans le "Technical Digest" Second Microptic Conference/Eighth Gradient Index, (MOC/GRIN), Tokyo 07/1989, Paper D3, pages 70-73 est relative à un diviseur par 2 en optique intégrée
15 sur substrat en verre, obtenu par échange d'ions. Les branches d'entrée du coupleur en X proposé sont nécessairement dissymétriques ce qui les rend difficiles à réaliser. En outre la publication n'indique rien quand à la réalisation du diviseur susceptible d'établir des rapports
20 du division autres que le rapport 1/2.

La présente invention a donc pour but de réaliser un diviseur du type en X en optique intégrée, débarrassé des défauts ou insuffisances des diviseurs de la technique antérieure décrits ci-dessus.

25 En particulier, la présente invention a pour but de réaliser un tel diviseur qui permet d'assurer un rapport de division de puissance prédéterminé tout en étant achromatique et insensible à la polarisation de la lumière transmise.

30 La présente invention a aussi pour but de réaliser un tel diviseur qui soit de fabrication aisée donc peu coûteuse.

La présente invention a encore pour but de fournir des coupleurs de M entrées vers N sorties en optique intégrée
35 comprenant de tels diviseurs.

On atteint ces buts de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la présente description,

avec un diviseur achromatique à deux entrées en optique intégrée, pour la transmission d'un signal optique admis par une entrée vers deux sorties avec un rapport prédéterminé des puissances des signaux apparaissant à ces deux sorties, 5 ce diviseur étant remarquable en ce qu'il comprend une jonction en X symétrique de deux guides d'onde rectilignes identiques monomodes à la longueur d'onde d'utilisation définissant à leur intersection un demi-angle supérieur à une valeur d'angle fonction de la taille du mode propre des 10 guides d'onde, l'angle étant choisi de manière à établir le rapport de puissance prédéterminé.

Suivant l'invention, en effet, on peut établir expérimentalement une loi liant l'angle des guides d'onde et le rapport de puissance obtenu pour chaque angle et on 15 utilise ensuite cette loi pour choisir l'angle correspondant à un rapport de puissance prédéterminé.

Suivant l'invention encore, les guides d'onde du diviseur sont formés par exemple par échange d'ions dans un substrat en verre de manière à présenter des formes 20 sensiblement cylindriques. On obtient ainsi l'insensibilité à la polarisation de la lumière recherchées. D'autres substrats et d'autres procédés de fabrication sont possibles. Ainsi des guides d'onde pourraient être réalisés par dépôt de silice dopée sur un substrat de silice ou de 25 silicium, par exemple.

L'invention permet en outre de réaliser des coupleurs de 2 entrées vers N sorties comprenant un diviseur suivant l'invention et des moyens additionnels de division connectés sur les deux sorties du diviseur. Avantageusement, le demi- 30 angle des guides d'onde du diviseur est de l'ordre de 1° de manière à diviser la puissance par 2, comme on le verra dans la suite.

L'invention permet encore de réaliser des coupleurs de M entrées vers N sorties comprenant au moins deux étages 35 successifs de diviseurs suivant l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va

suivre à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un diviseur suivant l'invention, l'échelle de la représentation transversalement à l'axe du diviseur étant exagéré pour
5 faire apparaître plus clairement l'inclinaison des deux guides d'onde du diviseur l'un sur l'autre,
- la figure 2 est une représentation schématique plus détaillée de l'intersection des guides d'ondes du diviseur de la figure 1,
- 10 - la figure 3 représente une variante de l'intersection des guides d'ondes du diviseur de la figure 1,
- la figure 4 représente une deuxième variante de l'intersection des guides d'ondes du coupleur de la figure 1,
- 15 - la figure 5 est un graphe de la relation qui lie l'inclinaison des guides d'onde du diviseur de la figure 1 et le rapport des puissances transmises par les deux sorties du diviseur,
- la figure 6 est un graphe des variations en fonction
20 de la longueur d'onde, des puissances lumineuses transmises aux sorties du diviseur quand l'angle (α) des guides d'onde du diviseur à leur intersection est choisi de manière à assurer le rapport de puissance 0,45/0,55,
- la figure 7 est un schéma du tracé des guides d'onde
25 d'un coupleur de 2 vers 4 incorporant un diviseur suivant l'invention,
- la figure 8 est un graphe des variations des puissances lumineuses apparaissant aux sorties du coupleur de la figure 7, en fonction de la longueur d'onde de la
30 lumière utilisée,
- les figures 9 et 10 sont des représentations schématiques des tracés des guides d'onde de coupleurs 2 vers 8 et 2 vers 16 respectivement, incorporant un diviseur suivant l'invention, et
- 35 - la figure 11 représente schématiquement le tracé des guides d'onde d'un coupleur 3 vers 3.

On se réfère à la figure 1 du dessin annexé où le

diviseur représenté comprend deux guides d'onde présentant des parties rectilignes 1, 2 qui se coupent dans une région 3 représentée en plus de détails à la figure 2, suivant un demi-angle α très exagéré sur le dessin, comme expliqué dans l'énoncé ci-dessus des figures de ce dessin. Comme représenté, les entrées E_1 , E_2 et les sorties S_1 , S_2 du diviseur peuvent être raccordées à d'autres parties rectilignes 4, 5, 6, 7 respectivement, parallèles à la bissectrice de l'angle α , par des parties curvilignes de rayon R choisies pour minimiser les pertes d'énergie lumineuse dites de "courbure".

Un tel diviseur peut être réalisé classiquement par diffusion d'ions dans un substrat en verre 8, à travers un masque. L'utilisation d'un substrat en verre dans le diviseur suivant l'invention est avantageuse notamment parce que ce matériau est beaucoup moins coûteux que les substrats cristallins en niobate de lithium utilisés dans certaines réalisations de la technique antérieure décrites en préambule de la présente description. On peut, suivant l'invention, procéder par diffusion d'ions thallium Tl^+ , ce qui permet de réaliser des guides d'ondes circulaires de profil de diffusion approximativement circulaires présentant un rayon à $1/e$ de l'ordre de $4 \pm 0,5 \mu m$, par exemple. Toujours à titre d'exemple, la variation maximum d'indice introduite par la diffusion de l'ion Tl^+ peut être de $0,35 \% \pm 0,05 \%$.

On se réfère maintenant à la figure 5 du dessin annexé où on a représenté la loi d'évolution de la fraction de la puissance lumineuse d'un signal d'entrée transmise à la sortie S_2 du diviseur suivant l'invention, à partir d'un signal injecté par l'entrée E_1 , par exemple, quand on fait varier le demi-angle α des parties rectilignes du diviseur de $0,7^\circ$ à $1,2^\circ$ environ.

Lorsque les guides d'onde sont tels que la répartition lumineuse transversale (mode propre) est de dimension proche de celle de modes propres de la fibre optique monomode couramment utilisée en télécommunications (de longueur

d'onde de coupure voisine de $1,2 \mu\text{m}$), c'est-à-dire que cette répartition est voisine d'une distribution gaussienne de rayon $4,5 \mu\text{m}$ à $1/e$ pour la longueur d'onde de $1,3 \mu\text{m}$ et de $6 \mu\text{m}$ pour la longueur d'onde de $1,55 \mu\text{m}$, il peut être
5 remarqué que cette loi est approximativement linéaire à partir d'un demi-angle de $0^{\circ}72$ (angle pour lequel toute la puissance lumineuse est défléchie dans le guide S_1).

On observe que pour de faibles valeurs de α , de l'ordre de $0,7 - 0,8^{\circ}$, une très grande partie de la puissance
10 lumineuse reçue par l'entrée E_1 du diviseur est défléchie vers la sortie S_1 de ce diviseur. Quand α croît, la fraction de la puissance défléchie vers S_1 diminue suivant la loi illustrée par le graphe de la figure 5, établi expérimentalement. Dès que α atteint quelques degrés,
15 pratiquement toute la lumière reçue par l'entrée E_1 passe dans la sortie S_2 , aux pertes par diffusion dans le diviseur près, ces pertes étant faibles, de l'ordre de 1 dB par exemple. Ce comportement ne dépend pas de la longueur d'onde.

20 Ainsi, suivant une caractéristique essentielle du diviseur selon l'invention, on tire parti de ce comportement surprenant du diviseur aux faibles valeurs du demi-angle α pour fixer le rapport de division de la puissance lumineuse transmise, entre les deux sorties du diviseur à une valeur
25 absolument quelconque choisie entre 0 et 100 %, par un choix approprié du demi-angle α , opéré à l'aide du graphe de la figure 5.

Une telle liberté dans le choix du rapport de division 1 est très avantageuse car elle permet de réaliser une
30 grande variété de coupleurs du type 2 vers N. Ainsi par exemple, on pourra réaliser un coupleur 2 vers 3 avec un diviseur suivant l'invention présentant un angle α égal à $0,93^{\circ}$ qui permet d'envoyer un tiers de la puissance lumineuse dans une sortie du coupleur et deux tiers dans
35 l'autre. Sur celle-ci une jonction en Y divise la puissance par 2, les trois sorties de l'ensemble recevant ainsi chacune un tiers de la puissance lumineuse transmise. On

donnera dans la suite, en liaison avec les figures 7 à 11, d'autres exemples d'application du diviseur suivant l'invention à des coupleurs du type 2 vers N ou, plus généralement, de M vers N.

5 On remarquera incidemment que, suivant l'entrée du diviseur qui est choisie pour l'injection de la puissance lumineuse, les rapports de puissance sur les sorties du diviseur pourront être inversés, inversion qui est évidemment sans effet si le rapport de puissance choisi
10 correspond à une division par 2. En alimentant simultanément les deux entrées du diviseur, les puissances qui s'ajoutent sur les sorties sont ainsi divisées suivant deux rapports inverses l'un de l'autre.

 Sur la figure 5 on a représenté les points de mesure
15 pour des longueurs d'ondes de la lumière utilisée de 1310 et 1550 nm, respectivement. Ces points sont pratiquement confondus, ce qui illustre le très bon achromatisme annoncé du diviseur suivant l'invention, dans la bande 1280-1600 nm qui correspond aux longueurs d'onde utilisées en
20 télécommunication par fibres optiques. De même des mesures on montré la remarquable insensibilité du rapport de division du diviseur suivant l'invention, à la polarisation de la lumière utilisée, insensibilité que l'on peut attribuer à la nature amorphe du substrat en verre utilisé.

25 Concernant le graphe de la figure 5, il faut remarquer que les variations du procédé de fabrication par échange d'ions du diviseur suivant l'invention peuvent conduire à des caractéristiques de division légèrement décalées par rapport à celles représentées à cette figure 5. Il est clair
30 que l'invention s'étend à des diviseurs fabriqués suivant ces variantes et que la forme et les limites de la caractéristique représentée à la figure 5 ne sont données qu'à titre indicatif et doivent être interprétées largement. En outre il faut remarquer que pour le diviseur décrit ci-
35 dessus, un chromatisme réapparaît en dessous de $\alpha = 0,7^\circ$ alors qu'au-delà de $\alpha = 4^\circ$, on n'observe plus de division sensible du faisceau, toute la lumière entrant par une

entrée du diviseur sortant par la sortie située en alignement.

Le graphe de la Figure 6 correspond à un diviseur suivant l'invention dans lequel l'angle α a été choisi pour
5 assurer une division de puissance lumineuse dans le rapport 0,45/0,55. On a représenté les variations des puissances lumineuses sur les deux sorties du coupleur, celles-ci étant mesurées par leur atténuation en décibels par rapport à la puissance d'entrée. On retrouve une atténuation de 3 dB
10 environ attendue, à laquelle s'ajoute une atténuation supplémentaire de 1,5 dB due aux pertes par diffusion dans le substrat. On observera que le rapport de ces puissances reste sensiblement constant dans le domaine de longueur d'ondes envisagé (de 1200 à 1600 nm) ce qui confirme bien le
15 caractère achromatique du diviseur suivant l'invention.

La géométrie de l'intersection des guides d'onde du diviseur peut être adaptée à certains objectifs. Ainsi on a représenté à la figure 3 une jonction dans laquelle l'intersection est partiellement délimitée par deux zones
20 sensiblement planes 9, 10 écrêtant les régions d'angle 2α de l'intersection. Une telle disposition facilite la réalisation des masques nécessaires à l'intégration des guides d'onde par diffusion d'ions. La largeur de ces zones, transversalement à l'axe du diviseur, est de préférence de
25 l'ordre de 1 μm . A la figure 3, l'intersection représentée est aussi écrêtée (en trait interrompu) dans les régions 11, 12 d'angle $(\pi - 2\alpha)$. La longueur L des zones écrêtées peut être avantageusement comprise entre 0 et $w/\tan\alpha$ ou w représente l'ouverture du masque utilisé pour un guide
30 droit. L'intersection ainsi délimitée prend la forme d'un guide droit de largeur comprise entre w et 2w.

L'écrêtement permet de réduire les pertes par diffusion d'une telle jonction. Des travaux expérimentaux ont permis d'arriver à cette configuration et à une réduction des
35 pertes d'environ 0,3 dB.

A la figure 4, les guides d'onde de sortie de l'intersection représentés sont décalés transversalement par

rapport aux guides d'onde d'entrée, comme mis en évidence par les prolongements en trait interrompu de ces guides d'entrée. Le décalage peut être mesuré, parallèlement à l'axe de l'intersection par la longueur l . Il permet de
5 réduire la longueur axiale de l'intersection. Pour chaque demi-angle α , il existe une relation entre la longueur l et le rapport de puissance souhaité.

Le diviseur suivant l'invention permet de constituer des coupleurs 2 vers N particulièrement performants et
10 réalisés en optique intégrée. On sait que de telles coupleurs sont indispensables pour la distribution de plusieurs sources d'informations sur un plus grand nombre de fibres optiques destinées à transmettre l'information vers des postes d'utilisation. Les sources peuvent être par
15 exemple des chaînes de télévision distribuées par câbles à fibres optiques. Les puissances lumineuses distribuées doivent être sensiblement égales.

Ainsi on peut constituer un coupleur 2 vers 4 à l'aide d'un diviseur 13 en X selon l'invention et de deux jonctions
20 14, 15 en Y, comme représenté à la figure 7. Il faut alors constituer le diviseur 13 en diviseur par 2 et pour cela choisir pour le diviseur un demi-angle $\alpha = 0,99^\circ$ environ, conformément au graphe de la figure 5, si le diviseur est constitué comme celui pour lequel ce graphe a été établi.
25 Les puissances lumineuses égales ainsi transmises sur les guides de sortie du diviseur 13 sont redivisées chacune en deux par les jonctions en Y 14 et 15 respectivement, ce qui permet de retrouver sur chacune des sorties du coupleur environ un quart de la puissance transmise, diminuée des
30 pertes. Le graphe de la figure 8, qui représente les atténuations des puissances lumineuses aux 4 sorties du coupleur par rapport à la puissance injectée dans le coupleur par l'un des deux guides d'entrée du diviseur 13, montre une remarquable égalité des puissances lumineuses
35 distribuées sur les quatre sorties, dans tout le domaine de longueur d'ondes 1200-1640 nm, égalité significative de l'achromaticité d'un tel coupleur.

Des coupleurs à plus grand nombre de sorties peuvent être réalisés avantageusement en combinant le diviseur suivant l'invention au coupleur optique décrit dans la demande de brevet français N° 9106039 déposée le 17 mai 1991 par la demanderesse. On a représenté aux figures 9 et 10 du dessin annexé des coupleurs 2 vers 8 et 2 vers 16, respectivement, obtenus par de telles combinaisons, comprenant chacun un diviseur de puissance par 2 13', 13" suivant l'invention respectivement, et un coupleur 16', 16" du type décrit dans la demande de brevet précitée, respectivement. Comme on l'a vu plus haut, le demi-angle α pour les diviseurs 13', 13" est de l'ordre de 1°. Conformément aux enseignements de la demande de brevet précitée, les coupleurs 16', 16" comprennent chacun une pluralité de guides d'onde sensiblement coplanaires raccordant chacun une entrée unique du coupleur à l'une de 2n sorties (S_1 à S_8 ou S_{16}) de ce coupleur, ces guides d'onde étant constitués de parties de guide d'onde connectées de manière arborescente par n jonctions J_{1j} en Y disposées sur chaque guide. Au moins une première jonction (J_{21} par exemple) d'axe non parallèle à celui du coupleur est connecté à deux autres jonctions J_{31} , J_{32} par des parties de guide d'onde incurvées dépourvues de singularités, tout point d'inflexion éventuel sur un quelconque des guides d'onde, entre l'entrée et le n ième étage de jonction, étant situé à l'une des n jonctions situées sur le guide. Suivant un mode de réalisation préféré d'un tel coupleur, chaque jonction du coupleur, au-delà de l'entrée, définit un point d'inflexion sur l'un des guides d'onde passant par cette jonction. Chaque jonction comprend des première et deuxième branches de courbures opposées tangentes à une troisième branche en un point commun aux trois branches.

De tels coupleurs 13', 16' ou 13", 16" peuvent être réalisés en optique intégrée et présentent diverses caractéristiques avantageuses, notamment un encombrement longitudinal réduit et des pertes optiques abaissées, comme on l'indique dans la demande de brevet précitée à laquelle

on pourra se référer pour plus de détails.

Plus généralement, on peut réaliser des coupleurs à M entrées ($M > 2$) et N sorties en utilisant plusieurs étages successifs de diviseurs suivant l'invention, opérant à des
5 rapports de puissance éventuellement différents. On a représenté à la figure 11 un coupleur 3 vers 3, à titre illustratif et non limitatif. Le coupleur comprend trois entrées E_1 , E_2 , E_3 , trois sorties S_1 , S_2 , S_3 et trois diviseurs D_1 , D_2 , D_3 suivant l'invention, étagés dans cet
10 ordre. Les entrées d'un premier diviseur D_1 constituent les entrées E_1 , E_2 . Les entrées d'un deuxième diviseur D_2 sont connectées respectivement à une sortie du diviseur D_1 et à l'entrée E_3 , une sortie du diviseur D_2 constituant une sortie E_3 du coupleur. L'autre sortie du diviseur D_2 est connectée
15 à une entrée du diviseur D_3 , l'autre entrée de ce diviseur étant connectée à la sortie du diviseur D_1 qui n'est pas raccordée à D_2 . Les sorties du diviseur D_3 constituent les sorties S_1 , S_2 du coupleur 3 vers 3.

En choisissant pour les diviseurs D_1 et D_3 des demi-angles α voisin de 1° , on obtient une division par 2 des
20 puissances lumineuses entrantes (dans l'hypothèse où le substrat est du verre et où les guides d'onde résultent d'un dopage du verre avec des ions Tl^+ , par échange d'ions). On choisit pour D_2 un demi-angle α de $1,13^\circ$ qui assure une
25 division de la puissance lumineuse dans le rapport 0,33/0,66 (voir figure 5). Avec des diviseurs D_1 , D_2 , D_3 ainsi choisis et agencés, on constate que la puissance lumineuse reçue par l'une quelconque des entrées E_1 , E_2 et E_3 est également répartie entre les trois sorties S_1 , S_2 , S_3 .

30 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à ce mode de réalisation. Par application des enseignements contenus dans la présente demande de brevet, l'homme de métier pourra aisément concevoir d'autres coupleurs 4 vers 4, 8 vers 8 et, plus généralement de M entrées vers N sorties, avec toutes
35 sortes de rapports de division de puissance entre les sorties

Comme on l'a vu plus haut, le diviseur et les coupleurs

suivant l'invention peuvent être fabriqués par diffusion d'ions Tl^+ dans un substrat en verre, ce qui rend cette fabrication particulièrement économique. Cependant l'invention n'est pas limitée à l'utilisation de tels matériaux et d'autres substrats pourraient être envisagés, la silice éventuellement dopée par exemple. Dans cette hypothèse la loi liant l'angle des guides d'onde du diviseur et le rapport des puissances lumineuses de sortie pour de faibles valeurs de cet angle pourrait s'écarter de celle représentée à la figure 5 ainsi que les bornes du domaine utilisé. L'énonciation de ces bornes dans les revendications de la présente demande de brevet n'a donc été donnée que pour fixer les idées et doit par conséquent être interprétée largement. Néanmoins, pour des guides d'onde dont les modes propres sont dimensionnellement proches de ceux évoqués plus haut, les valeurs indiquées doivent rester approximativement valables.

Quand il est réalisé sur substrat en verre ou matériaux assimilables, le diviseur suivant l'invention présente divers avantages. Il n'est tout d'abord pas sensible à la polarisation de la lumière utilisée. Il comprend des guides présentant partout la même largeur et peut donc être réalisé avec des masques correspondants permettant d'éviter des difficultés de fabrication lors des étapes lithographiques de l'intégration des guides. L'absence de guides de largeur ou diamètre différents diminue aussi les pertes optiques. En outre, comme illustré par les graphes des figures 6 et 8, le diviseur suivant l'invention présente une très bonne achromaticité, notamment de 1260 à 1600 nm, la variation de puissance transmise restant inférieure à $\pm 0,2$ dB pour des rapports de puissance voisins de 50 % ce qui est particulièrement avantageux dans le domaine des télécommunications par fibres optiques car cela permet l'utilisation de sources lumineuses de longueurs d'ondes différentes. Une caractéristique avantageuse essentielle de l'invention est la possibilité de fixer le rapport des puissances lumineuses transmises à toute valeur choisie pour

prélever ainsi une fraction prédéterminée de la puissance lumineuse d'entrée. En outre, associé aux coupleurs de la demande de brevet français précitée, le diviseur suivant l'invention permet, par exemple, de réaliser des coupleurs
5 bien adaptés à la distribution de plusieurs chaînes de télévision, vers un grand nombre de postes récepteurs connectés à un réseau de distribution par fibres optiques.

REVENDICATIONS

1. Diviseur achromatique à deux entrées en optique intégrée, pour la transmission d'un signal optique admis par une entrée vers deux sorties avec un rapport prédéterminé
5 des puissances des signaux apparaissant à ces deux sorties, caractérisé en ce qu'il comprend une jonction en X symétrique de deux guides d'onde rectilignes identiques monomodes à la longueur d'onde d'utilisation et définissant à leur intersection un demi-angle (α) supérieur à une valeur
10 d'angle fonction de la taille du mode propre des guides d'onde, l'angle étant choisi de manière à établir le rapport de puissance prédéterminé.

2. Diviseur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur d'onde de coupure des guides d'onde
15 est de 1,2 μm environ, en ce que le demi-angle (α) de ces guides d'onde est supérieur à $0,72^\circ$ et en ce que les modes propres des guides d'onde sont compatibles avec ceux de fibres optiques auxquelles le diviseur peut être connecté.

3. Diviseur conforme à l'une quelconque des
20 revendications 1 à 2, caractérisé en ce que deux zones planes (9, 10) perpendiculaires à l'axe du diviseur délimitent partiellement l'intersection des guides d'onde, ces zones planes (9, 10) coupant les régions des deux sommets de demi-angle (α) de l'intersection.

25 4. Diviseur conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que la largeur desdites zones (9, 10) est de 1 μm environ, en projection dans le plan du diviseur.

5. Diviseur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que chacune des branches d'entrée des deux guides
30 d'onde est décalée transversalement par rapport à la branche de sortie qui lui est parallèle, le décalage étant fonction du rapport de puissance prédéterminé.

6. Diviseur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les régions
35 d'angles au sommet ($\pi - 2\alpha$) de l'intersection des guides d'onde sont tronquées par des zones planes (11, 12) parallèles à l'axe du diviseur et perpendiculaires au plan

des guides d'ondes.

7. Diviseur conforme à l'une des quelconques revendications de 1 à 8, caractérisé en ce que les guides d'onde sont formés par échange d'ions dans un substrat en verre et présentent des formes sensiblement cylindriques.

8. Diviseur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4 et 6 et 7, caractérisé en ce que le demi-angle (α) des guides d'onde du diviseur est de 1° environ et en ce que le rapport de puissance est alors de 0,5.

9. Diviseur conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, alimenté par des premier et deuxième signaux sur ses première et deuxième entrées, respectivement, les puissances de ces signaux étant divisées, au niveau des sorties du diviseur, suivant deux rapports de puissance inverses l'un de l'autre.

10. Coupleur de 2 vers N en optique intégrée, caractérisé en ce qu'il comprend un diviseur (13; 13'; 13") suivant l'une quelconque des revendications de 1 à 9 et des moyens additionnels de division (14, 15; 16'; 16") connectés sur au moins une des sorties du diviseur.

11. Coupleur conforme à la revendication 10, caractérisé en ce qu'une jonction en Y (14, 15) est connectée à chacune des sorties du diviseur (13).

12. Coupleur conforme à la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de guides d'onde sensiblement coplanaires raccordant chacune une entrée (J_{21} , J_{22}) de cette pluralité à une des sorties (S_1 à S_8 ; S_1 à S_{16}) de la pluralité, les entrées (J_{21} , J_{22}) étant raccordées respectivement chacune à une sortie du diviseur (13'; 13"), lesdits guides d'onde de la pluralité étant constitués de parties de guide d'onde connectées de manière arborescente par des jonctions (J_{ij}) en Y disposées sur chaque guide, au moins une jonction d'axe non parallèle à celui de la pluralité de guides d'onde étant connectée à deux autres jonctions par des parties de guides d'onde incurvées dépourvues de singularités, tout point d'inflexion

éventuel de l'un quelconque des guides d'onde, jusqu'au dernier étage de jonctions, étant situé à l'une des jonctions disposées sur le guide.

13. Coupleur de M vers N en optique intégrée, M étant
5 supérieur à deux, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux étages successifs de diviseurs conformes à l'une quelconque des revendications 1 à 9, les sorties des diviseurs du dernier étage étant éventuellement connectées à des moyens additionnels de division.

10 14. Coupleur conforme à la revendication 13, à trois entrées E_1 , E_2 , E_3 et trois sorties S_1 , S_2 , S_3 , caractérisé en ce qu'il comprend trois diviseurs D_1 , D_2 , D_3 étagés dans cet ordre, les entrées E_1 , E_2 , E_3 étant connectées aux deux entrées du diviseur D_1 et à une entrée du diviseur D_2
15 respectivement, les sorties S_1 , S_2 , S_3 étant connectées à deux sorties du diviseur D_3 et à une sortie du diviseur D_2 , respectivement, l'autre sortie du diviseur D_2 étant connectée à une entrée du diviseur D_3 , l'autre entrée du diviseur D_2 étant connectée à une sortie du diviseur D_1 ,
20 l'autre sortie du diviseur D_1 étant connectée à l'autre entrée du diviseur D_3 .

15 15. Coupleur conforme à la revendication 14, caractérisé en ce que les rapports des puissances lumineuses de sortie des diviseurs D_1 , D_2 , D_3 sont respectivement 50/50,
25 33/66, 50/50.

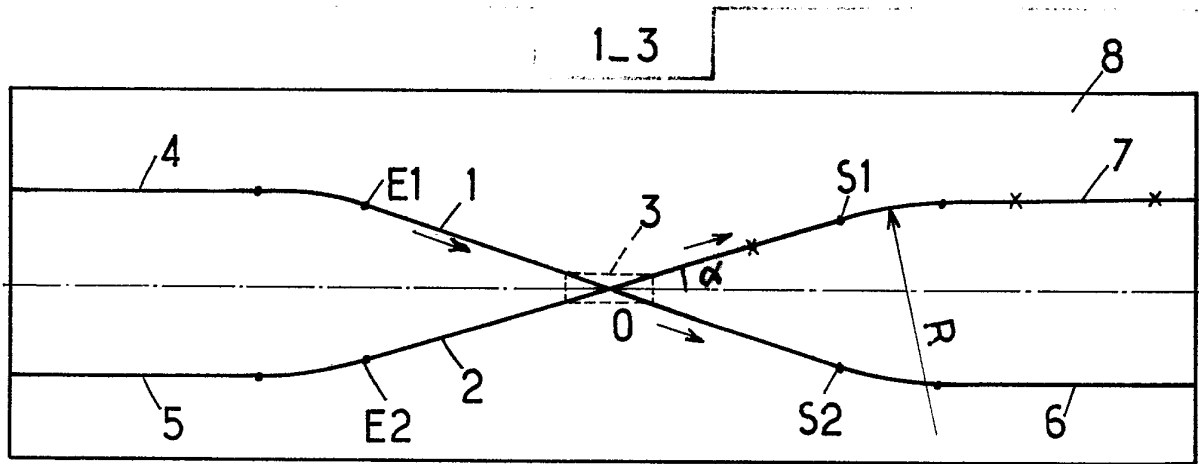


FIG.:1

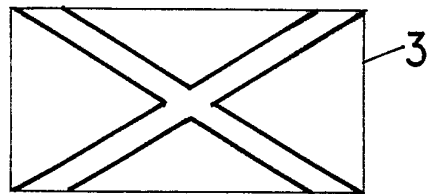


FIG.:2

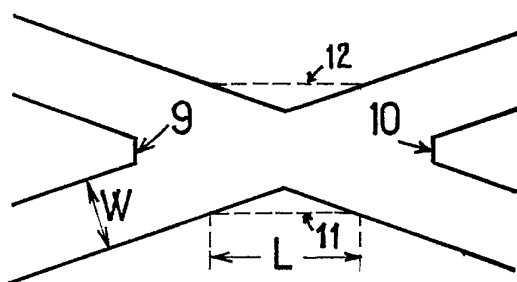


FIG.:3

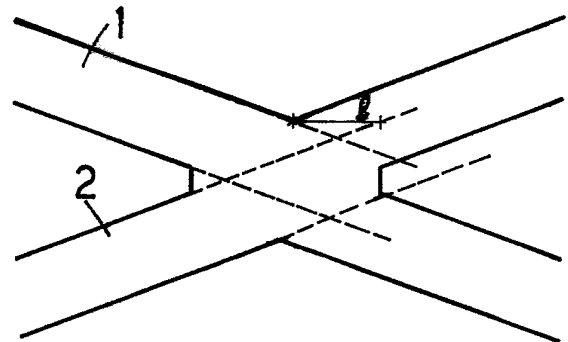


FIG.: 4

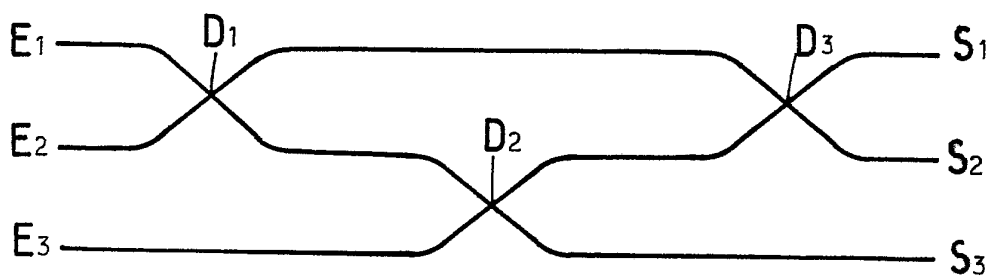


FIG.:11

2 - 3

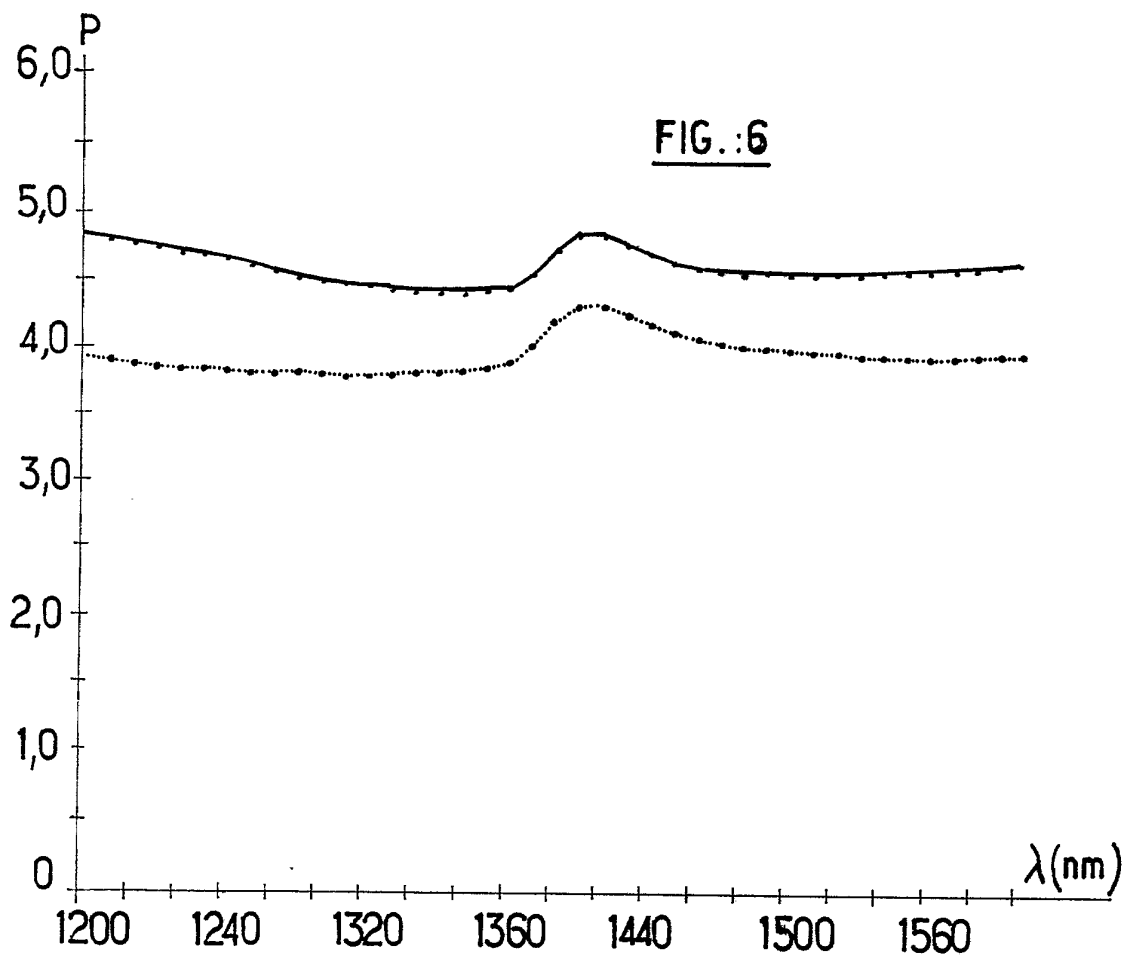
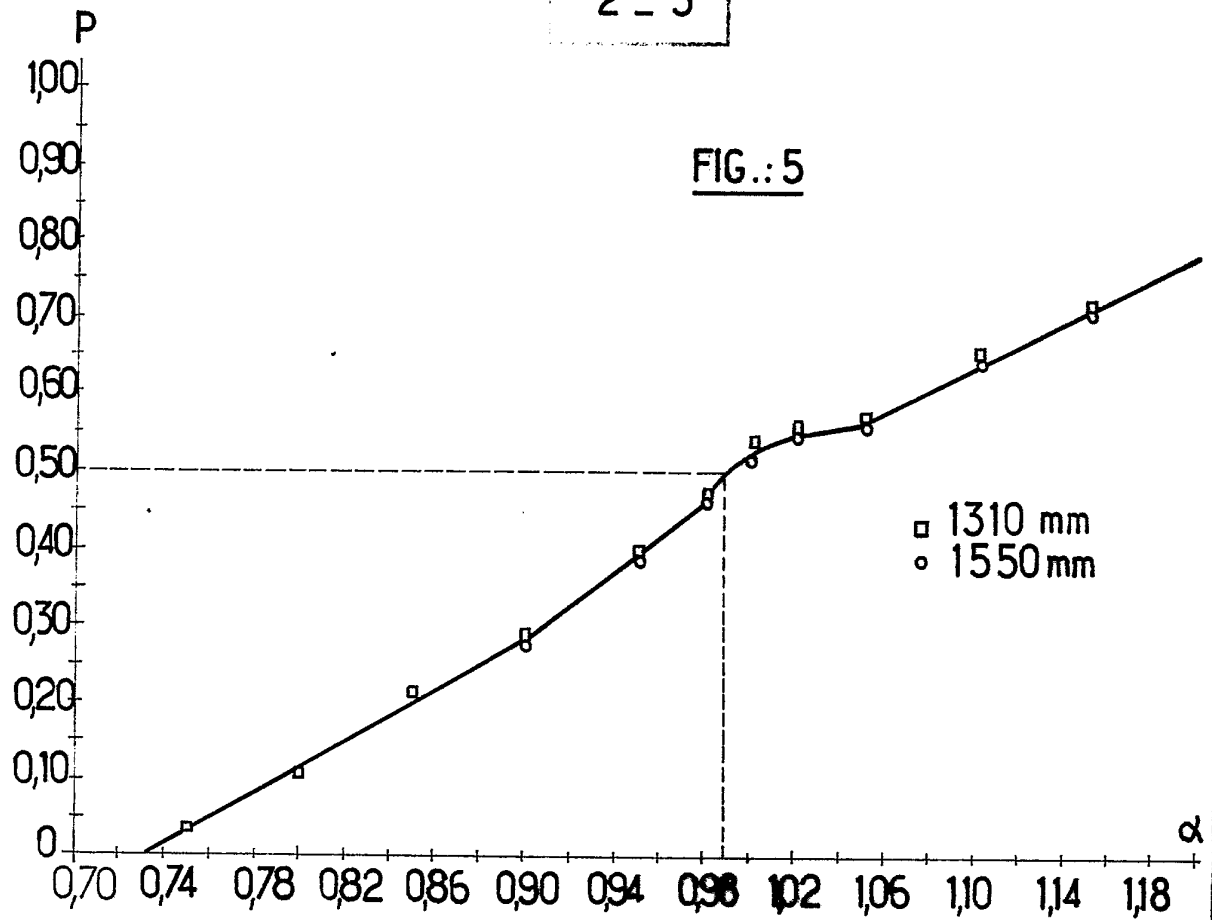


FIG.:7

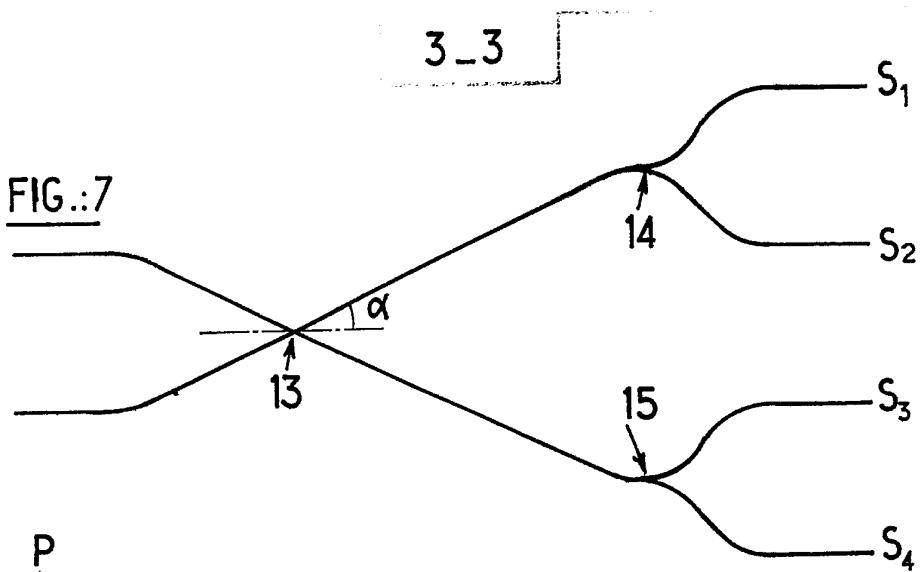


FIG.:8

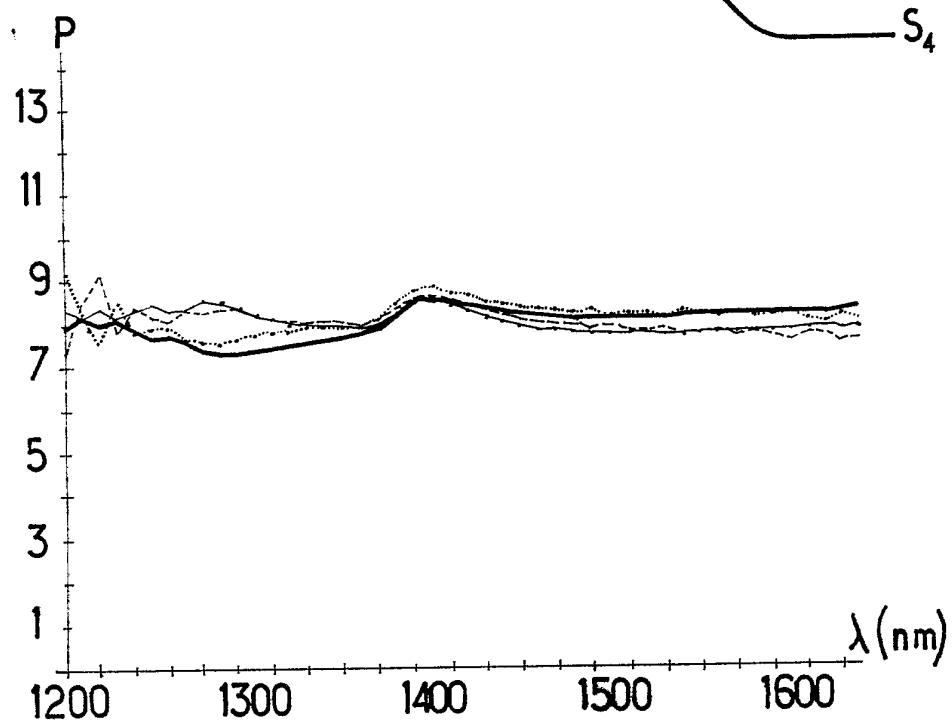


FIG.:9

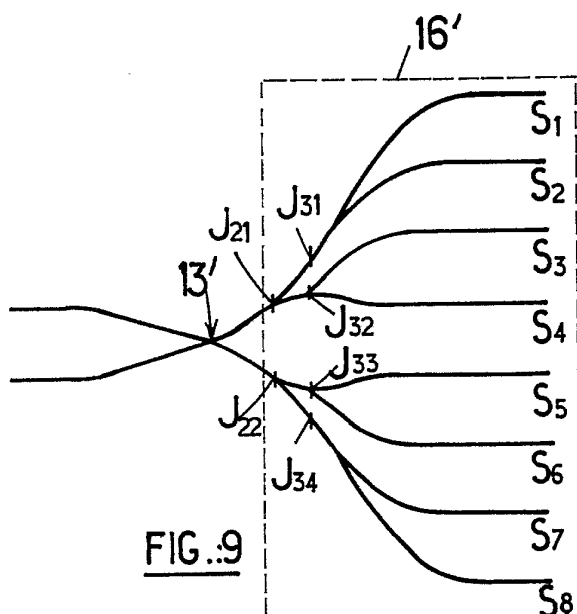
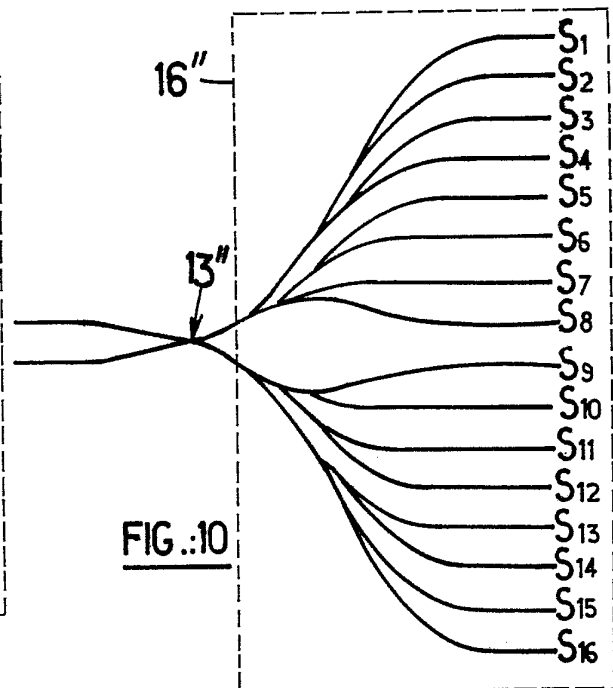


FIG.:10



2680418

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

N° d'enregistrement
national

FR 9110271
FA 460808

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	DE-A-3 322 508 (STANDARD ELEKTRIK LORENZ) * abrégé; figure 1; page 5, ligne 11 - page 6, ligne 33; page 8, lignes 6-14 * ---	1
X	APPLIED PHYSICS LETTERS vol. 54, no. 17, 24 avril 1989, pages 1669-1671. New York, US; N. AGRAWAL et al.: "Low-loss Ti:LiNbO3 intersecting waveguides" * page 1669, colonne de gauche - colonne de droite, alinéa 1; figures 1,3 * ---	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 180 (P-215)(1325), 9 août 1983; & JP - A - 5882209 (FUJITSU K.K.) 17.05.1983 * abrégé * ---	1
X	OPTICAL AND QUANTUM ELECTRONICS vol. 23, no. 5, mai 1991, pages 649-656, London, GB; S. SH. GREVORGYAN et al.: "The optical power distribution and scattering losses in symmetric channel waveguide X-junctions" * page 649; figures 4,6; pages 652-654 * ---	1,7
A	APPLIED PHYSICS LETTERS vol. 56, no. 24, 11 juin 1990, pages 2381-2383, New York, US; C.P. HUSSELL et al.: "Wavelength and polarization insensitive 3 db cross-coupler power dividers by ion exchange in glass" * le document en entier * --- -/-	1,2,5,8 ,9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G 02 B
Date d'achèvement de la recherche 24-03-1992		Examineur VON MOERS F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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		

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

Page 2
N° d'enregistrement
national

FR 9110271
FA 460808

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP-A-0 385 671 (ATT) * colonne 4, lignes 19-54; figures 2,3; colonne 7, ligne 34 - colonne 8, ligne 12 *	3-6
A	--- SOVIET JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS vol. 15, no. 9, septembre 1985, pages 1238-1242, Woodbury, NY, US; M.I. BELOVOLOV et al.: "Low-loss directional couplers utilizing single-mode fiber-optic waveguides" * page 1238, colonne de droite; figure 1 *	3
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11, no. 19 (P-537)(2466), 20 janvier 1987; & JP - A - 61194408 (NTT) 28.08.1986 * abrégé *	10-12
A	--- APPLIED OPTICS vol. 29, no. 12, 20 avril 1990, pages 1810-1813, New York, US; M.E. MARHIC et al.: "3 x 3 single-mode star coupler made from 2 x 2 couplers" * page 1810, colonne de droite - page 1811; figure 1 *	13-15
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. C15)
Date d'achèvement de la recherche 24-03-1992		Examineur VON MOERS F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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		