

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 552 235**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **84 14442**

⑤1 Int Cl⁴ : G 02 B 6/34.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 20 septembre 1984.

③0 Priorité : GB, 20 septembre 1983, n° 8325099.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 12 du 22 mars 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : **INTERNATIONAL STAN-
DARD ELECTRIC CORPORATION. — US.**

⑦2 Inventeur(s) : Kevin Dennis Ward.

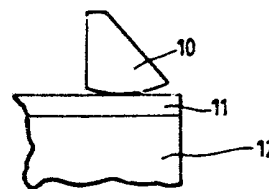
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Jean Pothet, ITT Data Systèmes France
SA.

⑤4 Coupleur à prisme et son procédé de fabrication.

⑤7 Ce coupleur comprend un prisme 10 disposé à la surface
d'un guide d'ondes 11 optiquement plan, de manière que la
zone située entre ces deux éléments possède une forme
permettant un couplage optimal de l'énergie optique entre
lesdits éléments. La fixation du prisme sur le guide d'ondes,
par collage, par exemple, ne provoque aucune déformation du
guide d'ondes.

La forme de la zone entre le prisme 10 et le guide d'ondes
11 résulte du profil du prisme 10 dont la surface faisant face
au guide d'ondes 11 peut être courbe, par exemple.



La présente invention concerne d'une part des coupleurs à prisme destinés à coupler la lumière à l'entrée et à la sortie de guides d'ondes optiques et d'autre part des procédés en permettant la fabrication.

5 Selon un aspect de la présente invention, il est prévu un procédé de fabrication d'un coupleur à prisme, comprenant les étapes de mise en place d'un prisme à la surface d'un guide d'ondes optiquement plan, pour que la zone située entre les deux éléments possède une forme permettant un couplage optimal de l'énergie optique entre lesdits éléments,
10 ainsi que la fixation du prisme sur le guide d'ondes sans provoquer de déformation dudit guide d'ondes.

 Selon un autre aspect de la présente invention, il est prévu un
15 coupleur à prisme comprenant un guide d'ondes optiquement plat, ainsi qu'un prisme mis en place sur la surface du guide d'ondes de telle manière que la zone placée entre les deux éléments possède une forme autorisant un couplage optimal de l'énergie optique entre lesdits éléments, ainsi que des moyens
20 permettant de fixer le prisme sur le guide d'ondes sans provoquer de déformation dudit guide d'ondes.

 Les différents objets et caractéristiques de l'invention seront maintenant détaillés dans la description qui va suivre, faite à titre d'exemple non limitatif, en se reportant aux figures annexées
25 qui représentent :

- la figure 1, un coupleur à prisme de base classique,
- les figures 2a et 2b, respectivement le profil optimal de l'interstice et la courbe gaussienne de distribution de puissance du faisceau en fonction de la longueur dans la zone de couplage,
- 30 - la figure 3, un autre coupleur à prisme classique,
- les figures 4, 5 et 6, des structures de coupleurs proposées par la présente invention,
- la figure 7, sous forme schématique, un agencement réalisable reprenant la formule proposée à la figure 4.

35 Parmi tous les moyens employés pour coupler la lumière à l'entrée et à la sortie de guides d'ondes optiques, le coupleur à prisme est le plus répandu. Fondamentalement, comme le représente la figure 1, il se compose d'un prisme 1, d'une couche intermédiaire 2

et d'un guide d'ondes 3, celui-ci reposant sur un substrat 4. L'indice de réfraction du substrat 4 est n_0 , celui du guide d'ondes 3 n_1 , celui de la couche 2 n_2 et celui du prisme 1, n_3 . Le prisme est réalisé dans un matériau possédant un indice de réfraction supérieur à celui du guide d'ondes et la couche intermédiaire dans un matériau possédant un indice de réfraction inférieur ; cette couche est souvent constituée par un interstice d'air. A l'intérieur du coupleur, la progression est la suivante : $n_3 > n_1 > n_0$ et n_2 .

La lumière réfléchie totalement vers l'intérieur à l'interface prisme-couche s'accompagne d'un champ évanescent pénétrant à travers la couche et dans le guide d'ondes. On se trouve donc en présence d'un guide d'ondes couplé, dans lequel l'énergie lumineuse est véhiculée vers l'intérieur ou vers l'extérieur du guide de surface 3.

Le fonctionnement des coupleurs à prisme est délicat à évaluer et dépend de plusieurs facteurs difficiles à maîtriser. Bien que des coupleurs à prisme de très haut rendement ($> 90 \%$) aient été signalés, il semble difficile d'obtenir les zones de couplage de façon reproductible, en particulier pour les dispositifs à large ouverture (ex. 10 mm).

L'une des principales difficultés rencontrées lors de la fabrication des coupleurs est de parvenir à maîtriser le processus de formation de la couche ou de l'interstice entre le prisme et le guide d'ondes. Idéalement, la couche ou l'interstice devraient avoir une épaisseur variant comme l'indique la figure 2a, pour la distribution de puissance gaussienne du faisceau d'entrée de la figure 2b. Dans la plupart des coupleurs à prisme classiques, une déformation élastique du substrat du guide d'ondes réalise le profil voulu. Ainsi, dans une réalisation connue illustrée à la figure 3, un prisme à base plane 5 et un guide d'ondes 6 reposant sur le substrat 7 sont pressés l'un contre l'autre entre deux enclumes 8 et 9. Un faible interstice se forme dans la zone entourant l'axe commun aux deux enclumes, là où le substrat du guide d'ondes a été déformé, donnant ainsi naissance à une zone de couplage. Les coupleurs à prisme de ce type doivent être associés à des guides d'ondes pouvant être déformés sans casser, ce qui signifie qu'en général il faut faire appel à des substrats "fins".

Malheureusement, ce type de substrat a tendance à gauchir

et à ne pas être optiquement plan. Par exemple, un substrat à coupe Y en LiNbO_3 de 0,5 x 26 x 45 mm présentait à la mesure

un écart de planéité de $\pm 1 \mu\text{m}$ le long des 26 mm de l'axe Z. En fait, si la surface du guide d'ondes et celle du prisme étaient planes et si elles pouvaient être rapprochées jusqu'à environ la moitié de la longueur d'onde de la lumière utilisée, une zone de couplage se formerait sur toute la base du prisme ; or ce phénomène n'a pas été observé. Pour former une zone de couplage, il est en général nécessaire de presser ensemble un prisme et un guide d'ondes en appliquant une force de plusieurs kilogrammes, l'essentiel de cette force étant utilisé pour aplanir la surface du guide d'ondes. Cependant, le processus n'est pas reproductible et la force nécessaire à la formation des zones de couplage est indésirable dans la mesure où la surface des prismes peut être détériorée par des contraintes élevées et où le substrat peut se casser. La concentration de contraintes élevées autour des zones de couplage peut donner naissance à des microfissures pouvant nuire au rendement du coupleur à prisme et accroître les pertes optiques dans le guide d'ondes. D'autre part, une installation relativement complexe et onéreuse doit être prévue pour réaliser le pressage du prisme et du guide d'ondes.

Pour réduire au minimum le coût des coupleurs à prisme, il est souhaitable de s'affranchir de la mise en oeuvre d'équipements complexes et, alors que le prisme pourrait simplement être collé au guide d'ondes à l'aide d'un composé époxy ou de tout autre agent adhésif, les pressions importantes (de l'ordre de 1 kg.mm^{-2}) nécessaires à la formation des zones de couplage des coupleurs décrits ci-dessus rendraient cette opération difficile à réaliser.

Plusieurs coupleurs à prisme sont connus, mais leur prix de revient est élevé, leur efficacité est difficilement contrôlable et leur structure complexe.

La présente invention a donc pour objet de proposer des agencements pratiques, dont l'efficacité peut facilement être contrôlée, permettant de coupler la lumière entrant ou sortant de guides d'ondes optiquement plans en LiNbO_3 , ou encore d'autres formes de guides d'ondes comme des guides en bande et des guides faisant appel à d'autres matériaux que le LiNbO_3 , notamment ceux travaillant en dehors du spectre visible.

Pour obtenir l'interstice nécessaire, au lieu d'appliquer

une pression entre le prisme et le guide d'ondes pour déformer celui-ci, la surface du guide d'ondes proposé dans la présente invention est maintenue optiquement plane dans la zone où le prisme et le guide d'ondes doivent être en "contact". En général, ce contact ne peut pas être réalisé dans la mesure où des particules de poussière et des défauts superficiels maintiendront le prisme et le guide d'ondes éloignés l'un de l'autre d'une fraction de micron. Il est indispensable que la surface du guide d'ondes soit optiquement plane pour éviter l'apparition de contraintes mécaniques élevées dans la zone de couplage. L'interstice est obtenu en jouant sur la configuration de la base du prisme ou en utilisant des pièces d'écartement placées entre le prisme et le guide d'ondes pour créer entre ces deux éléments une zone dont la forme assure un couplage optimal. Les pièces d'écartement peuvent être constituées par un film mince d'aluminium déposé par évaporation, par exemple, qui sera déposé sur le guide ou à la surface du prisme. Il est important que la surface du guide d'ondes soit optiquement plane pour éviter l'apparition de contraintes mécaniques élevées dans la zone de couplage. La structure représentée à la figure 4 met en oeuvre un prisme 10 à base courbe reposant sur un guide d'ondes 11 lui-même placé sur un substrat 12. La figure 5 représente une structure de coupleur comprenant un prisme 13 séparé d'un guide d'ondes 14 par un interstice défini par les pièces d'écartement 15 et 16. La figure 6 représente une structure de coupleur comprenant un prisme 17 isolé d'un guide d'ondes 18 par une pièce d'écartement trapézoïdale 19. Dans les deux cas, les pièces d'écartement peuvent être mises en place sur le prisme et/ou sur le guide d'ondes. L'interstice n'étant pas obtenu par déformation de matériau, il ne sera pas nécessaire d'appliquer une force importante pour presser l'un contre l'autre le prisme et le guide d'ondes ; certains paramètres comme la longueur de couplage et le profil de l'interstice pourront donc mieux être contrôlés qu'auparavant.

Les prismes possédant une base partiellement cylindrique peuvent être utilisés pour réaliser des coupleurs semblables à celui de la figure 4, possédant un profil d'interstice pratiquement optimal. La longueur de couplage et le profil de l'interstice peuvent être contrôlé par l'intermédiaire du rayon de courbure de la base du prisme qui peut par exemple s'établir dans la fourchette 100-1000 mm. D'autres formes courbes peuvent également être employées pour la base du prisme comme, par exemple, la forme parabolique.

Pour éviter tout phénomène de gauchissement, les guides d'ondes optiquement plans peuvent être obtenus à partir de substrats plus épais que ceux employés jusqu'ici. L'épaisseur des substrats la plus couramment rencontrée actuellement oscille entre 0,5 et 1 mm.

- 5 L'expression "optiquement plan" correspond à une planéité supérieure à environ $\lambda/4$, λ étant la longueur d'ondes de la lumière utilisée. Pour obtenir la planéité voulue, il est possible de polir des substrats plus épais que la normale (plusieurs mm d'épaisseur) ; quant aux substrats moins épais que la normale, tels que ceux utilisés ac-
- 10 tuellement, ils peuvent être collés sur un support avant d'être polis. Etant donné que, dans ce cas, le substrat sera fixé définitivement sur son support, cette formule ne pourra pas toujours être utilisée.

- L'exemple de coupleur à prisme de la figure 7 comprend un prisme 20 à base partiellement cylindrique, un guide d'ondes plan
- 15 21 reposant sur un substrat 22, avec support 23, ainsi que des moyens, notés symboliquement par la flèche 24, permettant d'appliquer une légère pression, suffisante pour maintenir le prisme en place. Comme il suffit d'une force réduite pour maintenir ensemble le pris-
- 20 me et le guide d'ondes, le prisme pourra être simplement collé à la surface du guide d'ondes à l'aide, par exemple, d'une composition époxy pour matériaux optiques tel que le "EPO-TER 353 ND" de Epoxy Technology Inc (Etats-Unis). L'utilisation d'un agent adhésif augmen-
- 25 tera l'indice de réfraction de l'interstice ; cet indice ne doit pas toutefois dépasser la valeur de celui du guide d'ondes et les champs évanescents présents dans la zone de l'interstice disparaîtront moins rapidement et allègeront la tolérance imposée à la couche devant être obtenue.

- En raison de leur simplicité et de leur faible coût potentiel, les coupleurs à prisme et les procédés de fabrication proposés dans
- 30 la présente invention permettent de coupler la lumière entrant et sortant de dispositifs optiques intégrés commercialisés, notamment les explorateurs optiques à cristal de Braggs, les analyseurs de spectre et d'autres équipements de traitement des signaux.

- L'un des avantages des coupleurs à prisme proposés par la
- 35 présente invention est qu'ils permettent de contrôler les conditions de couplage ; ils ne nécessitent qu'une force réduite pour maintenir

ensemble le prisme et le guide d'ondes ; l'agencement du coupleur est simple ; enfin, la fabrication de coupleurs simples et peu onéreux grâce au collage du prisme sur le guide d'ondes peut être automatisée.

5 Il est bien évident que les descriptions qui précèdent ont été données qu'à titre d'exemple non limitatif et que de nombreuses variantes peuvent être envisagées sans sortir pour autant du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un coupleur à prisme, caracté-
risé en ce qu'il comprend les étapes de mise en place
d'un prisme (10) à la surface d'un guide d'ondes (11) optiquement plan, de
5 manière que la zone située entre les deux éléments possède une forme permet-
tant un couplage optimal de l'énergie optique entre lesdits
éléments et de fixation du prisme sur
le guide d'ondes sans provoquer de déformation dudit
guide d'ondes.
- 10 2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce
que la surface du prisme (10) faisant face au guide d'ondes (11) possède
une section transversale courbe.
3. Procédé conforme à la revendication 2, caractérisé en ce
que la surface du prisme (10) faisant face au guide d'ondes (11) possède
15 une section transversale partiellement cylindrique.
4. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la
surface du prisme (13) faisant face au guide d'ondes (14) est sensiblement
plane et en ce que des pièces d'écartement (15, 16) sont prévues entre le
prisme et le guide d'ondes pour donner la configuration voulue à ladite zone.
- 20 5. Procédé conforme à la revendication 4, caractérisé en ce
que les pièces d'écartement sont constituées par des films minces dé-
posés sur le prisme et/ou le guide d'ondes.
6. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce
que la surface du prisme (17) faisant face au guide d'ondes (18) est très
25 plane et en ce qu'une pièce d'écartement trapézoïdale (19) est disposée entre
le prisme et le guide d'ondes.
7. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le prisme est fixé sur le guide d'ondes par
un composé adhésif.
- 30 8. Procédé conforme à la revendication 7, caractérisé en ce
que le composé adhésif est une composition époxy pour matériaux op-
tiques.
9. Coupleur à prisme caractérisé en ce qu'il comporte un
guide d'ondes (11) optiquement plan, un prisme (10) placé sur ledit guide d'on-
35 des de façon que la zone existant entre ces deux éléments ait une
configuration propice au couplage optimal de l'énergie optique s'y
trouvant, et des moyens permettant de fixer le prisme sur le guide
d'ondes sans provoquer de déformation dudit guide d'ondes.

10. Coupleur à prisme conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que la surface du prisme (10) faisant face au guide d'ondes (11) possède une section transversale courbe.

5 11. Coupleur à prisme conforme à la revendication 10, caractérisé en ce que la surface du prisme (10) faisant face au guide d'ondes (11) possède une section transversale partiellement cylindrique.

12. Coupleur à prisme conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que la surface du prisme (13) faisant face au guide d'ondes (14) est très plane et en ce que des pièces d'écartement (15, 16) sont prévues
10 entre le prisme et le guide d'ondes pour donner la configuration voulue à cette zone.

13. Coupleur à prisme conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que la surface du prisme (17) faisant face au guide d'ondes (18) est très plane et en ce qu'une pièce d'écartement trapézoïdale (19) couvrant
15 toute la zone est prévue entre le prisme et le guide d'ondes.

14. Coupleur à prisme conforme à l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que les moyens de fixation consistent en un composé adhésif.

15. Coupleur à prisme conforme à la revendication 14, caractérisé en ce que le composé adhésif est une composition époxy pour matériaux optiques.
20

16. Coupleur à prisme réalisé selon un procédé conforme à l'une des revendications 1 à 8.

1/2

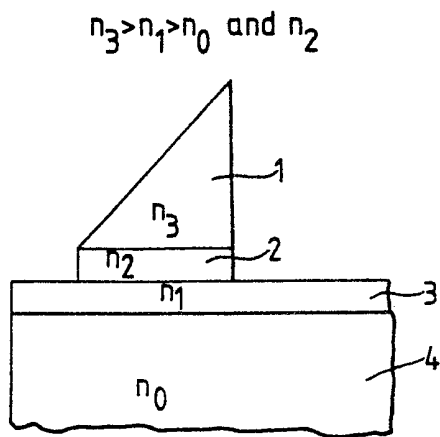


Fig. 1.

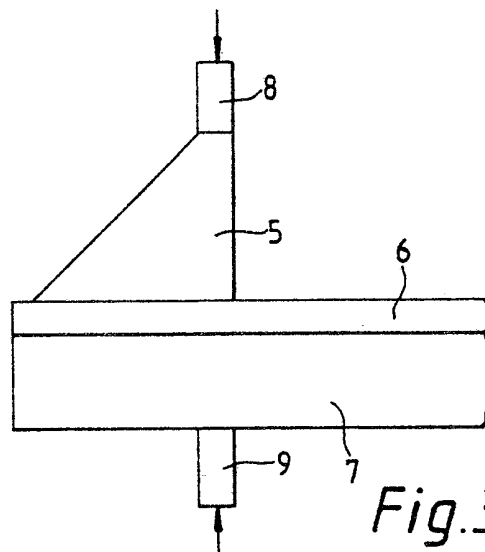


Fig. 3.

PROFIL
D'INTERSTICE
OPTIMAL

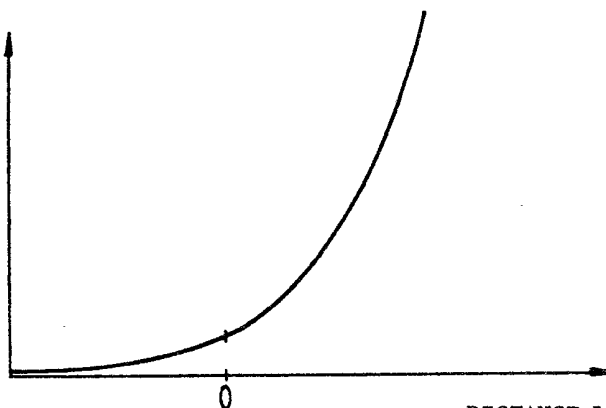


Fig. 2a

DISTRIBUTION
DE PUISSANCE
GAUSSIENNE
DU FAISCEAU
D'ENTREE

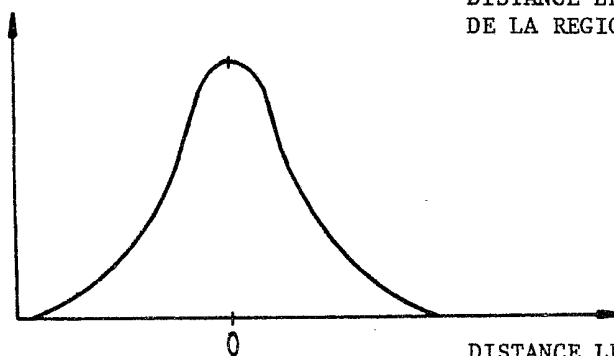
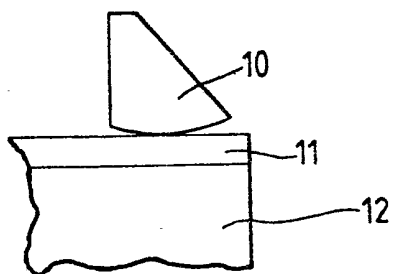
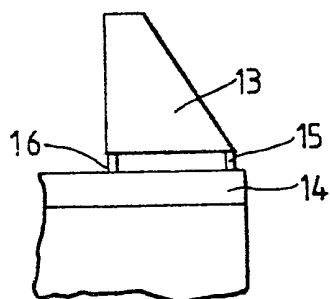
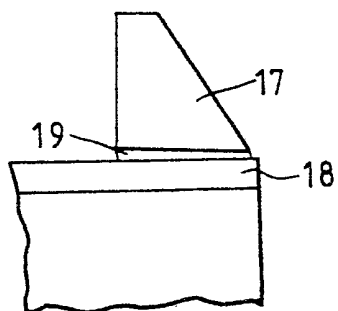
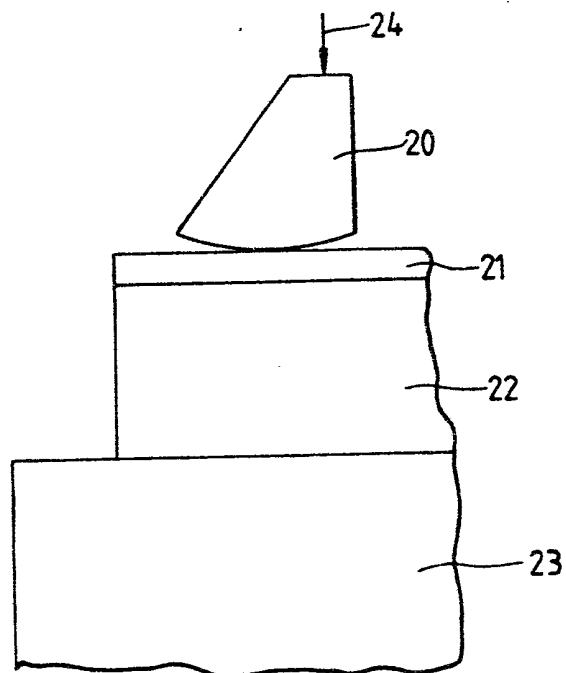


Fig. 2b

DISTANCE LE LONG
DE LA REGION DE COUPLAGE

DISTANCE LE LONG
DE LA REGION DE COUPLAGE

2/2

*Fig. 4.**Fig. 5.**Fig. 6.**Fig. 7.*