

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

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

**3 077 887**

②① N° d'enregistrement national : **18 51201**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 02 B 6/10 (2018.01), H 04 B 10/80, H 04 J 14/00**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PUCE OPTOELECTRONIQUE ET PROCEDE DE TEST DE CIRCUITS PHOTONIQUES D'UNE TELLE PUCE.

②② Date de dépôt : 13.02.18.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 16.08.19 Bulletin 19/33.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 23.07.21 Bulletin 21/29.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *STMICROELECTRONICS  
(CROLLES 2) SAS Société par actions simplifiée —  
FR.*

⑦② Inventeur(s) : LE MAITRE PATRICK et  
CARPENTIER JEAN-FRANCOIS.

⑦③ Titulaire(s) : *STMICROELECTRONICS (CROLLES  
2) SAS Société par actions simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

**FR 3 077 887 - B1**



**PUCE OPTOELECTRONIQUE ET PROCEDE DE TEST DE CIRCUITS PHOTONIQUES  
D'UNE TELLE PUCE**

Domaine

La présente demande concerne de façon générale les puces optoélectroniques, et plus particulièrement le test de circuits photoniques (c'est-à-dire optiques ou optoélectroniques) de  
5 telles puces.

Exposé de l'art antérieur

Pour s'assurer que des circuits photoniques d'une puce sont fonctionnels, ces derniers sont testés ou caractérisés. Pour cela, un signal optique injecté au niveau d'une entrée optique de  
10 la puce est fourni à un circuit à tester. Un signal de sortie du circuit est alors observé pour déterminer si le circuit est fonctionnel.

Résumé

Il serait souhaitable de disposer d'un dispositif pour  
15 tester des circuits d'une puce optoélectronique qui pallie au moins certains inconvénients des dispositifs de test connus, notamment qui permette de tester un ou plusieurs circuits de la puce à des longueurs d'onde différentes, en particulier sur une large plage de longueurs d'onde, et/ou pour des modes de  
20 polarisation différents, à savoir transverse électrique et transverse magnétique.

Il serait également souhaitable de disposer d'un procédé de test de circuits photoniques d'une puce optoélectronique qui pallie au moins certains inconvénients des procédés de test connus, notamment qui permette de tester de tels circuits à des  
5 longueurs d'onde différentes, par exemple sur une large plage de longueurs d'onde, et/ou pour des modes de polarisation différents.

Ainsi, selon un premier aspect, un mode de réalisation prévoit une puce optoélectronique comprenant des entrées optiques ayant des bandes passantes différentes, au moins un circuit  
10 photonique à tester, et un dispositif de couplage optique configuré pour relier lesdites entrées au circuit à tester.

Selon un mode de réalisation, le dispositif est configuré pour fournir, lorsqu'une entrée de la puce reçoit un signal à une longueur d'onde dans la bande passante de cette  
15 entrée, un signal de même longueur d'onde au circuit à tester.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un coupleur optique.

Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique est de type interféromètre multimodes.

20 Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique est un coupleur évanescent.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un coupleur optique de type interféromètre multimodes, et au moins un coupleur évanescent.

25 Selon un mode de réalisation, chaque coupleur évanescent a deux entrées et deux sorties.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un séparateur optique dont une entrée est reliée aux entrées de la puce et dont une sortie est reliée au circuit  
30 photonique à tester.

Selon un mode de réalisation, les bandes passantes différentes sont adjacentes.

Selon un mode de réalisation, la puce comprend, pour chacune desdites bandes passantes différentes, deux entrées  
35 optiques ayant cette bande passante et étant chacune adaptée à

une polarisation différente, le dispositif de couplage étant configuré pour relier lesdites deux entrées optiques au circuit à tester.

Selon un mode de réalisation, le dispositif est configuré pour fournir, lorsqu'une entrée de la puce reçoit un signal de polarisation adaptée à cette entrée, à une longueur d'onde dans la bande passante de cette entrée, un signal de même longueur d'onde et de même polarisation au circuit à tester.

Un autre mode de réalisation selon le premier aspect prévoit un procédé de test d'une puce telle que définie ci-dessus, comprenant, pour chaque entrée de la puce, fournir à ladite entrée un signal à une longueur d'onde dans la bande passante de ladite entrée de la puce.

Selon un mode de réalisation, le signal fourni à l'entrée de la puce est à la polarisation à laquelle est adaptée ladite entrée de la puce.

Selon un mode de réalisation, le signal est fourni à ladite entrée de la puce au moyen d'une fibre optique, le procédé comprenant une étape d'alignement d'une extrémité de ladite fibre optique avec ladite entrée de la puce.

Selon un mode de réalisation, ladite fibre appartient à un réseau de fibres optiques maintenues en place dans un support, et, lors de l'alignement de ladite extrémité de ladite fibre optique, des extrémités d'autres fibres optiques du réseau sont alignées avec d'autres entrées de la puce.

Selon un deuxième aspect, un mode de réalisation prévoit une puce optoélectronique comprenant un couple d'entrées optiques ayant une même bande passante et dont chacune est adaptée à une polarisation différente, au moins un circuit photonique à tester, et un dispositif de couplage optique configuré pour relier les deux entrées au circuit à tester.

Selon un mode de réalisation, le dispositif est configuré pour fournir, lorsqu'une entrée de la puce reçoit un signal de polarisation adaptée à cette entrée, à une longueur

d'onde dans la bande passante de cette entrée, un signal de même longueur d'onde et de même polarisation au circuit à tester.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un coupleur optique.

5           Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique est de type interféromètre multimodes.

Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique est un coupleur évanescent.

10           Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un coupleur optique de type interféromètre multimodes, et au moins un coupleur évanescent.

Selon un mode de réalisation, chaque coupleur évanescent a deux entrées et deux sorties.

15           Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend au moins un séparateur optique dont une entrée est reliée aux entrées de la puce et dont une sortie est reliée au circuit photonique à tester.

Selon un mode de réalisation, les bandes passantes différentes sont adjacentes.

20           Selon un mode de réalisation, la puce comprend plusieurs couples d'entrées optiques, les entrées optiques de chaque couple étant chacune adaptée à une polarisation différente et ayant une même bande passante différente de celles des autres couples d'entrées optiques.

25           Un autre mode de réalisation selon le deuxième aspect prévoit un procédé de test d'une puce telle que définie ci-dessus, comprenant, pour chaque entrée de la puce, fournir à ladite entrée de la puce un signal de polarisation adaptée à ladite entrée de la puce, à une longueur d'onde dans la bande passante de ladite  
30 entrée de la puce.

Selon un mode de réalisation, le signal est fourni à ladite entrée de la puce au moyen d'une fibre optique, le procédé comprenant une étape d'alignement d'une extrémité de ladite fibre optique avec ladite entrée de la puce.

Selon un mode de réalisation, ladite fibre appartient à un réseau de fibres optiques maintenues en place dans un support, et, lors de l'alignement de ladite extrémité de ladite fibre optique, des extrémités d'autres fibres optiques du réseau sont alignées avec d'autres entrées de la puce.

#### Brève description des dessins

Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un mode de réalisation d'une puce optoélectronique selon un premier aspect, la puce comprenant des circuits photoniques à tester ;

la figure 2 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un autre mode de réalisation de la puce de la figure 1 ;

la figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une variante de réalisation de la puce de la figure 1 ;

la figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une autre variante de réalisation de la puce de la figure 1 ;

la figure 5 est un organigramme illustrant un mode de réalisation d'un procédé de test de circuits photoniques d'une puce du type de celle des figures 1 à 4 ; et

la figure 6 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un mode de réalisation d'une puce optoélectronique selon un deuxième aspect, la puce comprenant un ou plusieurs circuits photoniques intégrés à tester ;

la figure 7 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un autre mode de réalisation de la puce de la figure 6 ; et

la figure 8 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une variante de réalisation de la puce de la figure 6.

#### Description détaillée

5 De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En  
10 particulier, les circuits photoniques à tester et leurs fonctionnements n'ont pas été détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec les circuits photoniques usuels. Par ailleurs, les composants ou éléments photoniques usuels des  
15 puces optoélectroniques (guides d'ondes, photodiodes, coupleurs à réseaux, coupleurs, séparateurs, ...) et les fibres optiques couramment utilisées pour le test d'une puce optoélectronique n'ont pas été détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec ces éléments et ces fibres optiques.

Sauf précision contraire, les expressions "environ",  
20 "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments photoniques connectés entre eux, cela signifie que ces éléments sont directement connectés sans élément intermédiaire  
25 autre que des guides d'ondes, et lorsque l'on fait référence à deux éléments photoniques reliés ou couplés entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être directement reliés (connectés) ou reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments photoniques.

30 Les figures 1 à 5 illustrent un premier aspect de la présente description correspondant au cas où les circuits d'une puce optoélectronique sont testés pour des longueurs d'onde différentes.

La figure 1 est une vue de dessus, schématique et  
35 partielle, illustrant un mode de réalisation d'une puce

optoélectronique 5 comprenant un ou plusieurs circuits photoniques intégrés à tester.

La puce 5 comprend un dispositif de couplage optique 1, ici un coupleur évanescent utilisant les propriétés de rayonnement en champ proche des guides d'onde pour effectuer un couplage entre deux guides d'onde, une partie de la puissance d'un signal optique dans un des deux guides d'onde étant transmise, par rayonnement, dans l'autre des deux guides d'onde au niveau de portions parallèles et suffisamment proches de ces deux guides d'ondes. Ici, le coupleur évanescent 1 a deux entrées 11 et 12 et deux sorties 13 et 14, et est couramment appelé coupleur en X. Les entrées 11 et 12 du coupleur 1 sont connectées à des coupleurs à réseau ("grating coupler") respectifs E1 et E2, correspondant chacun à une entrée optique de la puce 5. Les coupleurs à réseau E1 et E2 sont adaptés à des longueurs d'onde respectives  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  différentes l'une de l'autre. En pratique, un coupleur à réseau est conçu pour recevoir un signal optique de longueur d'onde donnée et présente typiquement une bande passante étroite autour de cette longueur d'onde, par exemple une largeur de bande passante à -3 dB de l'ordre de 20 à 25 nm. Dans la présente description, une entrée optique de la puce 5 est dite adaptée à une longueur d'onde lorsque la bande passante de cette entrée est centrée sur cette unique longueur d'onde, une longueur d'onde étant dite adaptée à une entrée lorsqu'elle est comprise dans la bande passante de cette entrée.

Une des sorties (par exemple 13) du coupleur 1 est reliée à une entrée d'un circuit photonique à tester DUT1 de la puce 5, dans cet exemple par l'intermédiaire d'un séparateur optique S1. Dans l'exemple représenté, l'autre sortie du coupleur 1, ici la sortie 14, n'est ni connectée, ni reliée à un circuit à tester. En variante, chaque sortie du coupleur peut être reliée à un circuit à tester différent.

Dans l'exemple de la figure 1, le circuit DUT1 est un circuit optique à une entrée et une sortie. Le séparateur optique S1 dont l'entrée est reliée, de préférence connectée, à la sortie



13 du coupleur 1, comprend une sortie reliée, de préférence connectée, à l'entrée du circuit DUT1, et une sortie reliée, de préférence connectée, à une photodiode PDref1. Le séparateur S1 est configuré pour fournir, à chacune de ses sorties, un signal à la longueur d'onde du signal reçu par son entrée. Le séparateur S1 est calibré, c'est-à-dire que le pourcentage de la puissance du signal reçu par son entrée qui est transmis à chacune de ses sorties est connu par exemple à 5% près, de préférence à 1 % près. De préférence, ce pourcentage est le même, par exemple à 5% près, de préférence à 1 % près, pour chaque sortie du séparateur S1 qui est alors dit équilibré. Une photodiode PD1, de préférence identique à la photodiode PDref1, est reliée, de préférence connectée à la sortie du circuit DUT1. Chacune des photodiodes PD1 et PDref1 est configurée pour convertir le signal optique qu'elle reçoit en un signal électrique fourni à une borne, respectivement B1 ou Bref1. L'ensemble du séparateur S1, du circuit DUT1, des photodiodes PD1 et PDref1, et des bornes B1 et Bref1 forme ici une chaîne de test (délimitée par des pointillés en figure 1).

20 Lors d'une première phase de test du circuit DUT1, un signal de longueur d'onde  $\lambda_1$  adaptée à l'entrée E1 est appliqué à cette dernière, typiquement au moyen d'une fibre optique dont une extrémité est alignée sur l'entrée E1, et dont l'autre extrémité est couplée à une source d'un signal lumineux de longueur d'onde  $\lambda_1$ . Un signal de longueur d'onde  $\lambda_1$  est alors transmis au circuit à tester DUT1 par l'intermédiaire du coupleur 1. Le signal de sortie du circuit est alors observé pour déterminer si le circuit est fonctionnel à la longueur d'onde  $\lambda_1$ .

30 Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, le coupleur 1 fournit un signal de longueur d'onde  $\lambda_1$  au séparateur S1 qui fournit alors un premier signal de longueur d'onde  $\lambda_1$  au circuit DUT1, et un deuxième signal de longueur d'onde  $\lambda_1$  à la photodiode PDref1. Les signaux électriques disponibles sur les bornes B1 et Bref1, par exemple les courants mesurés au niveau de ces bornes, sont alors comparés pour caractériser le

fonctionnement du circuit DUT1 à la longueur d'onde  $\lambda_1$ , par exemple pour déterminer les pertes dans le circuit DUT1 à la longueur d'onde  $\lambda_1$ .

Lors d'une deuxième phase de test, similaire à la première, un signal de longueur d'onde  $\lambda_2$  adaptée à l'entrée E2 est appliqué à cette dernière. Un signal de test de longueur d'onde  $\lambda_2$  est alors transmis au circuit à tester DUT1 par l'intermédiaire du coupleur 1, le signal de sortie du circuit étant observé pour déterminer si le circuit est fonctionnel à la longueur d'onde  $\lambda_2$ .

Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, le coupleur 1 fournit un signal de longueur d'onde  $\lambda_2$  au séparateur S1 qui fournit un premier signal de longueur d'onde  $\lambda_2$  au circuit DUT1 et un deuxième signal de longueur d'onde  $\lambda_2$  à la photodiode PDref1. Les signaux électriques disponibles sur les bornes B1 et Bref1 sont alors comparés pour caractériser le fonctionnement du circuit DUT1 à la longueur d'onde  $\lambda_2$ .

A la fin des deux phases de test, le circuit DUT1 a été testé ou caractérisé pour les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

On aurait pu penser relier, sans coupleur 1, l'entrée E1 à une première chaîne de test pour tester un circuit DUT1 à la longueur d'onde  $\lambda_1$ , et l'entrée E2 à une deuxième chaîne de test pour tester un circuit DUT1 à la longueur d'onde  $\lambda_2$ . Un avantage de la solution de la figure 1 est toutefois que l'on réduit la surface de la puce 5 nécessaire.

En outre, la prévision de plusieurs circuits DUT1 n'aurait pas permis de tenir compte d'éventuelles dispersions de fabrication entre ces circuits DUT1, et/ou entre les chaînes de test comprenant ces circuits DUT1.

La figure 2 est une vue de dessus, schématique et partielle illustrant un autre mode de réalisation de la puce optoélectronique 5 décrite en relation avec la figure 1.

A la différence du dispositif de couplage 1 de la figure 1, le dispositif de couplage optique 2 de la figure 2 comporte un coupleur évanescent en X 10 dont les entrées 11 et 12 sont

respectivement connectées aux entrées E1 et E2 de la puce 5, et dont au moins une sortie, dans l'exemple représenté chaque sortie du coupleur 10, est connectée à un séparateur optique 21 ayant une entrée et plusieurs sorties, par exemple trois sorties. Les  
5 séparateurs optiques 21 n'ont pas besoin d'être calibrés, ni équilibrés, et peuvent comprendre un nombre différent de sorties. Chaque sortie de chaque séparateur 21 correspond alors une sortie 25 du dispositif 2 et fournit un signal à la longueur d'onde  $\lambda_1$  ou  $\lambda_2$  quand l'entrée respectivement E1 ou E2 reçoit un signal à  
10 cette longueur d'onde. Le dispositif 2, du fait des séparateurs 21 qu'il comprend, possède plus de sorties que le dispositif 1 de la figure 1, et permet donc de tester ou caractériser simultanément un plus grand nombre de circuits photoniques de la puce 5.

15 La figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une variante de réalisation de la puce optoélectronique 5 décrite en relation avec la figure 1. Dans cette variante, on souhaite tester des circuits photoniques de la puce 5 pour des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  avec  $i$  entier  
20 allant de 1 à N, N étant égal à 4 dans cet exemple. La puce 5 comprend alors N coupleurs à réseau définissant N entrées  $E_i$  de la puce 5 dont chacune est adaptée à une longueur d'onde  $\lambda_i$  différente.

A la différence des dispositifs de couplage 1 et 2 des  
25 figures 1 et 2, le dispositif de couplage optique 3 de la figure 3 comprend N entrées 30i connectées aux entrées respectives  $E_i$ . En outre, le dispositif 3 comprend M sorties 31j, avec  $j$  entier allant de 1 à M, M étant égal à quatre dans cet exemple. Les sorties 31j sont reliées, par exemple connectées, à différents  
30 circuits à tester (non représentés) et/ou à différentes chaînes de test (non représentées).

Le dispositif 3 comprend au moins un coupleur optique reliant chaque entrée 30i à chacune des sorties 31j. Ainsi, en appliquant successivement à chaque entrée  $E_i$  de la puce un signal  
35 optique de longueur d'onde  $\lambda_i$  adaptée, un circuit relié, par

exemple connecté, à une sortie 31j du dispositif 3 reçoit successivement un signal à chacune des longueurs d'onde  $\lambda_i$ . L'observation d'un signal de sortie du circuit, pour chaque signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  reçu par ce circuit, permet de déterminer si le circuit est fonctionnel à chaque longueur d'onde  $\lambda_i$ .

Dans l'exemple représenté, le dispositif 3 comprend quatre coupleurs évanescents en X 33. Les entrées d'un premier coupleur 33 sont respectivement reliées, de préférence connectées, aux entrées 301 et 302, les entrées d'un deuxième coupleur 33 étant respectivement reliées, de préférence connectées, aux entrées 303 et 304. Les deux sorties du premier coupleur 33 sont respectivement reliées, de préférence connectées, à une entrée d'un troisième coupleur 33 et à une entrée d'un quatrième coupleur 33. De manière similaire, les deux sorties du deuxième coupleur 33 sont respectivement reliées, de préférence connectées, à l'autre entrée du troisième coupleur 33 et à l'autre entrée du quatrième coupleur 33. Chacune des sorties des troisième et quatrième coupleurs 33 est reliée, par exemple connectée, à une sortie 31j différente.

Comme cela est représenté en figure 3, des guides d'onde du dispositif 3 peuvent se croiser. De préférence, ce croisement est mis en oeuvre avec le dispositif décrit dans l'article "Ultralow loss single layer submicron silicon waveguide crossing for SOI optical interconnect" de Yangjin Ma, publié en 2016 dans Optic Express. Cela permet de limiter les pertes et les interférences liées au croisement de ces guides d'onde, tout en limitant la surface de la puce 5 nécessaire.

Le dispositif 3 peut être adapté au cas où la puce 5 comprend moins de quatre entrées et/ou sorties, par exemple en ne connectant pas certaines de ces entrées/sorties. La variante de réalisation de la figure 3 s'applique en outre au mode de réalisation de la figure 2.

La figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une autre variante de réalisation de la puce optoélectronique 5 décrite en relation avec la figure 1. Dans

cette variante, on souhaite tester des circuits photoniques pour des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  avec  $i$  entier allant de 1 à  $N$ ,  $N$  étant égal à huit dans cet exemple. La puce 5 comprend alors  $N$  entrées  $E_i$ , par exemple définies par des coupleurs à réseau, dont chacune est adaptée à une longueur d'onde  $\lambda_i$  différente.

A la différence des dispositifs de couplage 1, 2 et 3 des figures 1, 2 et 3, le dispositif de couplage optique 4 de la figure 4 comprend  $N$  entrées  $40_i$  connectées aux entrées respectives  $E_i$ . En outre, le dispositif 3 comprend  $M$  sorties  $41_j$ , avec  $j$  entier allant de 1 à  $M$ ,  $M$  étant égal à huit dans cet exemple. Les sorties  $41_j$  sont reliées, par exemple connectées, à différents circuits à tester (non représentés) et/ou à différentes chaînes de test (non représentées).

Le dispositif 4 comprend au moins un coupleur optique reliant chaque entrée  $40_i$  à chacune des sorties  $41_j$ . Le fonctionnement du dispositif 4 est similaire à celui des dispositifs 1, 2 et 3 décrits précédemment.

Dans l'exemple représenté, le dispositif 4 comprend douze coupleurs évanescents en  $X$  répartis en trois groupes de quatre coupleurs, à savoir un groupe de quatre coupleurs 421, 422, 423 et 424 dont les entrées sont respectivement reliées, de préférence connectées, aux entrées  $E_i$ , un groupe de quatre coupleurs 441, 442, 443 et 444 dont les sorties sont respectivement reliées, de préférence connectées, aux sorties  $40_j$ , et un groupe de quatre coupleurs 431, 432, 433 et 434 reliant les sorties des coupleurs 421, 422, 423 et 424 aux entrées des coupleurs 441, 442, 443 et 444. On désigne ici par A et B les sorties respectives de chaque coupleur. Les coupleurs 421 et 422 ont leurs sorties A reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 431, leurs sorties B étant reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 432. Les coupleurs 423 et 424 ont leurs sorties A reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 433, leurs sorties B étant reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 434. Les coupleurs 431 et 433 ont leurs sorties A reliées, de préférence connectées, aux entrées

du coupleur 441, leurs sorties B étant reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 442. Les coupleurs 432 et 434 ont leurs sorties A reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 443, leurs sorties B étant reliées, de préférence connectées, aux entrées du coupleur 444.

Le dispositif 4 peut comprendre, comme le dispositif 3 de la figure 3, des guides d'onde se croisant. Ces croisements de guides d'onde sont par exemple mis en oeuvre de façon identique à ce qui est décrit en relation avec la figure 3.

Le dispositif 4 peut être adapté au cas où la puce 5 comprend moins de huit entrées et/ou sorties. La variante de réalisation de la figure 4 s'applique en outre au mode de réalisation de la figure 2.

La figure 5 est un organigramme illustrant un mode de réalisation d'un procédé de test d'une puce optoélectronique 5 pour N longueurs d'onde différentes. La puce 5 comprend alors N entrées  $E_i$  et un dispositif de couplage du type de ceux décrits précédemment, à au moins N entrées.

A un état 51 (bloc  $i=1$ ), par exemple l'état initial du procédé, une variable de boucle  $i$  est initialisée, par exemple à 1.

A un état 52 (bloc ALIGN FIBER/ $E_i$ ) suivant, l'extrémité d'une fibre optique, dont l'autre extrémité est couplée à une source lumineuse de longueur d'onde  $\lambda_i$ , est alignée avec l'entrée  $E_i$  adaptée à cette longueur d'onde  $\lambda_i$ .

A un état 53 (bloc INJECT  $\lambda_i/E_i$ ) suivant, un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  est appliqué à l'entrée  $E_i$ . Chaque circuit à tester, relié ou connecté à une sortie du dispositif de couplage, reçoit alors un signal à la longueur d'onde  $\lambda_i$  et peut donc être testé ou caractérisé à cette longueur d'onde.

A un état 54 (bloc  $i=N?$ ) suivant, on teste si la variable  $i$  est ou non égale à N. Cela revient à vérifier si les circuits ont été testés pour chacune des longueurs d'onde  $\lambda_i$ ,  $i$  allant de 1 à N. Autrement dit, on vérifie si chaque entrée  $E_i$  de la puce a reçu un signal à la longueur d'onde  $\lambda_i$  adaptée à cette entrée.

C'est le cas si la variable  $i$  est égale à  $N$  (sortie YES du bloc 54) et l'état 55 (bloc END) suivant correspond alors à la fin du procédé. A l'état 55, les données récoltées lors du test, par exemple des courants mesurés sur des bornes de chaînes de test, peuvent être compilées. En revanche, si la variable  $i$  est différente de  $N$  (sortie NO du bloc 54), à un état 56 (bloc  $i=i+1$ ) suivant, la variable de boucle  $i$  est incrémentée d'une unité, le procédé se poursuivant à l'état 52.

Le procédé ci-dessus est par exemple mis en oeuvre lorsqu'une seule fibre optique est couplée sélectivement, par exemple avec un commutateur optique, à une ou plusieurs sources lumineuses fournissant des signaux de longueurs d'onde  $\lambda_i$  différentes, par exemple à  $N$  sources lumineuses fournissant chacune une longueur d'onde  $\lambda_i$  différente. L'extrémité de la fibre destinée à être alignée avec les entrées  $E_i$  est alors décalée pour être alignée avec une entrée  $E_i$  différente à chaque tour de boucle 52, 53, 54 et 56. Cette fibre peut par exemple appartenir à un réseau de fibres optiques maintenues en place dans un bloc de support ("fiber array" en anglais). Dans ce cas, le bloc entier est déplacé à chaque tour de boucle.

Dans une variante de réalisation non illustrée, on prévoit un réseau de fibres optiques maintenues en place dans un bloc de support, l'espacement entre les fibres étant est le même que celui entre les entrées optiques  $E_i$  de la puce de sorte que plusieurs fibres sont simultanément alignées sur plusieurs entrées  $E_i$ . Dans chaque fibre du réseau alignée sur une entrée  $E_i$ , un signal de longueur d'onde adaptée à cette entrée  $E_i$  est injecté, par exemple à l'aide d'une ou plusieurs sources lumineuses et, le cas échéant, d'un commutateur optique. Les signaux optiques sont injectés successivement dans les fibres du réseau de sorte qu'une seule entrée  $E_i$  à la fois reçoit un signal optique à une longueur d'onde adaptée à cette entrée.

Pour un même nombre  $N$  d'entrées  $E_i$ , cette variante de réalisation comporte moins d'étapes d'alignement d'extrémités de fibres que le procédé de la figure 5.

A titre d'exemple, les fibres optiques utilisées pour fournir les signaux aux entrées de la puce 5 sont des fibres monomodes.

On a considéré jusqu'ici le cas où les entrées  $E_i$  de la puce 5 sont chacune adaptée à une longueur d'onde  $\lambda_i$  différente. En pratique, chaque entrée optique  $E_i$  de la puce 5 peut également être conçue pour recevoir un signal ayant un mode de polarisation spécifique, à savoir transverse électrique ou transverse magnétique, l'entrée étant alors dite adaptée à cette polarisation. Par exemple, toutes les entrées  $E_i$  décrites ci-dessus peuvent être adaptées à une polarisation donnée, par exemple identique pour toutes les entrées, de préférence transverse électrique.

Les figures 6 à 8 illustrent un second aspect de la présente description correspondant au cas où les circuits d'une puce optoélectronique sont testés pour des modes de polarisation différents. Dans la suite de la description, on désigne par  $E_{TE_i}$  une entrée de la puce 5 adaptée à une longueur  $\lambda_i$  donnée et à une polarisation transverse électrique, et par  $E_{TM_i}$  une entrée de la puce 5 adaptée à la longueur d'onde  $\lambda_i$  et à une polarisation transverse magnétique.

La figure 6 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un mode de réalisation d'une puce optoélectronique 5 comprenant un ou plusieurs circuits photoniques intégrés à tester.

Dans ce mode de réalisation, la puce 5 comprend les mêmes éléments que la puce 5 de la figure 1, désignés par les mêmes références et couplés ou connectés entre eux de la même façon qu'en figure 1, à la différence que les entrées  $E_1$  et  $E_2$  de la puce 5 sont ici remplacées par des entrées respectives  $E_{TE_1}$  et  $E_{TM_1}$ , par exemple des coupleurs à réseau. En outre, le dispositif de couplage 1 et le séparateur optique  $S_1$  sont à maintien de polarisation. Autrement dit, quand le coupleur 1 reçoit sur l'une de ces entrées 11 ou 12 un signal optique à polarisation donnée (transverse électrique ou transverse magnétique) et à une longueur



d'onde donnée, chacune de ses sorties 13 et 14 fournit un signal optique ayant la même polarisation et la même longueur d'onde que le signal reçu. De manière similaire, le séparateur S1 est configuré pour fournir, à chacune de ses sorties, un signal de même longueur d'onde et de même polarisation (transverse électrique ou transverse magnétique) que celles du signal reçu par son entrée. Comme pour le mode de réalisation de la figure 1, le séparateur S1 est calibré, de préférence équilibré.

Lors d'une première phase de test du circuit DUT1, un signal adapté à l'entrée  $E_{TE1}$ , ici un signal à polarisation transverse électrique et à la longueur d'onde  $\lambda_1$ , est appliqué à cette entrée  $E_{TE1}$ . Ce signal est typiquement fourni à l'entrée  $E_{TE1}$  au moyen d'une fibre optique à maintien de polarisation dont une extrémité est alignée sur l'entrée  $E_{TE1}$ , et dont l'autre extrémité est couplée à une source d'un signal lumineux à polarisation transverse électrique et de longueur d'onde  $\lambda_1$ . Un signal de test correspondant ayant la même polarisation et la même longueur d'onde est alors transmis au circuit à tester DUT1 par l'intermédiaire du dispositif de couplage 1. Le signal de sortie du circuit est alors observé pour déterminer si le circuit est fonctionnel pour la polarisation transverse électrique, à la longueur d'onde  $\lambda_1$ .

Lors d'une deuxième phase de test, similaire à la première, un signal à polarisation transverse magnétique et à la longueur d'onde  $\lambda_1$  est fourni à l'entrée  $E_{TM1}$ . Un signal de test correspondant d'onde est alors transmis au circuit à tester DUT1 par l'intermédiaire du dispositif de couplage 1, le signal de sortie du circuit étant observé pour déterminer si le circuit est fonctionnel pour la polarisation transverse magnétique, à la longueur d'onde  $\lambda_1$ .

A la fin des deux phases de test, le circuit DUT1 a été testé ou caractérisé pour chacune des polarisations transverse électrique et transverse magnétique, à la longueur d'onde  $\lambda_1$ .

La figure 7 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant un autre mode de réalisation de la puce optoélectronique 5 décrite en relation avec la figure 6.

La puce 5 comprend les mêmes éléments que la puce 5 de la figure 2, désignés par les mêmes références et couplés ou connectés entre eux de la même façon qu'en figure 2, à la différence que les entrées E1 et E2 de la puce 5 sont ici remplacées par des entrées respectives  $E_{TE1}$  et  $E_{TM1}$ , par exemple des coupleurs à réseau. En outre, le dispositif de couplage 2 est à maintien de polarisation, autrement dit, le coupleur 10 et les séparateurs optiques 21 sont à maintien de polarisation.

Ainsi, chaque sortie 25 du dispositif 2 fournit un signal de polarisation transverse électrique ou transverse magnétique, à la longueur d'onde  $\lambda_1$ , quand l'entrée respectivement  $E_{TE1}$  ou  $E_{TM1}$  reçoit un signal à cette polarisation et à cette longueur d'onde.

Ce mode de réalisation bénéficie des avantages décrits précédemment en relation avec la figure 2.

La figure 8 est une vue de dessus, schématique et partielle, illustrant une autre variante de réalisation de la puce optoélectronique 5 décrite en relation avec la figure 6.

La puce 5 comprend les mêmes éléments que la puce 5 de la figure 3 désignés par les mêmes références et couplés ou connectés entre eux de la même façon qu'en figure 3 à la différence que les entrées E1, E2, E3 et E4 de la puce 5 sont ici remplacées par des entrées respectives  $E_{TE1}$ ,  $E_{TE2}$ ,  $E_{TM1}$  et  $E_{TM2}$ , par exemple des coupleurs à réseau. En outre, le dispositif de couplage 3 est à maintien de polarisation, autrement dit, les coupleurs 33 et le dispositif de croisement de guides sont à maintien de polarisation.

En appliquant successivement à chaque entrée  $E_{TE1}$ ,  $E_{TE2}$ ,  $E_{TM1}$  et  $E_{TM2}$  un signal optique de polarisation et de longueur d'onde adaptées à cette entrée, un circuit relié, par exemple connecté, à une sortie 31j du dispositif 3 reçoit successivement un signal à polarisation transverse électrique à la longueur

d'onde  $\lambda_1$  puis  $\lambda_2$ , et un signal à polarisation transverse magnétique à longueur d'onde  $\lambda_1$  puis  $\lambda_2$ . L'observation d'un signal de sortie du circuit, pour chaque signal reçu par ce circuit, permet de déterminer si le circuit est fonctionnel pour chacune  
5 des polarisations transverse électrique et transverse magnétique, aux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

Le dispositif 3 peut être adapté au cas où la puce 5 comprend moins de quatre sorties. La variante de réalisation décrite en relation avec la figure 8 s'applique en outre au mode  
10 de réalisation de la figure 7.

Selon une variante de réalisation non illustrée, de manière similaire à ce qui a été décrit en relation avec la figure 8, la puce 5 de la figure 4 peut être adaptée au cas où l'on souhaite tester des circuits de la puce pour chacune des  
15 polarisations transverse électrique et transverse magnétique, pour N longueurs d'onde différentes, avec N entier compris entre 1 et 4. Une telle variante de réalisation s'applique au mode de réalisation décrit en relation avec la figure 7.

Le procédé décrit en relation avec la figure 5 peut être  
20 adapté au cas où des circuits de la puce 5 sont testés pour N longueurs d'onde différentes, pour chacune des polarisations transverse électrique et transverse magnétique. Pour cela, les états 52 et 53 sont remplacés par des premier, deuxième, troisième et quatrième états successifs. Le premier état consiste à aligner  
25 l'extrémité d'une fibre optique, dont l'autre extrémité est couplée à une source d'un signal à polarisation transverse électrique à la longueur d'onde  $\lambda_i$ , avec l'entrée  $E_{TE_i}$  adaptée ce signal. Le deuxième état consiste à appliquer ce signal à l'entrée  $E_{TE_i}$ . Le troisième état consiste à aligner l'extrémité d'une fibre  
30 optique, dont l'autre extrémité est couplée à une source d'un signal à polarisation transverse magnétique à la longueur d'onde  $\lambda_i$ , avec l'entrée  $E_{TM_i}$  adaptée ce signal. Le quatrième état consiste à appliquer ce signal à l'entrée  $E_{TM_i}$ .

En variante, les premier et deuxième états peuvent être  
35 intervertis avec les troisième et quatrième états respectivement.

Comme cela a été décrit en relation avec la figure 5, ce procédé peut être mis en oeuvre à l'aide d'une unique fibre ou d'un réseau de fibres afin de réduire le nombre d'étape d'alignement. Par exemple, lorsqu'une fibre du réseau est alignée sur une entrée  $E_{TEi}$ , une autre fibre du réseau peut être simultanément alignée sur l'entrée  $E_{TMi}$ .

Dans les modes de réalisation et les variantes décrits ci-dessus en relation avec les figures 1 à 8, lorsque des circuits de la puce sont testés pour au moins deux longueurs d'onde différentes, on prévoit de préférence que les entrées de la puce 5 adaptées à ces longueurs d'onde aient des bandes passantes adjacentes. Autrement dit, on prévoit que la longueur d'onde maximale dans la bande passante d'une entrée soit égale à la longueur d'onde minimale de la bande passante d'une autre entrée, par exemple à plus ou moins 10%, de préférence 5 %, de la largeur de bande passante de l'une de ces entrées. Ainsi, les circuits de la puce 5 seront testés pour une large plage de longueurs d'ondes. Par exemple, dans la mise en oeuvre illustrée par la figure 3, si les entrées  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  et  $E_4$  ont une largeur de bande passante d'environ 20 nm, les longueurs d'onde  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  et  $\lambda_4$  sont sensiblement égales respectivement à  $\lambda_1$  plus 20 nm, à  $\lambda_1$  plus 40 nm, et à  $\lambda_1$  plus 60 nm. Les circuits peuvent alors être testés ou caractérisés sur une plage de longueur d'onde d'étendue sensiblement égale à 80 nm.

En variante, les bandes passantes des entrées de la puce peuvent se chevaucher partiellement.

Par ailleurs, le signal reçu par une entrée donnée de la puce 5 peut être à une longueur d'onde quelconque choisie dans la bande passante de cette entrée. Notamment, lors du test à une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée, sans changer d'entrée, des signaux à d'autres longueurs d'onde comprises dans la bande passante de cette entrée peuvent lui être appliquée. Il en résulte un test plus précis.

A titre d'exemple, les longueurs  $\lambda_i$  sont comprises entre 1250 et 1360 nm. Les guides d'onde réalisés sur la puce 5, en

particulier ceux des dispositifs 1, 2, 3 et 4 décrits précédemment, sont par exemple prévus pour transmettre un signal de longueur d'onde sensiblement égale à 1310 ou 1350 nm, de tels guides d'onde permettant également de transmettre n'importe quelle  
5 autre longueur d'onde comprise entre environ 1250 nm et environ 1360 nm, par exemple avec des pertes inférieures à 3 dB, de préférence 1 dB.

De préférence, comme cela est représenté en figures 1, 3, 4, 6 et 8, chacun des dispositifs de couplage 1, 3 et 4 est  
10 configuré pour présenter, entre chacune de ses sorties et chaque entrée de la puce à laquelle il est connecté, des chemins optiques ayant des longueurs sensiblement égales et traversant un même nombre de coupleurs évanescents. Cela permet à ce dispositif de fournir des signaux de test ayant des puissances sensiblement  
15 égales. Lorsqu'un tel dispositif est mis en oeuvre selon le mode de réalisation de la figure 2 ou 7, on prévoit de préférence que toutes les sorties du coupleur évanescent 1 (figures 1 et 6), des coupleurs évanescents 33 concernées (les deux coupleurs 33 à droite en figures 3 et 8) ou des coupleurs évanescents 441, 442,  
20 443 et 444 (figure 4) soient connectées à des séparateurs optiques identiques dont les sorties constituent alors les sorties du dispositif de couplage. Dans ce cas, chaque sortie du dispositif de couplage fournit un signal de puissance sensiblement identique à celle du signal fourni par les autres sorties du dispositif.

25 Bien que l'on ait décrit un exemple de chaîne de test comprenant un seul circuit à tester à une entrée optique et une sortie optique, les modes de réalisation et leurs variantes décrits ci-dessus s'appliquent également à des chaînes test différentes. Par exemple, on peut prévoir une chaîne de test  
30 comprenant plus d'un séparateur optique calibré ou équilibré, éventuellement à plus de deux sorties, la sortie d'un premier séparateur pouvant être reliée, par exemple connectée, à l'entrée d'un deuxième séparateur optique. En outre, plusieurs circuits à tester différents peuvent être prévus dans une même chaîne de  
35 test. De plus, un circuit à tester d'une chaîne de test peut

comprendre plusieurs entrées optiques et/ou plusieurs sorties optiques. Un circuit à tester d'une chaîne de test peut être un circuit optique comme le circuit DUT1, ou un circuit optoélectronique comprenant alors au moins une entrée ou une sortie adaptée à un signal électronique. Plus généralement, l'homme du métier est en mesure, à partir des indications ci-dessus, de prévoir n'importe quelle chaîne de test dans laquelle le ratio entre la puissance d'un ou plusieurs signaux optiques fournis à un circuit à tester et celle d'un signal optique de référence est connu, de sorte que la comparaison du ou des signaux de sortie du circuit avec le signal de référence permette de déterminer si le circuit est fonctionnel.

Par ailleurs, les modes de réalisation et leurs variantes décrits ci-dessus sont combinables.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que l'on ait décrit des modes de réalisation et des variantes de réalisation dans lesquels les dispositifs de couplage comprennent des coupleurs évanescents en X, chacun de ces coupleurs évanescents peut être remplacé par un coupleur de type interféromètre multimodes (MMI - "MultiMode Interferometer") à deux entrées et deux sorties. Plus généralement, un ensemble de plusieurs coupleurs évanescents en X et éventuellement d'un ou plusieurs séparateurs optique 21 d'un dispositif de couplage peut être remplacé par un coupleur de type MMI comprenant par exemple plus de deux entrées et/ou plus de deux sorties. Par exemple, le dispositif 3 peut être mis en oeuvre uniquement avec un coupleur de type MMI à quatre entrées et quatre sorties, et le dispositif 2 tel que représenté en figure 2 peut être mis en oeuvre uniquement avec un coupleur de type MMI à deux entrées et six sorties. Dans le cas où un coupleur de type MMI remplace des coupleurs évanescents à maintien de polarisation et éventuellement un ou plusieurs séparateurs optiques à maintien de polarisation, ce coupleur de type MMI est également à maintien de polarisation.

Par ailleurs, les modes de réalisation et leurs variantes décrits ci-dessus s'appliquent également lorsque les entrées de la puce 5 ne sont pas des coupleurs à réseaux mais des entrées ayant des bandes passantes étroites, par exemple de  
5 largeur inférieure à 50 nm, voire 25 nm, voire encore 20 nm et/ou étant adaptées à une polarisation donnée. A titre d'exemple, ces modes de réalisation et leurs variantes s'appliquent au cas où les entrées de la puce sont disposées dans un plan correspondant au bord de la puce (couplage par la tranche).

10 Bien que cela n'ait pas été précisé, les divers éléments, circuits et dispositifs de la puce 5 peuvent être formés à partir d'une portion d'une couche semiconductrice de type SOI, par exemple en silicium, reposant sur une couche isolante, elle-même reposant sur un support tel qu'un substrat semiconducteur.

15 L'homme du métier est en mesure à partir de la description faite ci-dessus de mettre en oeuvre des dispositifs de couplage du type de ceux précédemment, avec un nombre quelconque d'entrées supérieur ou égal à deux et/ou avec un nombre quelconque de sorties.

20 Divers modes de réalisation avec diverses variantes ont été décrits ci-dessus. On notera que l'homme de l'art pourra combiner divers éléments de ces divers modes de réalisation et variantes sans faire preuve d'activité inventive.

**REVENDICATIONS**

1. Puce optoélectronique (5) comprenant un couple d'entrées optiques ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ) ayant une même bande passante et dont chacune est adaptée à une polarisation différente, au moins un circuit photonique à tester (DUT1), et un dispositif de  
5 couplage optique (1, 2, 3) configuré pour relier les deux entrées au circuit à tester.
2. Puce selon la revendication 1, dans laquelle ledit dispositif (1, 2, 3) est configuré pour fournir, lorsqu'une entrée de la puce (5) reçoit un signal de polarisation adapté à cette  
10 entrée ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ), à une longueur d'onde ( $\lambda_i$ ) dans la bande passante de cette entrée, un signal de même longueur d'onde et de même polarisation au circuit à tester (DUT1).
3. Puce selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle ledit dispositif (1, 2, 3) comprend au moins un coupleur optique  
15 (1, 10, 33).
4. Puce selon la revendication 3, dans laquelle chaque coupleur optique est de type interféromètre multimodes.
5. Puce selon la revendication 3, dans laquelle chaque coupleur optique est un coupleur évanescent (1, 10, 33).
- 20 6. Puce selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle ledit dispositif (1, 2, 3) comprend au moins un coupleur optique de type interféromètre multimodes, et au moins un coupleur évanescent (1, 10, 33).
7. Puce selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle  
25 chaque coupleur évanescent (1, 10, 33) a deux entrées et deux sorties.
8. Puce selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle ledit dispositif (1, 2, 3) comprend au moins un séparateur optique (21) dont une entrée est reliée aux entrées  
30 ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ) de la puce (5) et dont une sortie (25) est reliée au circuit photonique à tester (DUT1).
9. Puce selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant plusieurs couples d'entrées optiques ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ), les entrées optiques de chaque couple étant chacune adaptée à une



polarisation différente et ayant une même bande passante différente de celles des autres couples d'entrées optiques.

10. Puce selon la revendication 9, dans laquelle les bandes passantes différentes sont adjacentes.

5 11. Procédé de test d'une puce (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant, pour chaque entrée ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ) de la puce, fournir à ladite entrée de la puce un signal de polarisation adapté à ladite entrée de la puce, à une longueur d'onde ( $\lambda_i$ ) dans la bande passante de ladite entrée de la puce.

10 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel ledit signal est fourni à ladite entrée ( $E_{TEi}$ ,  $E_{TMi}$ ) de la puce (5) au moyen d'une fibre optique, le procédé comprenant une étape d'alignement d'une extrémité de ladite fibre optique avec ladite entrée de la puce.

15 13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel ladite fibre appartient à un réseau de fibres optiques maintenues en place dans un support, et, lors de l'alignement de ladite extrémité de ladite fibre optique, des extrémités d'autres fibres optiques du réseau sont alignées avec d'autres entrées de la puce  
20 (5).

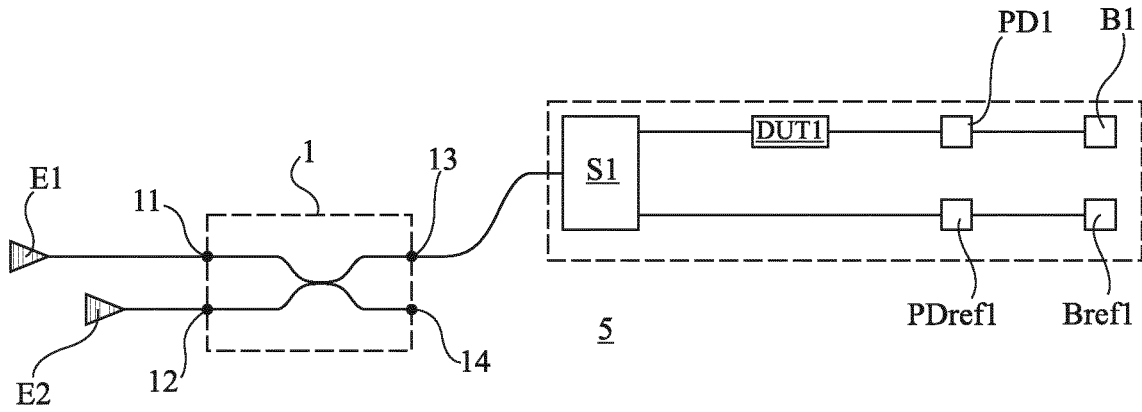


Fig 1

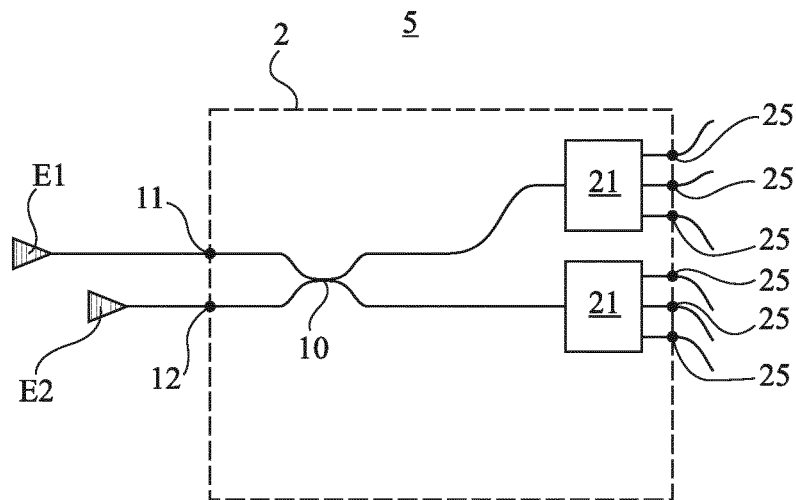


Fig 2

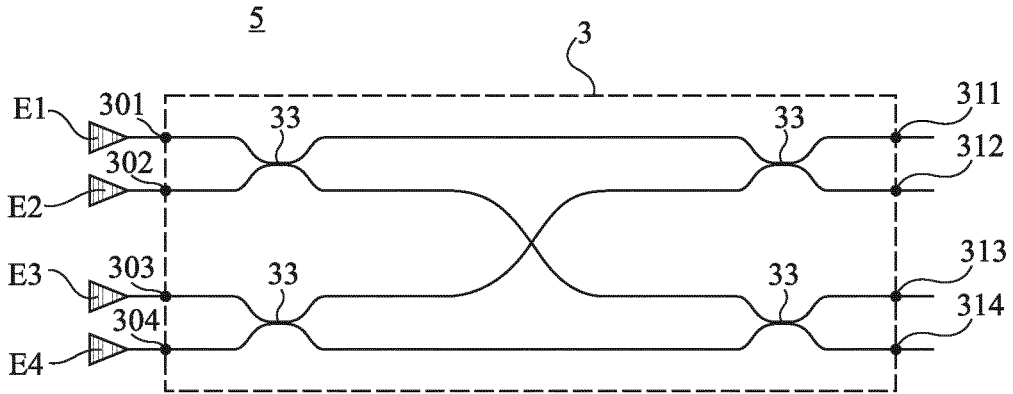


Fig 3

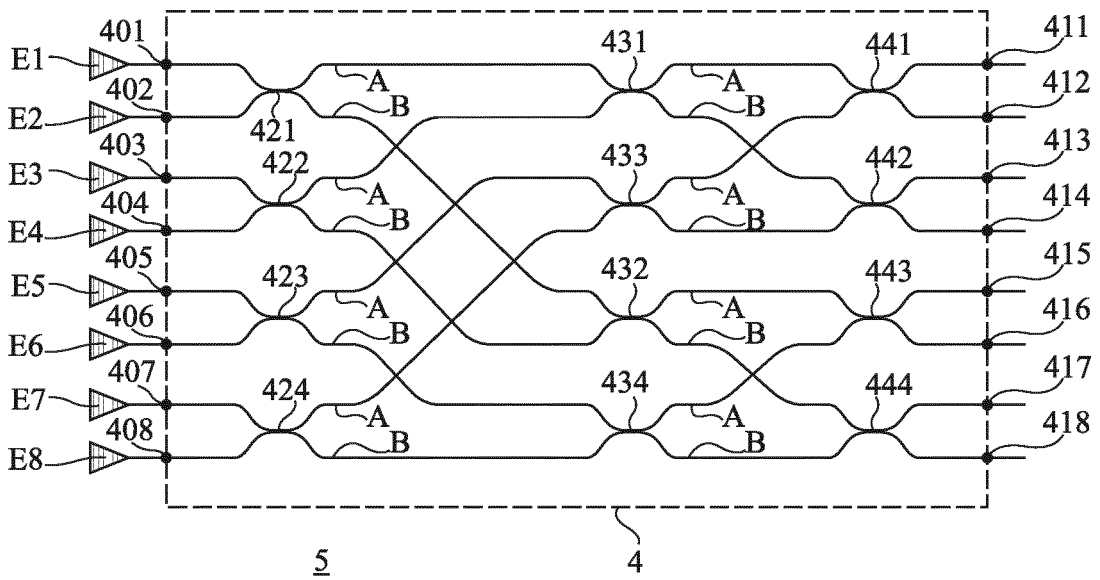


Fig 4

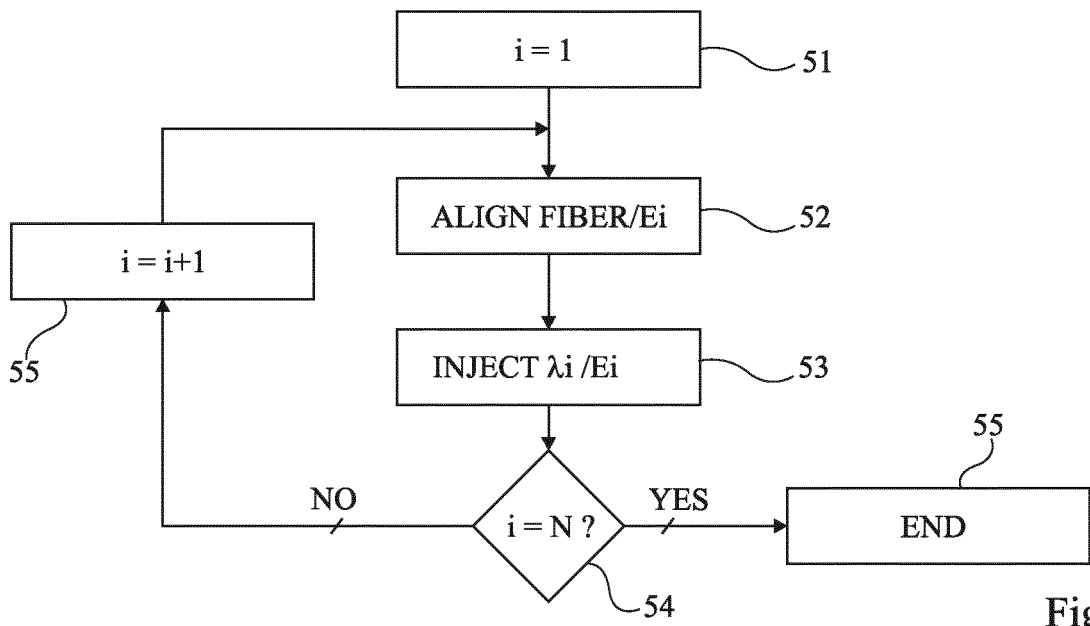


Fig 5

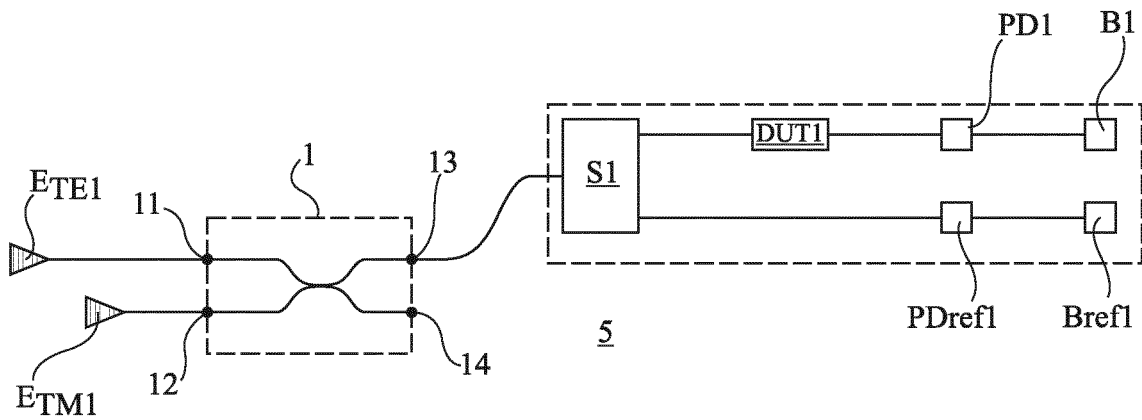


Fig 6

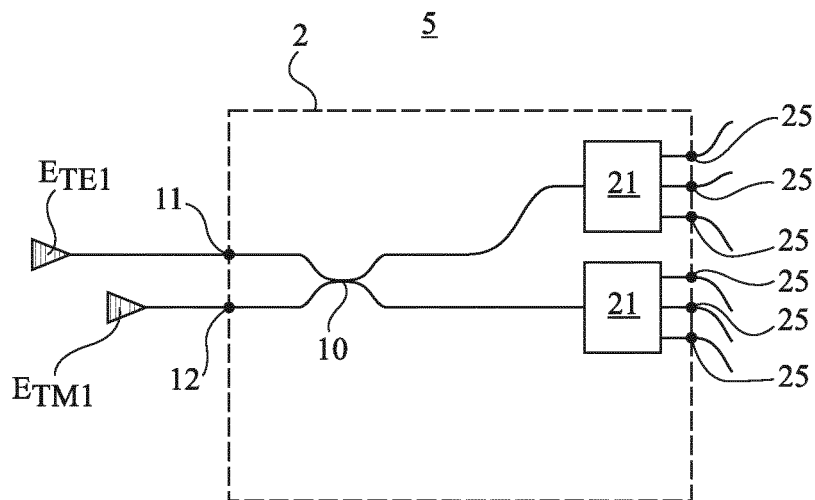


Fig 7

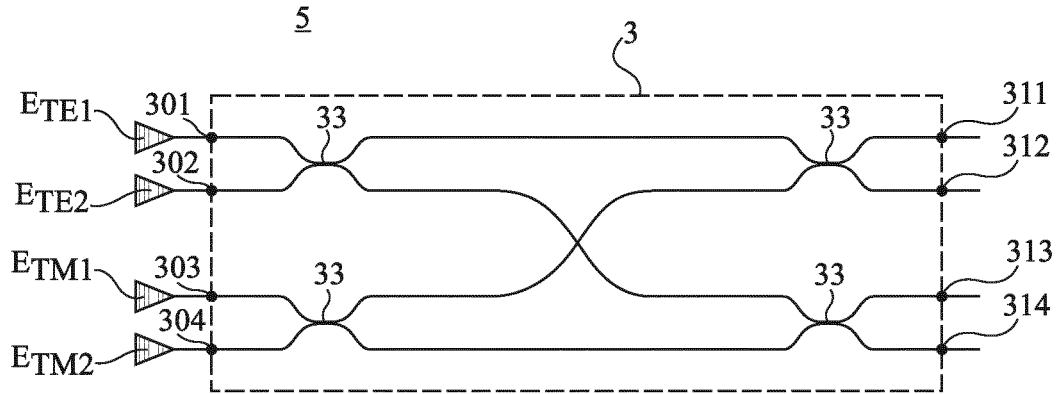


Fig 8

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 1 505 749 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 9 février 2005 (2005-02-09)

US 2017/307687 A1 (GROSSE PHILIPPE [FR] ET AL) 26 octobre 2017 (2017-10-26)

US 2003/223672 A1 (JOYNER CHARLES H [US] ET AL) 4 décembre 2003 (2003-12-04)

US 6 091 870 A (ELDADA LOUAY [US]) 18 juillet 2000 (2000-07-18)

US 2004/033004 A1 (WELCH DAVID F [US] ET AL) 19 février 2004 (2004-02-19)

EP 1 392 011 A2 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 25 février 2004 (2004-02-25)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT